

**8^ο ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**



**ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ -
ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΙ**

ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΓΝΩΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ ΣΕ ΜΗΧΑΝΙΚΟ ΚΙΒΩΤΙΟ ΣΧΕΣΕΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΟΛΥΣΤΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΝΕΥΡΩΝΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Δημήτριος Κατέρης¹, Δημήτριος Μόσχου¹, Ιωάννης Γράβαλος², Θεόδωρος Γιαλαμάς², Παναγιώτης Ξυραδάκης²

¹Τομέας Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής, Γεωπονική Σχολή, Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Α.Π.Θ., Τ.Κ. 54124, Θεσσαλονίκη, e-mail: dkateris@agro.auth.gr

²Τμήμα Μηχανικής Βιοσυστημάτων, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας (Τ.Ε.Ι. Λ), Τ.Κ. 41110, Λάρισα,

Οι πιο πιθανές αιτίες που προκαλούν διακοπή στη λειτουργία των περιστρεφόμενων μηχανημάτων είναι οι βλάβες που παρουσιάζονται στα έδρανα κύλισης (ρουλεμάν) των υποσυστημάτων τους. Κατά συνέπεια, η παρακολούθηση της κατάστασης των υποσυστημάτων αυτών θα μπορούσε να αυξήσει κατά πολύ την αξιοπιστία αυτών των μηχανημάτων. Τα έδρανα κύλισης αποτελούν ουσιώδες τμήμα των κιβωτίων σχέσεων των γεωργικών μηχανημάτων και τα σφάλματά τους είναι μία από τις πιο συχνές αιτίες βλαβών τους. Επομένως, προκειμένου να αυξηθεί η αξιοπιστία τους, η παρακολούθηση της κατάστασης των εδράνων κύλισης έχει γίνει όλο και πιο σημαντική τα τελευταία χρόνια. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός εύχρηστου συστήματος ανίχνευσης βλαβών στα έδρανα κύλισης των κιβωτίων σχέσεων, βασισμένο στη χρήση δύο Bayesian πολυστρωματικών νευρωνικών δικτύων με αυτόματο προσδιορισμό συνάφειας (MLP-ARD). Το σύστημα είναι σε θέση να παρακολουθεί την κατάσταση λειτουργίας του κιβωτίου σχέσεων, να διαγνώσκει εάν υπάρχει πρόβλημα και να ανιχνεύει το έδρανο κύλισης στο οποίο εμφανίζεται το πρόβλημα αυτό.

Λέξεις κλειδιά: κιβώτιο σχέσεων, ανίχνευση βλάβης, νευρωνικό δίκτυο, έδρανο κύλισης, δόνηση.

FAULT DIAGNOSIS SYSTEM IN MECHANICAL GEARBOX USING MULTILAYER PERCEPTRON NEURAL NETWORKS

Dimitrios Kateris¹, Dimitrios Moshou¹, Ioannis Gravalos², Thodoros Gialamas², Panagiotis Xyradakis²

¹Department of Hydraulics Soil Science and Agricultural Engineering, School of Agriculture, Agriculture Engineering Laboratory, Aristotle University, 54124, Thessaloniki, e-mail: dkateris@agro.auth.gr

²Technological Educational Institute of Larissa, School of Agricultural Technology, Department of Biosystems Engineering, 41110, Larissa,

Rotating machinery breakdowns are most commonly caused by failures in bearing subsystems. Consequently, condition monitoring of such subsystems could increase reliability of this machines. Bearings form an essential part of the gearboxes of agricultural machinery and their failure is one of the most common causes of machine breakdowns. Accordingly, in order to increase reliability condition monitoring of bearings has become more and more important in recent years. The aim of this paper is the development of a practical fault detection system for gearboxes' bearings. This system is based in two Bayesian multilayer perceptron neural networks with Automatic Relevance determination (MLP-ARD). The system is able to monitor the operating status of gearbox, to diagnoses the problem existence and to detect the specific bearing in which this problem occurs.

Key words: gearbox, fault detection, neural network, bearing, vibration.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όλα τα μηχανήματα με κινούμενα μέρη παράγουν δονήσεις κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους. Κάθε μηχανήμα έχει μια συγκεκριμένη υπογραφή δόνησης, η οποία έχει σχέση, τόσο με την κατασκευή του όσο και με την τρέχουσα κατάσταση του. Εάν η κατάσταση του μηχανήματος αλλάξει, η υπογραφή δόνησης θα αλλάξει επίσης. Η διαφοροποίηση αυτή στην υπογραφή δόνησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση σφαλμάτων σε αρχικό στάδιο πριν αυτά καταστούν κρίσιμα και καταστροφικά για το μηχανήμα. Όλα αυτά αποτελούν βασικά στοιχεία πολλών μεθόδων παρακολούθησης κατάστασης σε μηχανήματα ή επιμέρους μηχανισμούς αυτών. Η παρακολούθηση της κατάστασης μπορεί να εξοικονομήσει χρήματα αυξάνοντας την αποδοτικότητα της συντήρησης και μειώνοντας τον κίνδυνο σοβαρών ατυχημάτων με την πρόληψη των βλαβών.

Ένα έμπειρος χειριστής μπορεί στοιχειωδώς να παρακολουθεί την κατάσταση ενός μηχανήματος είτε διαισθανόμενος τις δονήσεις είτε ακούγοντας τις διαφοροποιήσεις του ήχου που παράγει. Ωστόσο, η μέθοδος αυτή κάθε άλλο παρά αξιόπιστη είναι μιας και βλάβες σε αρχικό στάδιο είναι αδύνατον να γίνουν αντιληπτές με αυτό τον τρόπο. Οι βλάβες αυτές μπορούν να εξελιχθούν σε καταστροφικές για το μηχανήμα πολύ γρήγορα, πριν καν ο χειριστής αντιληφθεί διαφοροποίηση στις δονήσεις ή στο θόρυβο. Σε αυτές τις περιπτώσεις η ανάπτυξη μεθόδων διάγνωσης οι οποίες θα στηρίζονται στη διαφοροποίηση της υπογραφής δόνησης κρίθηκαν κάτι παραπάνω από απαραίτητες προκειμένου να προστατευθούν μηχανήματα τεράστιας αξίας χωρίς να ληφθεί υπόψη η ζημία που θα προκληθεί από μια πιθανή διακοπή της παραγωγής (Rafiee et al., 2007).

Τα σήματα δονήσεων χρησιμοποιούνται ευρέως στην παρακολούθηση κατάστασης και στη

διάγνωση βλαβών σε βασικά στοιχεία ενός μηχανήματος ή μηχανισμού (Bouillaut et al., 2001; Wilson et al., 2001; Monsen et al., 1993). Μπορούν να αξιοποιηθούν ως μέσο ανίχνευσης με μεγάλη επιτυχία, λόγω της ευθύτητας και ευκολίας των μετρήσεων και των πλούσιων πληροφοριών που εμπεριέχουν. Ωστόσο για την ανίχνευση της βλάβης το εύρος των συχνοτήτων του σήματος δόνησης είναι συχνά μεγάλο και σύμφωνα με το θεώρημα δειγματοληψίας του Shannon, απαιτείται μια υψηλής συχνότητας δειγματοληψία και κατά συνέπεια μεγάλου μεγέθους δείγματα προκειμένου να ανιχνευτούν σφάλματα σε έδρανα κύλισης. Συνεπώς, λόγω της ύπαρξης των επιπλέον στοιχείων και των μεγάλων διαστάσεων τους, υπάρχει η απαίτηση για προ-επεξεργασία προκειμένου να εξαχθούν οι κατάλληλες χαρακτηριστικές, οι οποίες είναι απαραίτητες για την τροφοδότηση της κατάλληλης μεθόδου.

Τις τελευταίες δεκαετίες ένας μεγάλος αριθμός μεθόδων για την αυτοματοποιημένη παρακολούθηση της κατάστασης έχει αναπτυχθεί. Αυτές οι μέθοδοι περιλαμβάνουν συνήθως τρία βασικά βήματα: α) μέτρηση ενός φυσικού μεγέθους (π.χ. επιτάχυνση – ταχύτητα κλπ.), β) εξαγωγή των κατάλληλων χαρακτηριστικών και γ) σύγκριση των χαρακτηριστικών αυτών με τις τιμές αναφοράς τους (υγιής κατάσταση). Μεταξύ των διαφόρων μεθόδων για την παρακολούθηση της κατάστασης των μηχανημάτων καθώς και των επιμέρους μηχανισμών τους είναι και τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (Artificial Neural Networks). Η μέθοδος αυτή προσφέρει το πλεονέκτημα της αυτόματης ανίχνευσης και ταυτοποίησης των συνθηκών αστοχίας σε μηχάνημα ή μηχανισμό, ενώ δεν απαιτείται σε βάθος γνώση της συμπεριφοράς του συστήματος (Jack and Nandi, 2002; Samanta, 2004).

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η δημιουργία ενός εύχρηστου συστήματος ανίχνευσης βλαβών στα έδρανα κύλισης των κιβωτίων σχέσεων, βασιζόμενο στη χρήση δύο Bayesian πολυστρωματικών νευρωνικών δικτύων με αυτόματο προσδιορισμό συνάφειας (MLP-ARD). Το σύστημα είναι σε θέση να παρακολουθεί την κατάσταση λειτουργίας του κιβωτίου σχέσεων, να διαγνώσκει εάν υπάρχει πρόβλημα και να ανιχνεύει το έδρανο κύλισης στο οποίο εμφανίζεται το πρόβλημα.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Πειραματική διάταξη

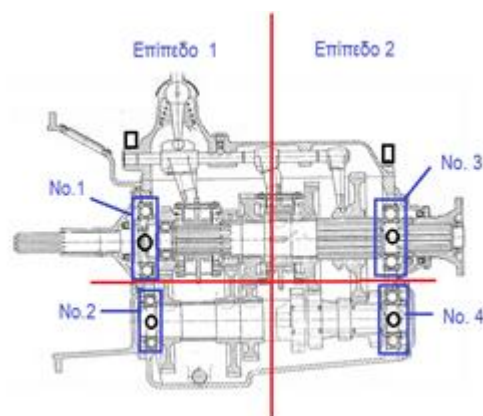
Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε μια πειραματική διάταξη που σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε εξ ολοκλήρου στις εγκαταστάσεις του Τμήματος Μηχανικής Βιοσυστημάτων του Τ.Ε.Ι. Λάρισας (Εικόνα 1). Η πειραματική διάταξη αποτελείται από ένα μηχανικό κιβώτιο 6 σχέσεων (5 εμπρόσθιων και 1 όπισθεν), έναν τριφασικό ηλεκτροκινητήρα, ένα υδραυλικό δυναμόμετρο για την φόρτιση του κιβωτίου σχέσεων και ένα πλήρες καταγραφικό σύστημα δόνησης της εταιρίας Brüel & Kjær.



Εικόνα 1. Πειραματική διάταξη. (1-μηχανικό κιβώτιο, 2-τριφασικός ηλεκτροκινητήρας, 3-υδραυλικό δυναμόμετρο)

Προκειμένου να συλλεχτούν τα δεδομένα δόνησης, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν σαν είσοδο στο σύστημα διάγνωσης, δύο ειδών επιταχυνσιόμετρα (2 τριαξονικά και 4 μονοαξονικά) τοποθετήθηκαν σε επιλεγμένες θέσεις επάνω στο κιβώτιο. Συγκεκριμένα, τα δύο τριαξονικά επιταχυνσιόμετρα τοποθετήθηκαν στις κατακόρυφες αξονικές των δύο εμπρόσθιων και το δύο οπίσθιων εδράνων κύλισης αντίστοιχα. Και τα 4 μονοαξονικά επιταχυνσιόμετρα τοποθετήθηκαν στην οριζόντια αξονική κάθε ενός εκ των τεσσάρων εδράνων κύλισης του κιβωτίου. Αποφασίστηκε να εφαρμοσθούν στην έξοδο του κιβωτίου φορτία της τάξεως των 0Nm, 5Nm και 10Nm. Οι στροφές εισόδου στο κιβώτιο ορίστηκαν στις 2700 rpm και ελλείφθει η υπογραφή δόνησης για υγιή κατάσταση του κιβωτίου σε όλες τις εμπρόσθιες σχέσεις. Σαν συχνότητα δειγματοληψίας επιλέχθεισαν τα 65.536Hz με διάρκεια καταγραφής τα 10 δευτερόλεπτα.

Στη συνέχεια προσομοιώθηκαν 2 ειδών βλάβες, μία στο έδρανο κύλισης με αριθμό 1 (No.1) και μια στο έδρανο κύλισης με αριθμό 2 (No.2) (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Τομή του μηχανικού κιβωτίου που χρησιμοποιήθηκε. (□ - σημεία τοποθέτησης τριαξονικών επιταχυνσιόμετρων, ○ - σημείο τοποθέτησης των μονοαξονικών επιταχυνσιόμετρων).

Οι βλάβες επιλέχθηκαν τόσο ως προς το είδος τους όσο και ως προς το σημείο εμφάνισής τους βάσει τη διεθνή βιβλιογραφία και τείνουν να προσημειώσουν σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βαθμό αντίστοιχες πραγματικές βλάβες (Εικόνα 3 και 4). Πραγματοποιήθηκε εκ νέου λήψη της υπογραφής δόνησης και στις δύο περιπτώσεις (δύο βλάβες) σε δύο σχέσεις του κιβωτίου (1^η και 5^η) και με όλα τα φορτία στην έξοδο του κιβωτίου (0,5,10Nm).



Εικόνα 3. Κάθετη αυλάκωση στον εσωτερικό δακτύλιο του εδράνου κύλισης (3mm πλάτος και 1mm βάθος).



Εικόνα 4. Εκτεταμένη φθορά σε ένα εκ των κυλίστρων του εδράνου κύλισης.

2.2. Σύστημα διάγνωσης της βλάβης

2.2.1. Εξαγωγή χαρακτηριστικών στο πεδίο του χρόνου και της συχνότητας.

Τα σήματα δόνησης που καταγράφηκαν χρησιμοποιήθηκαν για την εξαγωγή των χαρακτηριστικών. Πρόκειται περιγραφικά ή υψηλής τάξης στατιστικά στοιχεία τα οποία υπολογίστηκαν από το σήμα δόνησης τόσο στο πεδίο του χρόνου όσο και στο πεδίο της συχνότητας.

Επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν 26 χαρακτηριστικές, οι 14 εκ των οποίων στο πεδίο του χρόνου (Lei et al., 2008; Moshou et al., 2010) και οι υπόλοιπες 12 στο πεδίο της συχνότητας (Lei et al., 2008). Αρχικά χρησιμοποιώντας μόνο τα σήματα δόνησης που καταγράφησαν από τα δύο τριαξονικά επιταχυνσιόμετρα εξήχθησαν οι 26 χαρακτηριστικές και στη συνέχεια επαναλήφθηκε η διαδικασία με τα σήματα μόνο από τα τέσσερα μονοαξονικά επιταχυνσιόμετρα. Όλες οι χρησιμοποιούμενες χαρακτηριστικές παρέχουν στατιστικές πληροφορίες σχετικά με τη φύση των δεδομένων, και

διαπιστώθηκε ότι ήταν αρκετά καλές για την ανίχνευση σφαλμάτων. Οι χαρακτηριστικές εξήχθησαν για όλες τις περιπτώσεις και αποτέλεσαν είσοδο για το σύστημα διάγνωσης προκειμένου αυτό να εκπαιδευτεί.

Το σύστημα εκπαιδεύτηκε σε όλες τις καταστάσεις (υγιής κατάσταση και βλάβες στα έδρανα κύλισης) και για φορτίο στην έξοδο 10Nm.

2.2.2. Πολυστρωματικό νευρωνικό δίκτυο (MLP-ARD)

Το σύστημα διάγνωσης βασίστηκε σε δύο Bayesian πολυστρωματικά νευρωνικά δίκτυα με αυτόματο προσδιορισμό συνάφειας (MLP-ARD) με ένα κρυφό επίπεδο των 10 νευρώνων το κάθε ένα. Ο αριθμός των νευρώνων στο επίπεδο εισόδου ήταν ίσος με τον αριθμό των χαρακτηριστικών που επιλέχθηκαν.

Το πρώτο σέτ των χαρακτηριστικών (αυτές που προήλθαν μόνο από τα τριαξονικά επιταχυνσιόμετρα) τροφοδότησαν το πρώτο νευρωνικό δίκτυο προκειμένου αυτό να εκπαιδευτεί ούτως ώστε να μπορεί να διαγνώσκει την ύπαρξη ή όχι βλάβης καθώς επίσης και σε ποιο επίπεδο (Επίπεδο 1 ή 2) αυτή εμφανίζεται. Το δεύτερο σέτ των χαρακτηριστικών (αυτές που προήλθαν από τα μονοαξονικά επιταχυνσιόμετρα) τροφοδότησαν το δεύτερο νευρωνικό δίκτυο προκειμένου αυτό να εκπαιδευτεί ούτως ώστε να μπορεί να διαγνώσκει εάν η βλάβη που εμφανίζεται είναι σε τριβέα κύλισης που βρίσκεται στο επάνω ή στο κάτω επίπεδο (Εικόνα 4). Ο συνδυασμός των αποτελεσμάτων από την εκτέλεση των δύο νευρωνικών δικτύων δίνει και την ακριβή θέση στην οποία βρίσκεται το ελαττωματικό έδρανο κύλισης. Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε τόσο για την εξαγωγή των χαρακτηριστικών όσο και για τα δύο νευρωνικά δίκτυα είναι γραμμένος σε Matlab.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα σενάρια που δοκιμάστηκαν περιλάμβαναν την εκτέλεση των δύο νευρωνικών δικτύων σε τέσσερις διαφορετικές περιπτώσεις. Βλάβη στα έδρανα κύλισης Νο 1 και 2 και επιλογή 1^{ης} και 5^{ης} σχέσης στο κιβώτιο.

3.1. 1^ο Σενάριο: Βλάβη στο έδρανο κύλισης Νο. 2

Μετά την εκτέλεση των δύο νευρωνικών δικτύων τα αποτελέσματα που προέκυψαν παραθέτονται στο Πίνακα 1. Συγκεκριμένα παρατηρείται ότι το σύστημα είναι σε θέση να αναγνωρίζει σε ποσοστό 100% το επίπεδο στο οποίο εμφανίζεται η βλάβη (Επίπεδο 1) τόσο στην 1^η σχέση όσο και στην 5^η σχέση. Επίσης παρόλο που η εκπαίδευση πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλον με φορτίο στην έξοδο 10Nm είναι σε θέση να αναγνωρίζει σε ποσοστό 100% τη βλάβη και με διαφορετικά φορτία στην έξοδο του κιβωτίου (0,5,10Nm) (1^η και 5^η σχέση). Αφού πλέον έχει γίνει ο προσδιορισμός του επιπέδου στο οποίο εμφανίζεται η βλάβη εκτελείτε το δεύτερο νευρωνικό δίκτυο το οποίο διαγνώσκει την ακριβή θέση του προβληματικού εδράνου κύλισης. Η

ακρίβεια είναι της τάξεως των 99,31% για φορτίο 0Nm στην έξοδο και 100% για τα άλλα δύο φορτία (5 και 10Nm)(1^η σχέση) και 99,92% για φορτίο 0Nm στην έξοδο και 100% για τα άλλα δύο φορτία (5 και 10Nm) (5^η σχέση).

3.2. 2^ο Σενάριο: Βλάβη στο έδρανο κύλισης Νο. 1

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εκτέλεση του δεύτερου σεναρίου παραθέτονται στον Πίνακα 2. Και στην περίπτωση αυτή παρατηρείται ότι το σύστημα είναι σε θέση να αναγνωρίζει με μεγάλο ποσοστό (100%) το επίπεδο στο οποίο εμφανίζεται η βλάβη (Επίπεδο 1).

Με την εκτέλεση του δεύτερου δικτύου γίνεται και ο προσδιορισμός της ακριβούς θέσης του ελαττωματικού εδράνου κύλισης στο κιβώτιο. Η ακρίβεια είναι της τάξεως των 67,48% για φορτίο 0Nm στην έξοδο και 100% για τα άλλα δύο φορτία (5 και 10Nm)(1^η σχέση) και 97,86% για φορτίο 0Nm στην έξοδο και 100% για τα άλλα δύο φορτία (5 και 10Nm) (5^η σχέση).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έχει αποδειχθεί ότι το νευρωνικό δίκτυο MLP-ARD μπορεί να παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας σαν εισόδους χαρακτηριστικές (στο πεδίο του χρόνου και στο πεδίο της συχνότητας) που προέκυψαν από σήματα δόνησης. Οι χαρακτηριστικές αυτές λόγω της φύσης τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μεγάλη επιτυχία στο πεδίο της διάγνωσης σφαλμάτων σε έδρανα κύλισης. Συνεπώς μπορούν να αποβούν σε συνδυασμό με το κατάλληλο δίκτυο σε ένα ισχυρό εργαλείο τόσο για την παρακολούθηση της κατάστασης των εδράνων κύλισης όσο και για την έγκαιρη διάγνωση της ύπαρξης ή όχι σφάλματος. Επίσης μπορούν να προσδιορίσουν με αρκετή ακρίβεια και το σημείο στο οποίο αυτό εμφανίζεται.

Η εξαγωγή των χαρακτηριστικών από τα σημάτα που λαμβάνονται από τα επιταχυνσιόμετρα (τριαξονικά και μονοαξονικά) στον κατακόρυφο και τον οριζόντιο άξονα αυξάνει την ακρίβεια της ανίχνευσης του σφάλματος φτάνοντας σε ποσοστό 99% για διαφορετικούς τύπους βλαβών σε διάφορα σημεία του κιβωτίου. Το σύστημα διαθέτει επίσης την ικανότητα να παρόλο που εκπαιδεύεται σε μια τιμή φορτίου στην έξοδο του κιβωτίου να διατηρεί σε υψηλά ποσοστά την ικανότητά του να διαγνώσκει με ακρίβεια τις βλάβες παρόλο που το φορτίο στην έξοδο του μεταβάλλεται.

Έχει προγραμματιστεί η έρευνα επάνω στο αντικείμενο αυτό να επεκταθεί ούτως ώστε να περιλαμβάνει περισσότερα δεδομένα από διαφορετικούς αισθητήρες, διαφορετικές χαρακτηριστικές και μεγέθη σφαλμάτων σε έδρανα κύλισης καθώς και σφάλματα στα γρανάζια των κιβωτίων σχέσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bouillaut, L., Sidahmed, M., 2001. Helicopter gearbox vibrations: cyclo-stationary analysis or bilinear

approach? ISSPA, Kuala Lumpur, Malaysia, 13–16 August, 2001

Jack, L.B., Nandi, A.K., 2002. Fault detection using support vector machines and artificial neural networks, augmented by genetic algorithms, Mechanical Systems and Signal Processing 16: 373–390

Lei, Y., He, Z., Zi, Y., 2008. A new approach to intelligent fault diagnosis of rotating machinery, Expert Systems and Applications. 36: 1593-1600

Monsen, P.T., Manolakos, E.S., Dzwonczyk, M. 1993. Helicopter gearbox fault detection and diagnosis using analog neural networks, in: Signals, Systems and Computers, 27th Asilomar Conference, 1–3 November, 1993, 1: 381–385

Moshou, D., Kateris, D., Gravalos, I., Loutridis, S., Sawalhi, N., Gialamas, Th., Xyradakis, P. & Tsiropoulos, Z., 2010. Determination of fault topology in mechanical subsystems of agricultural machinery based on feature fusion and neural networks. 4th International Conference TAE 2010, Czech University of Life Sciences Prague, 448-453

Rafiee, J., Arvani, F., Harifi, A., Sadeghi, M.H., 2007. Intelligent condition monitoring of a gearbox using artificial neural network, Mechanical Systems and Signal Processing, 21: 1746-1754

Samanta, B., 2004. Artificial neural networks and genetic algorithms for gear fault detection, Mechanical Systems and Signal Processing 18: 1273–1282

Wilson, Q.W., Ismail, F., Golnaraghi, M.F., 2001. Assessment of gear damage monitoring techniques using vibration measurements Mechanical Systems and Signal Processing, 15(5): 905–922

Πίνακας 1. Αποτελέσματα εκτέλεσης 1^{ου} σεναρίου (Βλάβη στο έδρανο κύλισης No. 2)

1 ^η σχέση στο κιβώτιο 2700 -300rpm - Εκπαίδευση στα 10Nm					
Χρήση τριαξονικών επιταχυνσιομέτρων		Επίπεδο 1 Ρουλεμάν χωρίς βλάβη	Επίπεδο 2 Ρουλεμάν χωρίς βλάβη	Επίπεδο 1 Ρουλεμάν με βλάβη	Επίπεδο 2 Ρουλεμάν με βλάβη
Τεστ 0Nm	(%)	0	0	100	0
Τεστ 5Nm	(%)	0	0	100	0
Τεστ 10Nm	(%)	0	0	100	0
Χρήση μονοαξονικών επιταχυνσιομέτρων		(Επίπεδο 1 ή 2) άνω Ρουλεμάν χωρίς βλάβη	(Επίπεδο 1 ή 2) κάτω Ρουλεμάν χωρίς βλάβη	(Επίπεδο 1 ή 2) άνω Ρουλεμάν με βλάβη	(Επίπεδο 1 ή 2) κάτω Ρουλεμάν με βλάβη
Τεστ 0Nm	(%)	0	0,61	0,08	99,31
Τεστ 5Nm	(%)	0	0	0	100
Τεστ 10Nm	(%)	0	0	0	100

5 ^η σχέση στο κιβώτιο 2700 -2700rpm - Εκπαίδευση στα 10Nm					
Χρήση τριαξονικών επιταχυνσιομέτρων		Επίπεδο 1 Ρουλεμάν χωρίς βλάβη	Επίπεδο 2 Ρουλεμάν χωρίς βλάβη	Επίπεδο 1 Ρουλεμάν με βλάβη	Επίπεδο 2 Ρουλεμάν με βλάβη
Τεστ 0Nm	(%)	0	0	100	0
Τεστ 5Nm	(%)	0	0	100	0
Τεστ 10Nm	(%)	0	0	100	0
Χρήση μονοαξονικών επιταχυνσιομέτρων		(Επίπεδο 1 ή 2) άνω Ρουλεμάν χωρίς βλάβη	(Επίπεδο 1 ή 2) κάτω Ρουλεμάν χωρίς βλάβη	(Επίπεδο 1 ή 2) άνω Ρουλεμάν με βλάβη	(Επίπεδο 1 ή 2) κάτω Ρουλεμάν με βλάβη
Τεστ 0Nm	(%)	0	0,08	0	99,92
Τεστ 5Nm	(%)	0	0	0	100
Τεστ 10Nm	(%)	0	0	0	100

Πίνακας 2. Αποτελέσματα εκτέλεσης 3^{ου} σεναρίου (Βλάβη στο έδρανο κύλισης No. 1)

1 ^η σχέση στο κιβώτιο 2700 -300rpm - Εκπαίδευση στα 10Nm					
Χρήση τριαξονικών επιταχυνσιομέτρων		Επίπεδο 1 Ρουλεμάν χωρίς βλάβη	Επίπεδο 2 Ρουλεμάν χωρίς βλάβη	Επίπεδο 1 Ρουλεμάν με βλάβη	Επίπεδο 2 Ρουλεμάν με βλάβη
Τεστ 0Nm	(%)	0	0	100	0
Τεστ 5Nm	(%)	0	0	100	0
Τεστ 10Nm	(%)	0	0	100	0
Χρήση μονοαξονικών επιταχυνσιομέτρων		(Επίπεδο 1 ή 2) άνω Ρουλεμάν χωρίς βλάβη	(Επίπεδο 1 ή 2) κάτω Ρουλεμάν χωρίς βλάβη	(Επίπεδο 1 ή 2) άνω Ρουλεμάν με βλάβη	(Επίπεδο 1 ή 2) κάτω Ρουλεμάν με βλάβη
Τεστ 0Nm	(%)	0,15	0	67,48	32,37
Τεστ 5Nm	(%)	0	0	100	0
Τεστ 10Nm	(%)	0	0	100	0

5 ^η σχέση στο κιβώτιο 2700 -2700rpm - Εκπαίδευση στα 10Nm					
Χρήση τριαξονικών επιταχυνσιομέτρων		Επίπεδο 1 Ρουλεμάν χωρίς βλάβη	Επίπεδο 2 Ρουλεμάν χωρίς βλάβη	Επίπεδο 1 Ρουλεμάν με βλάβη	Επίπεδο 2 Ρουλεμάν με βλάβη
Τεστ 0Nm	(%)	0	0	100	0
Τεστ 5Nm	(%)	0	0	100	0
Τεστ 10Nm	(%)	0	0	100	0
Χρήση μονοαξονικών επιταχυνσιομέτρων		(Επίπεδο 1 ή 2) άνω Ρουλεμάν χωρίς βλάβη	(Επίπεδο 1 ή 2) κάτω Ρουλεμάν χωρίς βλάβη	(Επίπεδο 1 ή 2) άνω Ρουλεμάν με βλάβη	(Επίπεδο 1 ή 2) κάτω Ρουλεμάν με βλάβη
Τεστ 0Nm	(%)	0	0	97,86	2,14
Τεστ 5Nm	(%)	0	0	100	0
Τεστ 10Nm	(%)	0	0	100	0

ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ ΤΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΣΕ ΕΝΑ ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ

Χ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, Δ. Αναγνωστόπουλος, Σ. Φουντάς και Θ.Α. Γέμτος

Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, Νέα Ιωνία Μαγνησίας, Τ.Κ. 384446

Σε ένα μακροχρόνιο πείραμα σύγκρισης τριών μεθόδων μειωμένης κατεργασίας του εδάφους, δύο ακαλλιέργειας, και μιας συμβατικής, έγινε κατά τα πρώτα στάδια ανάπτυξης μιας καλλιέργειας ηλιάνθου συστηματική καταγραφή σε τακτά χρονικά διαστήματα της αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση. Παράλληλα πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους και μετρήθηκε το μήκος της κεντρικής ρίζας του ηλιάνθου. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων έδειξαν ότι για τα πρώτα 15 περίπου εκατοστά υπήρχε αυξημένη αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση σε δύο από τις τρεις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας, και ιδίως στην ακαλλιέργεια. Σε μεγαλύτερο βάθος ωστόσο η ακαλλιέργεια παρουσίασε καλύτερη συμπεριφορά. Με παρεμβολή των στοιχείων διαπιστώθηκε ότι στην ακαλλιέργεια το έδαφος σε βάθος μέχρι 15cm, για περισσότερες από τις μισές ημέρες, παρουσίαζε αντίσταση στην διείσδυση μεγαλύτερη από 2500kPa, όριο στο οποίο θεωρείται ότι αναστέλλεται η ανάπτυξη της ρίζας. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώθηκε και από τις μετρήσεις του μήκους του ριζικού συστήματος. Στην ακαλλιέργεια οι κεντρικές ρίζες ήταν πιο κοντές. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους η οποία σχετίζεται άμεσα με την υγρασία αυτού, παρουσίασε αρνητική συσχέτιση με την αντίσταση στη διείσδυση. Φαίνεται ότι για τις ξηροθερμικές συνθήκες της Μεσογείου, η αυξημένη συνεκτικότητα του ακαλλιέργητου εδάφους επιδεινώνεται από τις συνθήκες χαμηλής υγρασίας με αποτέλεσμα να προκαλείται μια ανάσχεση της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος των καλλιεργειών η οποία εν τέλει ευθύνεται για τη μείωση των αποδόσεων.

Λέξεις κλειδιά: Αντίσταση στη διείσδυση, Ηλεκτρική αγωγιμότητα, Κατεργασία του εδάφους, Ακαλλιέργεια

SYSTEMATIC STUDY OF TIME VARIATION OF SOIL PENETRATION RESISTANCE ON A LONG TERM TILLAGE EXPERIMENT

C. Cavalaris, C. Karamoutis, D. Anagnostopoulos, S. Fountas and T.A. Gemtos

Laboratory of Agricultural Mechanization, Department of Agriculture Crop Production and Rural Environment, University of Thessaly, Fytokou Street, N. Ionia, GR-38446, Volos, Greece chkaval@uth.gr

On a long term tillage experiment with three methods of reduced tillage, two treatments of no-tillage and one method of conventional tillage, soil penetration resistance was systematic measured during the first stages of development of a sunflower crop. At the same time, it was monitored soil electric conductivity and sunflower root length. The experimental results indicated an increased penetration resistance at the first 15 cm of soil for two from the three reduced tillage methods and especially for no-tillage. On a greater depth however, no tillage presented lower PR values. With data interpolation it was found that in no-tillage treatments, for more than half of the days, PR was greater than 2500kPa, a limit above which root development is considered to be inhibited. This fact was confirmed by the shorter roots found in no-tillage. Soil electric conductivity which is directly correlated to soil moisture content presented an opposite correlation with soil penetration resistance. It seems that under the dry Mediterranean conditions, the increased soil consistency in no-tillage is further exacerbated by the low moisture content resulting in reduced root development and finally, reduced yields.

Key words: Soil penetration resistance, Electric conductivity, Soil tillage, No-tillage

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συμπίεση του εδάφους αποτελεί μια κρίσιμη παράμετρο που επηρεάζει την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος των φυτών, και έχει κατ' επέκταση αρνητικές επιπτώσεις στην παραγωγή (Chancellor, 1977). Κύρια αιτία της συμπίεσης των εδαφών είναι η κίνηση βαρέων μηχανημάτων στον αγρό, ιδίως σε συνθήκες υψηλής εδαφικής υγρασίας (Tarawally et al., 2004). Με την ετήσια κατεργασία του εδάφους επιδιώκεται μια πρόσκαιρη ανακούφιση της συμπίεσης έτσι ώστε να μειωθεί η συνεκτικότητα και να δημιουργηθεί ένα προσωρινά ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη της καλλιέργειας. Η προσέγγιση αυτή όμως δεν μπορεί να δώσει λύση στο μακροχρόνιο πρόβλημα της αυξημένης συμπίεσης που εμφανίζεται κάτω από το βάθος κατεργασίας.

Για την αντιμετώπιση της βαθιάς συμπίεσης καθώς και για μια σειρά από άλλα σημαντικά οφέλη που σχετίζονται με την προστασία του εδάφους και την διατήρηση της γονιμότητάς του, προτείνεται η εφαρμογή μεθόδων μειωμένης κατεργασίας η ακαλλιέργειας γνωστά και ως συστήματα αειφορίας. Στα συστήματα αυτά οι απαιτήσεις ισχύος για την προετοιμασία των αγρών είναι περιορισμένες με αποτέλεσμα να χρειάζονται μικρότεροι και ελαφρύτεροι ελκυστήρες για την περαίωση των εργασιών (Raper, R.L. and Mac Kirby, 2006) οι οποίοι φυσικά προκαλούν μικρότερη συμπίεση. Επιπλέον το έδαφος αποκτά σταθερότερη δομή με συνέπεια να ανθίσταται μεγαλύτερα φορτία. Θα πρέπει να ληφθεί ωστόσο ότι κατά την εφαρμογή μεθόδων αειφορικής διαχείρισης η συνεκτικότητα

στην ανώτερη επιφάνεια του εδάφους είναι συνήθως αυξημένη εξαιτίας του περιορισμού των ετήσιων διορθωτικών επεμβάσεων της κατεργασίας. Αυτό όμως δεν αποτελεί ιδιαίτερο πρόβλημα διότι στην πραγματικότητα αλλάζει η συνολική δομή του εδάφους και δημιουργούνται κατακόρυφοι πόροι που διευκολύνουν την κίνηση του νερού και την ανάπτυξη των ριζών (Castellanos-Navarrete et al., 2012).

Η πιο εύκολη και ταχεία μέθοδος για την εκτίμηση στις συμπύεσης του εδάφους είναι η μέτρηση της αντίστασης αυτού στην διείσδυση. Η μέθοδος έχει τυποποιηθεί από την ASABE (ASABE Standards S313.2. 2008) και χρησιμοποιείται ευρέως στα γεωργικά πειράματα. Το κύριο μειονέκτημά της είναι ότι επηρεάζεται σημαντικά από την υγρασία του εδάφους και γι' αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε συγκριτικές μετρήσεις. Η υγρασία του εδάφους, κάτω από την επιφάνεια είναι δύσκολο και συχνά χρονοβόρο να μετρηθεί με εξαίρεση όταν χρησιμοποιούνται μόνιμοι αισθητήρες. Αυτοί ωστόσο έχουν υψηλό κόστος εγκατάστασης και φυσικά δεν μπορούν να μείνουν στο έδαφος όταν γίνονται κατεργασίες. Μια εναλλακτική προσέγγιση στο πιο πάνω πρόβλημα είναι η έμμεση εκτίμηση της υγρασίας του εδάφους μέσω της μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας αυτού. Οι Morgan et al., (2000) διαπίστωσαν μια σημαντική συσχέτιση μεταξύ της υγρασίας σε βάθος 1m και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους. Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορεί να γίνει ταχύτατα και με μεγάλη συχνότητα δειγματοληψίας χρησιμοποιώντας συσκευές όπως το VERIS της Veristech και το EM38 της Geonics.

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι η συστηματική καταγραφή της αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση σε συνδυασμό με την ηλεκτρική αγωγιμότητα αυτού σε συστήματα αειφορικής διαχείρισης με σκοπό την διερεύνηση της χρονικής διακύμανσης της συνεκτικότητας του εδάφους και της επίπτωσης αυτής στην ανάπτυξη των ριζών.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν το 2011 σε έναν πειραματικό αγρό στο Αγρόκτημα του Π.Θ. στον οποίο από το 1997 γίνεται σύγκριση πέντε διαφορετικών μεθόδων κατεργασίας του εδάφους. Οι μέθοδοι αυτές είναι:

- 1) Συμβατική κατεργασία (Σ). Όργανο σε βάθος περίπου 25-30 cm και προετοιμασία της σποροκλίνης με αλληπάλληλα περάσματα με δισκοσβάρνα και ελαφρύ καλλιεργητή ανάλογα με τις συνθήκες.
- 2) Μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή (BK). Πρωτογενής κατεργασία με ένα βαρύ καλλιεργητή στα 20 cm περίπου και προετοιμασία της σποροκλίνης όπως στη συμβατική.
- 3) Μειωμένη κατεργασία με περιστροφικό καλλιεργητή (ΠΚ). Χρησιμοποιείται ένας περιστροφικός καλλιεργητής με κατακόρυφα ελάσματα για προετοιμασία του εδάφους με ένα

μόνο πέραςμα. Το βάθος κατεργασίας κυμαίνεται στα 12-15 cm.

- 4) Μειωμένη κατεργασία με δισκοσβάρνα (Δ). Αβαθής κατεργασία του εδάφους μέχρι τα 8 cm περίπου με δύο ή και περισσότερα περάσματα αποκλειστικά με δισκοσβάρνα
- 5) Ακαλλιέργεια. Η μεταχείριση αυτή διαιρέθηκε σε δύο υπο-μεταχειρίσεις: Ακαλλιέργεια με απομάκρυνση των φυτικών υπολειμμάτων (Α) και ακαλλιέργεια με διατήρηση των φυτικών υπολειμμάτων (Am). Και στις δύο υπο-μεταχειρίσεις γίνονταν απευθείας σπορά χωρίς καμία προετοιμασία του εδάφους, ενώ τα ζιζάνια όταν κρίνεται απαραίτητο καταστρέφονται με glyphosate.

Το έδαφος του αγρού είναι ιλυο-αργιλώδες (Άμμος 9,7%, Ιλύς 41%, Άργιλος 49,2%). Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε ήταν πλήρως τυχαίοποιημένες ομάδες με τέσσερις επαναλήψεις. Τα πειραματικά τεμάχια είχαν διαστάσεις 21x6 cm. Το 2011 καλλιεργήθηκε ηλιάνθος σε γραμμές πλάτους 75 cm και αποστάσεων σπόρων 14,7 cm επί της γραμμής. Η σπορά έγινε στις 11/4/2011.

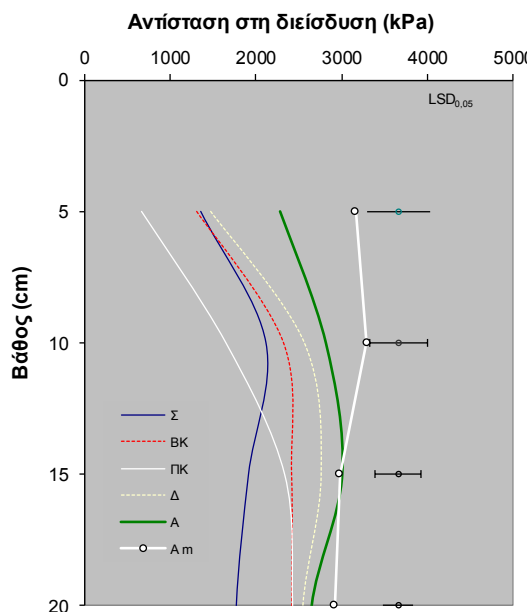
Οι μετρήσεις που παρουσιάζονται στην παρούσα μελέτη αφορούν την αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση, την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους και το μήκος της ρίζας του ηλιάνθου.

Για τις μετρήσεις της αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση χρησιμοποιήθηκε ένα ηλεκτρονικό διεισδυσιόμετρο με ικανότητα αυτόματης καταγραφής και καταχώρησης της αντίστασης σε διαστήματα των 1cm και μέχρι τα 50cm. Κατά τις μετρήσεις ακολουθήθηκαν τα πρότυπα του ASABE (ASABE Standards S313.2. 2008). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο διάστημα από 21/5 έως 6/7/2011 σε μεσοδιαστήματα 3-5 ημερών. Συνολικά λήφθηκαν 15 σειρές μετρήσεων. Το βάθος δειγματοληψίας ακολουθούσε το βάθος ανάπτυξης των ριζών. Μέχρι τις 26/5 αφορούσε τα πρώτα 20 cm του εδάφους ενώ από τις 1/6 αφορούσε μέχρι και τα 50 cm. Σε κάθε τεμάχιο γίνονταν 4 διεισδύσεις από τις οποίες προέκυψαν οι μέσοι όροι ανά 5 cm.

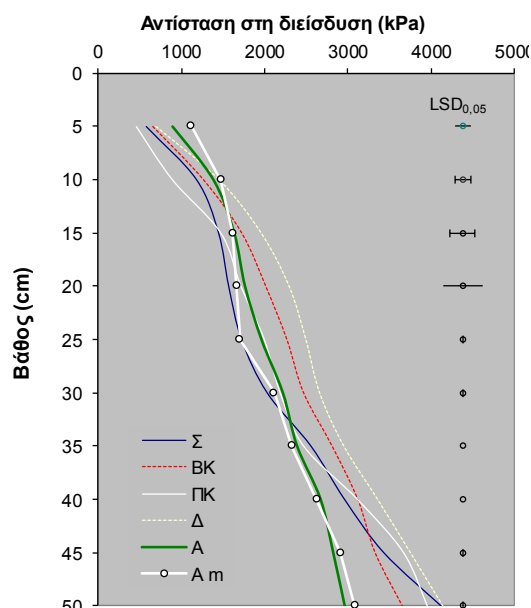
Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρήθηκε με το σύστημα EM38 της Geonics. Το όργανο χρησιμοποιήθηκε στην κατακόρυφη θέση στην οποία εκτιμά την ηλεκτρική αγωγιμότητα σε βάθος μέχρι και ένα μέτρο. Έγιναν συνολικά πέντε μετρήσεις στο διάστημα μεταξύ 25/6 έως 6/7, παράλληλα με τις μετρήσεις της αντίστασης στην διείσδυση. Το κάθε πειραματικό τεμάχιο σαρώνονταν κατά μήκος με ελικοειδής διαδρομές. Από το σύνολο των τιμών υπολογίστηκε ένας μέσος όρος για κάθε τεμάχιο.

Για την εκτίμηση της ανάπτυξης του ριζικού συστήματος του ηλιάνθου εκριζώθηκαν από κάθε τεμάχιο 5 φυτά και μετρήθηκε επί τόπου το μήκος της κεντρικής ρίζας. Η εκρίζωση έγινε με εκσκαφή στις 26/5, 45 ημέρες από την σπορά και σε στάδιο όπου οι νεαρές ρίζες δεν ξεπερνούσαν τα 15cm. Από τις πέντε μετρήσεις για κάθε τεμάχιο προέκυψε ένας μέσος όρος.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



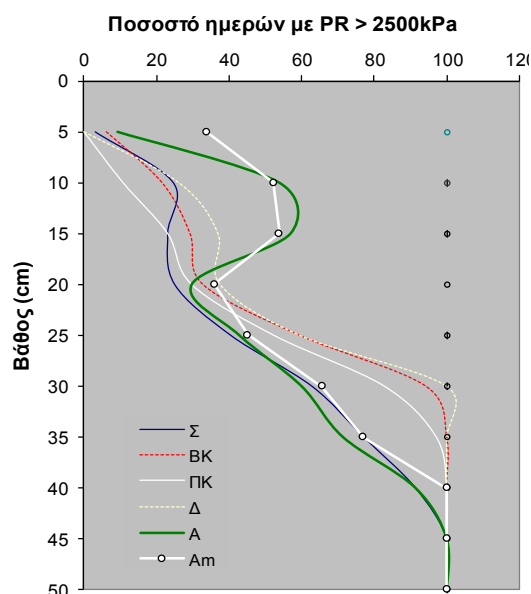
Διάγραμμα 1. Αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση στις 23/5/2011.



Διάγραμμα 2. Αντίσταση του εδάφους στη διείσδυση στις 17/6/2011.

Στα Διαγράμματα 1 & 2 παριστάνεται η κατακόρυφη διαφοροποίηση της αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση για τις 6 μεθόδους κατεργασίας του εδάφους σε δύο ενδεικτικές ημερομηνίες. Στις 23/5 όπου το ριζικό σύστημα είναι ακόμη ρηχό και η μέτρηση έγινε μέχρι τα 20 cm και στις 17/6 όπου το ριζικό σύστημα έχει αναπτυχθεί πλήρως και η μέτρηση έγινε μέχρι τα 50 cm. Στις 23/5, (Διάγραμμα 1) είναι φανερό ότι τις υψηλότερες τιμές παρουσιάζουν τα δύο συστήματα της ακαλλιέργειας. Στις 17/6, (Διάγραμμα 2) διαπιστώνεται και πάλι ότι οι δύο μεταχειρίσεις της ακαλλιέργειας παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές στα επιφανειακά 0-10 cm εδάφους. Και στις δύο ημερομηνίες, την χαλαρότερη στοιβάδα εμφανίζει ο περιστροφικός καλλιεργητής. Σε μεγαλύτερο βάθος ωστόσο την μεγαλύτερη αντίσταση παρουσιάζουν η δισκοσβάρνα και ο βαρύς καλλιεργητής.

Στο Διάγραμμα 3 με παρεμβολή των στοιχείων υπολογίζεται το ποσοστό των ημερών μεταξύ 3/5 και 6/7, κατά το οποίο η αντίσταση στην διείσδυση είναι μεγαλύτερη από 2500kPa. Σύμφωνα με τον Bennie (1996) η ανάπτυξη της ρίζας των φυτών αναστέλλεται όταν η αντίσταση του εδάφους υπερβαίνει την πιο πάνω τιμή. Καθώς φαίνεται από τις καμπύλες οι δύο μεταχειρίσεις της ακαλλιέργειας παρουσιάζουν χαρακτηριστικά υψηλότερη συμπίεση μέχρι τα 15 cm. Το φαινόμενο αυτό πιθανώς οφείλεται στον συνδυασμό της αυξημένης αντίστασης όπως έδειξαν τα Διαγράμματα 1 & 2 και της χαμηλής υγρασίας του επιφανειακού εδάφους. Σε μεγαλύτερο βάθος αντίθετα, και μέχρι τα 40 cm, Διάγραμμα 3, οι δύο μεταχειρίσεις της ακαλλιέργειας παρουσιάζουν μειωμένη αντίσταση στη διείσδυση όπως και το όργωμα ενώ οι υψηλότερες τιμές διακρίνονται στον βαρύ καλλιεργητή και τη δισκοσβάρνα.

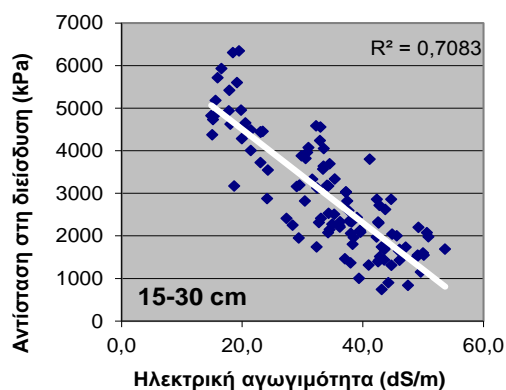


Διάγραμμα 3. Ποσοστό ημερών με αντίσταση στην διείσδυση > 2500kPa.

Πίνακας 1. Ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους

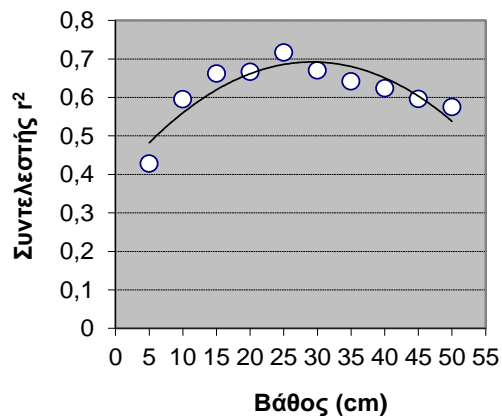
	Ηλεκτρική αγωγιμότητα (dS/m)				
	25/6	28/6	1/7	4/7	6/7
Σ	46,1	17,4	41,9	36,6	32,8
ΒΚ	47,8	17,9	41,5	35,2	32,4
ΠΚ	47,7	18,8	38,1	33,8	30,8
Δ	48,7	19,8	39,3	33,3	29,9
Α	46,6	21,2	38,1	33,2	31,1
Α m	46,6	20,7	39,8	33,2	30,2
	ns	*	ns	ns	ns
LSD _{0,05}	-	2,5	-	-	-
CV%	5,0	9,0	7,8	11,1	9,0

Ο Πίνακας 1 δείχνει τα αποτελέσματα των μετρήσεων της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους για το διάστημα μεταξύ 25/6 έως 6/7. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα σχετίζεται άμεσα με την υγρασία του εδάφους (Morgan et al., 2000). Από τα στοιχεία του πίνακα διαφαίνεται, δίχως να είναι στατιστικά σημαντική, μια τάση για τις δύο μεταχειρίσεις της ακαλλιέργειας να εμφανίζουν μικρότερη ηλεκτρική αγωγιμότητα σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους. Αυτό όμως δεν ισχύει για τις 28/6, ημερομηνία κατά την οποία η ηλεκτρική αγωγιμότητα ήταν χαμηλή σε όλες τις μεθόδους, γεγονός που υποδηλώνει μειωμένη περιεκτικότητα σε υγρασία. Στην ημερομηνία αυτή διαπιστώνεται μια στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση για την ακαλλιέργεια η οποία εμφανίζει υψηλότερες τιμές, πιθανή ένδειξη ότι το έδαφος στεγνώνει πιο αργά σε σχέση με τις άλλες κατεργασίες. Το στοιχείο αυτό πιθανώς σχετίζεται την χαμηλή αντίσταση στην διείσδυση που παρουσιάζουν οι μεταχειρίσεις της ακαλλιέργειας σε μεγαλύτερα βάθη. Όπως εξάλλου φαίνεται και στο Διάγραμμα 4, η αντίσταση στην διείσδυση παρουσιάζει μια ισχυρά αρνητική συσχέτιση με την ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους. Το διάγραμμα προέκυψε από την συσχέτιση των τιμών της ηλεκτρικής αγωγιμότητας που μετρήθηκε στο διάστημα μεταξύ 25/6 και 6/7 και των μέσων όρων της αντίστασης του εδάφους στη διείσδυση για το βάθος των 15-30 cm για το ίδιο διάστημα. Αντίστοιχα διαγράμματα έγιναν για όλα τα βάθη δειγματοληψίας ανά διαστήματα 5 cm και μέχρι τα 50 cm. Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 5, η υψηλότερη συσχέτιση μεταξύ των δύο παραμέτρων διαπιστώνεται μεταξύ 15-30 cm.

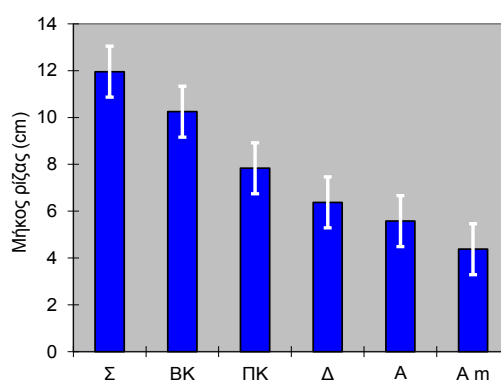


Διάγραμμα 4. Συσχέτιση ηλεκτρικής αγωγιμότητας με αντίσταση στην διείσδυση σε βάθος 15-30cm.

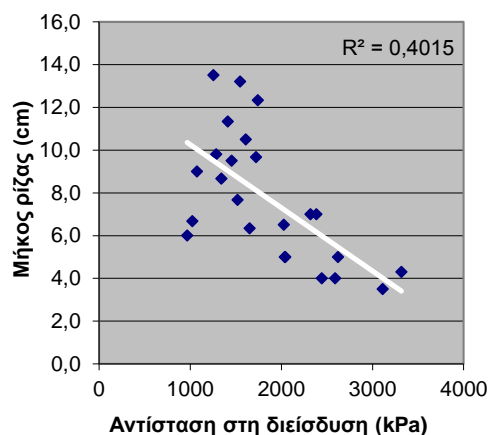
Οι μετρήσεις του μήκους της ρίζας 45 ημέρες από τη σπορά έδειξαν μια σαφή υπεροχή για τις πιο εντατικές μεθόδους κατεργασίας (Διάγραμμα 6). Το βαθύτερο ριζικό σύστημα αναπτύχθηκε στη συμβατική μέθοδο ενώ για την ακαλλιέργεια η δυσκολία στην ανάπτυξη της ρίζας ήταν εμφανής. Όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 7 υπήρξε αρνητική συσχέτιση μεταξύ του μήκους της ρίζας και της αντίστασης του εδάφους στη διείσδυση.



Διάγραμμα 5. Συντελεστής συσχέτισης ηλεκτρικής αγωγιμότητας με αντίσταση στην διείσδυση για διάφορα βάθη



Διάγραμμα 6. Μήκος ρίζας για τις 6 μεθόδους κατεργασίας



Διάγραμμα 7. Συσχέτιση αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση με το μήκος ρίζας

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο μακροχρόνιο πείραμα κατεργασιών που χρησιμοποιήθηκε, έχει διαπιστωθεί μια τάση μείωσης των αποδόσεων με την μετάβαση σε συστήματα μειωμένης κατεργασίας ή ακαλλιέργειας (Τσιάνος και άλλοι, 2007). Η μείωση αυτή αποδόθηκε αρχικά στον αυξημένο ανταγωνισμό των ζιζανίων και στην αυξημένη συμπίεση του εδάφους.

Σε επόμενη μελέτη διαπιστώθηκε ότι τα ζιζάνια ευθύνονται μόνο για το 10% της μείωσης των αποδόσεων (Καβαλάρης και άλλοι, 2009). Με τη συστηματική αποτύπωση της αντίστασης του εδάφους στη διείδυση επιδιώκεται στην παρούσα μελέτη η διερεύνηση της επίδρασης της συμπίεσης του εδάφους στην ανάπτυξη της καλλιέργειας. Τα στοιχεία των μετρήσεων δείχνουν ότι κατά τα αρχικά στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας το έδαφος στην ακαλλιέργεια, για πάνω από το 50% των ημερών, παρουσιάζει αντίσταση στην διείδυση μεγαλύτερη από 2500kPa. Το όριο αυτό θεωρείται αποτρεπτικό για την ανάπτυξη των ριζών. Στη πραγματικότητα μάλιστα η δυσκολία στην επιμήκυνση της ρίζας εμφανίζεται πολύ πιο χαμηλά ξεκινώντας από τα 1200kPa και εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας (Bennie, 1996) Τα αποτελέσματα των μετρήσεων του μήκους της ρίζας επιβεβαιώνουν την πιο πάνω υπόθεση. Αντίθετα με τα αποτελέσματα πολλών άλλων πειραμάτων που αναφέρονται σε πιο υγρά κλίματα (An Van den Puttea et al. 2010) φαίνεται ότι για τις ξηροθερμικές συνθήκες της Μεσογείου, όπου τα εδάφη στεγνώνουν σχετικά γρήγορα, η συνεκτικότητα του εδάφους προσεγγίζει επίπεδα τα οποία δυσχεραίνουν την ομαλή ανάπτυξη του ριζικού συστήματος γεγονός που έχει αρνητικό αντίκτυπο στις τελικές αποδόσεις των καλλιεργειών. Οι μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας η οποία σχετίζεται άμεσα με την υγρασία του εδάφους δείχνουν ότι στην ακαλλιέργεια, το έδαφος διατηρείται πιο υγρό σε σχέση με τις υπόλοιπες μεθόδους όταν η υγρασία του εδάφους κυμαίνεται σε χαμηλά επίπεδα, είναι όμως πιο ξηρό όταν η υγρασία είναι υψηλή. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα παρουσίασε αρνητική συσχέτιση με την αντίσταση του εδάφους στη διείδυση ιδίως στο βάθος των 15-30 cm. Στη συνέχεια της παρούσας έρευνας σχεδιάζεται παράλληλα με τις μετρήσεις της αντίστασης στην διείδυση και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας η λήψη δειγμάτων εδάφους για μέτρηση της υγρασίας και συσχέτισή αυτής με τις υπόλοιπες παραμέτρους.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συστηματική καταγραφή της αντίστασης του εδάφους στην διείδυση δείχνει ότι για τις ξηροθερμικές συνθήκες της Μεσογείου, η υψηλή συνεκτικότητα του εδάφους στα συστήματα μειωμένης κατεργασίας και ιδίως της ακαλλιέργειας, δυσχεραίνει την ανάπτυξη των ριζών. Η συνεκτικότητα αυτή επιδεινώνεται από τα χαμηλά επίπεδα υγρασίας που επικρατούν στα εδάφη. Κατά τα αρχικά στάδια της ανάπτυξης για περισσότερες από τις μισές ημέρες το έδαφος στην ακαλλιέργεια παρουσιάζει αντίσταση στην διείδυση μεγαλύτερη από 2500kPa. Τα στοιχεία της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους που σχετίζονται άμεσα

με την υγρασία αυτού, παρουσιάζουν μια σημαντική αρνητική συσχέτιση με την αντίσταση στη διείδυση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- An Van den Puttea, Goversa J., Dielsa J., Gillijns K., Demuzerea M. 2010. Assessing the effect of soil tillage on crop growth: A meta-regression analysis on European crop yields under conservation agriculture. *Europ. J. Agronomy* 33, 231–241
- ASABE Standards S313.2. 2008. Soil Cone penetrometer. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph Michigan.
- Bennie, A. 1996. Growth and mechanical impedance. In Waisel, Y., Eshel, A. and Kafkafi, U. (editors), *Plant Roots, The Hidden Half*. 2nd edn. Marcel Dekker, Inc. New York. pp. 453-470.
- Castellanos-Navarrete A., Rodriguez-Aragone C., de Goede R.G.M., Kooistra M.J., Sayre K.D., Brussaard L. and M.M. Pulleman. 2012. Earthworm activity and soil structural changes under conservation agriculture in central Mexico. *Soil & Tillage Research* 123, 61–70.
- Chancellor W.J. 1977. Compaction of soil by agricultural equipment. *University of California. Division of Agricultural sciences. Bulletin* 1881.
- Morgan, C.L.S., Norman, J.M., Wolkowski, R.P., Lowery, B., Morgan, G.D., Schuler, R., 2000. Two approaches to mapping plant available water: EM-38 measurements and inverse yield modeling. *Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture (CD-ROM)*, Minneapolis, July 16–19, p.14.
- Raper, R.L., Mac Kirby, J. 2006. Soil compaction: How to do it, undo it or avoid doing it. *Agricultural Equipment Technology Conference*, Louisville, Kentucky, USA, 12-14 Feb2006, Published by ASABE
- Tarawally, M. A., Medina, H., Frómeta, M.E., Alberto Itza, C., 2004. Field compaction at different soil-water status: effects on pore size distribution and soil water characteristics of a Rhodic Ferralsol in Western Cuba. *Soil Tillage Res.* 76 (2), 95-103.
- Καβαλάρης Χ., Χ. Καραμούτης και Θ.Α. Γέμος, 2009. Επίδραση διαφορετικών καλλιεργητικών τεχνικών κατεργασίας, σποράς και ελέγχου ζιζανίων στην ανάπτυξη στην καλλιέργεια του ηλίανθου. *Πρακτικά 6ου Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Θεσ/νίκη 2009 σ 521-30*
- Τσιάνος Ν., Γέμος, Θ.Α., Καβαλάρης Χ. και Χ. Καραμούτης, 2007. Επίδραση μεθόδων κατεργασίας του εδάφους στην καλλιέργεια δυο ποικιλιών ηλίανθου στην κεντρική Ελλάδα. *Πρακτικά 5ου Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Λάρισα 2007.*

**ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΟΝΗΣΕΩΝ
ΣΤΟ ΘΑΛΑΜΟ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ**

**Θεόδωρος Γιαλαμάς¹, Ιωάννης Γράβαλος¹, Δημήτριος Κατέρης², Μαρία Γιαλαμά³, Παναγιώτης Ξυραδάκης¹,
Ασπασία Γιαλαμά¹, Χρήστος Δημητριάδης⁴, Ζήσης Τσιρόπουλος¹**

¹Εργαστήριο Ασφάλειας και Εργονομίας Μηχανημάτων. Τομέας Γεωργικής Μηχανολογίας, Τμήμα Μηχανικής
Βιοσυστημάτων Σ.Τ.Ε.Γ. Τ.Ε.Ι. Λάρισας, Τ.Κ.41110 Λάρισα, gialamas@teilar.gr

²Εργαστήριο Γ. Μηχανολογίας. Γεωπονική Σχολή. Α.Π.Θ. Τ.Κ.54124 Θεσσαλονίκη

³Ψυχολόγος της Υγείας MSc.

⁴ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Σχολή Σ.Τ.Ε.Γ., Τμήμα Φυτικής Παραγωγής, Τ.Κ.57400

Το κάθε τμήμα ή όργανο του ανθρώπινου σώματος έχει μια περιοχή συχνότητων ιδιοσυντονισμού. Εάν ένα μέλος ή όργανο του σώματος υποστεί δονήσεις υψηλής στάθμης στις συχνότητες συντονισμού του, μπορεί να δημιουργηθούν πολύ δυσάρεστα συμπτώματα στην υγεία του. Όταν ο εργαζόμενος εκτελεί εργασία κρατώντας στα χέρια του, τους χειρομοχλούς διεύθυνσεως, (τιμόνι), επιλογής ταχυτήτων, τροφοδοσίας του γεωργικού ελκυστήρα, ή ασχολείται με άλλες χειρονακτικές εργασίες και χρησιμοποιεί εργαλεία χειρός όπως είναι το αλυσοπρίονο, το ηλεκτρικό χειροδράπανο, ή άλλα παρόμοια κρουστικά εργαλεία, οι δονήσεις που παράγονται από τα εργαλεία αυτά μεταδίδονται στα δάχτυλά, στις παλάμες, στους βραχίονες και στους ώμους τους προκαλώντας επίσης δυσάρεστα συμπτώματα. Ο προσδιορισμός των επιταχύνσεων των μηχανικών δονήσεων στο θάλαμο χειρισμού των γεωργικών ελκυστήρων πραγματοποιήθηκε με πειραματικές δοκιμές με διαφορετικούς ελκυστήρες - εργαλεία και προσδιορίστηκε η επίδραση και η αλληλεπίδρασή τους στην ανάπτυξη των μηχανικών δονήσεων στο κάθισμα χειρισμού των ελκυστήρων. Τα αποτελέσματα της επίδρασης και της αλληλεπίδρασής των εξήχθησαν από τις τιμές των πειραματικών δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν και αναλύθηκαν με το πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης SPSS, με τη μέθοδο GLM-ANOVA, για να καθοριστεί το μέγεθος των αλληλεπιδράσεων όλων των παραγόντων που προκαλούν δυσάρεστα συμπτώματα στους χειριστές.

Λέξεις κλειδιά: μηχανικές δονήσεις, αλληλεπίδραση δονήσεων, προβλήματα υγείας

**THE EXPERIMENTAL DETERMINATION OF MECHANICAL VIBRATION TO THE TRACTOR CABIN FROM THE
INTERACTION OF AGRICULTURAL TOOLS**

**Theodoros Gialamas¹, Ioannis Gravalos¹, Dimitrios Kateris², Maria Gialama³, Panagiotis Xyradakis¹,
Aspasia Gialama¹, Christos Dimitriadis⁴, Zisis Tsiropoulos¹**

¹Laboratory for Off-Road Equipment, Section of Agricultural Mechanics, Department
of Biosystems Engineering, School of Agriculture, Technological Educational Institute of Larissa, GR-41110,
Larissa, Greece, gialamas@teilar.gr

²Laboratory for Agricul.Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, GR-54124, Greece

³Health Psychologist MSc.

⁴ATEI of Thessaloniki, School of Agricultural Technology, Department of plant production, GR-57400, Greece

Each part or organ of the human body has a self tuning frequency range. If the human body subjected to vibrations high level coordination of frequencies, can create very unpleasant symptoms in health. When a person performs work while keeping his hands on the steering wheel the gear shift and the throttle accelerator of a tractor or dealing with other manual jobs and uses hand tools such as a chainsaw, drilling machine or other similar tools, vibration shock produced by these tools spread on fingers, palms, arms and shoulders causing unpleasant symptoms. The determination of accelerations forces from mechanical vibrations into the cabin of agricultural tractors was investigated with experimental tests using different tractors – tools and speeds. The effect and their interaction of the investigated forces into the development of mechanical vibrations in the driving seat of the tractors were specified. The results from the experimental tests indicated the impact and the interaction of the collected values. The data was analyzed using the statistical program SPSS and the GLM-ANOVA method to determine the size and the interaction of all the factors.

Key words: mechanical vibration, vibration interaction, health problems

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κύρια φυσικά χαρακτηριστικά των μηχανικών δονήσεων που μετρώνται κατά τη διάρκεια των πειραματικών δοκιμών είναι η ένταση τους σε m/s² και η συχνότητα τους σε Hz.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να προσδιοριστούν, να καταγραφούν και να αναλυθούν

σε πραγματικές συνθήκες τα μεγέθη των δονήσεων και των συχνότητων που αναπτύσσονται στο κάθισμα του χειριστή και προκαλούν την κόπωση του, κυρίως χαμηλά στη μέση, κατά τη διάρκεια προετοιμασίας της σποροκλίνης με διαφορετικά παρελκόμενα εργαλεία.

Οι κύριες επιδράσεις των παραγόντων που εξετάζονται είναι: α) οι διαφορετικοί τύποι ελκυστήρων και β) τα διαφορετικά παρελκόμενα. Επίσης εξετάζεται και η αλληλεπίδραση που εμφανίζεται μεταξύ των “ελκυστήρων x εργαλείων”.

Οι αναπτυσσόμενες δονήσεις δεν πρέπει να υπερβαίνουν κάποιες επιτρεπόμενες τιμές οι οποίες αναφέρονται στην προστασία των χειριστών και καθορίζονται με βάση τις οδηγίες της Ε.Ε. (89/391/EEC) και του ISO 2631/97 .

Τα μέτρα που αναφέρονται στην προστασία των χειριστών από τις μηχανικές δονήσεις είναι η τοποθέτηση στους σύγχρονους ελκυστήρες θαλάμων ασφαλείας οι οποίοι να εδράζονται σε υδραυλικούς αποσβεστήρες κραδασμών. Η θέση τοποθέτησης του καθίσματος, θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα απόσβεσης των δονήσεων, αλλά και η κατάσταση του καθίσματος θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να προστατεύει τον χειριστή κατά τη διάρκεια της εργασίας του. Σημαντικό παράγοντα αποτελεί ο τρόπος σύνδεσης των παρελκομένων γεωργικών μηχανημάτων με τον ελκυστήρα, γιατί η αλληλεπίδραση τους επηρεάζει σημαντικά τις εντάσεις των αναπτυσσόμενων δονήσεων. Επίσης άλλοι σημαντικοί παράγοντες που εμφανίζονται και επιδρούν σημαντικά στην κόπωση του χειριστή είναι η ταχύτητα κίνησης κατά τη διάρκεια της εργασίας, η κατάσταση του εδάφους καθώς και η στάση που κάθεται ο χειριστής (Marsili et al., 2002).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ο πειραματικός προσδιορισμός των ολόσωμων δονήσεων στα κάθισμα του χειριστή των γεωργικών ελκυστήρων, πραγματοποιήθηκε με τους ελκυστήρες του Τμήματος Μηχανικής Βιοσυστημάτων του Τ.Ε.Ι./Λάρισας, από το Εργαστήριο Ασφάλειας και Εργονομίας Μηχανημάτων. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο αγρόκτημα του Τ.Ε.Ι. Λάρισας (Γιαλαμάς κ.α., 2007, 2009a, 2009b).

Το έδαφος που πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμές ήταν ακαλλιέργητο με καλαμιές, είχε σχετική υγρασία 25% επί υγρής βάσης, η οποία διατηρήθηκε σταθερή για όλη τη διάρκεια των δοκιμών. Η μηχανική σύσταση του ήταν αμμοαργιλλωπηλώδες (SCL), και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος ήταν 22°C.

Για τις πειραματικές δοκιμές χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικοί τύποι ελκυστήρων:

α) ο LAMBORGHINI R6 130, ισχύος 99kW που διαθέτει: υδραυλική ανάρτηση θαλάμου, ηλεκτρονικό ρυθμιστή στροφών, σύστημα μετάδοσης της κίνησης στους τέσσερις τροχούς (4WD), με ηλεκτρονικό έλεγχο υδραυλικού συστήματος. Διαθέτει επίσης αυτόματη επιλογή στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης με δυνατότητες χαμηλής - μεσαίας - υψηλής σχέσης, υδροστατικό σύστημα διεύθυνσης και δυνατότητα υδροπνευματικής ρύθμισης του καθίσματος.

β) ο δεύτερος ελκυστήρας ήταν ο HURLIMANN H6115 είναι ισχύος 85 kW, διαθέτει μηχανικό σύστημα ρύθμισης του εύρους των δονήσεων του καθίσματος διαθέτει σύστημα μετάδοσης της κίνησης στους τέσσερις τροχούς (4WD), εμπρόσθιο

σύστημα ανάρτησης παρελκομένων και εμπρόσθιο δυναμοδότη.

γ) ο τρίτος ελκυστήρας ήταν ο LAMBORGHINI Premium 950, είναι ισχύος 70 kW, διαθέτει μηχανικό σύστημα ρύθμισης του εύρους των δονήσεων του καθίσματος υδροστατική οδήγηση και κίνηση στους 4τροχούς (4WD).

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών διατηρήθηκε η ίδια αναπτυσσόμενη ταχύτητα, η οποία καθορίστηκε στα 5,5 – 6,0 km/h. Το έδαφος περιείχε καλαμιές σιτηρών από την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο. Χρησιμοποιήθηκαν τρία γεωργικά εργαλεία για την προετοιμασία της σποροκλίνης:

α) Άροτρο ζυνο, αναστρεφόμενο με υδραυλική αναστροφή και δυνατότητα ρύθμισης του μέγιστου πλάτους άροσης στα 150 cm. Το βάθος άροσης ρυθμίστηκε στα 20 cm. β) Δισκοσβάρνα, δευτερογενούς κατεργασίας του εδάφους με πλάτος εργασίας 3,20 m, αριθμό δίσκων 33, η διάμετρο δίσκων 50 cm και βάθος εργασίας 11,0 cm και γ) Καλλιεργητής αναρτώμενος τελευταίας προετοιμασίας με εύκαμπτα ελατηριωτά υνάκια. Οι διαστάσεις του είναι πλάτος 3,0 m και μήκος 1,3 m. Στο κάτω μέρος του πλαισίου συνδέονται πέντε σειρές με δώδεκα (12) ελατηριωτά εύκαμπτα υνάκια η κάθε μία, με δυνατότητα ρύθμισης της μεταξύ τους απόστασης. Στο πίσω μέρος του πλαισίου φέρει δύο σειρές από ρυθμιζόμενους περιστρεφόμενους κλωβούς εδάφους, (σβωλοκόπους), με τρεις κυλίνδρους η κάθε σειρά. Στην περιφέρεια τους φέρουν μεταλλικά ελάσματα με ελικοειδή μορφή, η οποία κατά τη διάρκεια της εργασίας συμβάλλει στον καλλίτερο θρυμματισμό του εδάφους.

Η μελέτη αφορά τις ολόσωμες δονήσεις που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια όλων των καλλιεργητικών εργασιών που πραγματοποιούνται με τα παραπάνω γεωργικά εργαλεία στο κάθισμα του χειριστή οι οποίες προκαλούν κόπωση και επηρεάζουν την υγεία του. Οι δονήσεις καταγράφονται με τη βοήθεια ηλεκτρονικής καταγραφικής μονάδας τύπου VIBROTEST 60 της εταιρείας Bruel & Kjaer Vibro. Η ίδια ηλεκτρονική μονάδα διαθέτει και τους αισθητήρες οι οποίοι προσαρμόζονται με τη βοήθεια μαγνητών κάτω από το κάθισμα του χειριστή.

Οι αισθητήρες λαμβάνουν τα σήματα από όλα τα μεγέθη των δονήσεων κατά τη διάρκεια των δοκιμών. Καταγράφεται το εύρος των δονήσεων, καθώς και η συχνότητα που αντιστοιχεί σε κάθε εύρος. Η συσκευή ρυθμίστηκε να καταγράφει σε κάθε δοκιμή της διαδρομή των 250μ, 1600 τιμές των επιταχύνσεων των δονήσεων m/s² και των συχνοτήτων με κλίμακα συχνοτήτων σε Hz από 0 – 100 Hz / 0,3125 Hz. Πραγματοποιήθηκαν 25 διαφορετικές δοκιμές και για κάθε δοκιμή έγιναν τρεις επαναλήψεις. Από τις παραπάνω μετρήσεις προσδιορίστηκε ο μέσος όρος και για κάθε κατεύθυνση των δονήσεων X,Y,Z ελήφθη η μέγιστη τιμή των μέσων όρων. Οι τιμές μεταφέρονται σε H/Y και με ειδικό πρόγραμμα δημιουργούνται τα διαγράμματα με συντεταγμένες το εύρος της επιτάχυνσης της δόνησης σε m/s² και τη συχνότητα

που εμφανίζεται σε κάθε τιμή της επιτάχυνσης σε Hz.

Οι αισθητήρες τοποθετήθηκαν στο ίδιο σημείο του καθίσματος, ώστε να υπάρχει καλλίτερη απεικόνιση και απόδοση των δονήσεων που καταπονούν το χειριστή.

Τα διεθνή πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το ISO 2631-1/1997, ISO 10326-2/2001, ISO 8041/2005 με τα οποία καθορίζουν τα επιτρεπόμενα όρια της Ημερήσιας Έκθεσης σε Δονήσεις ή A(8), που αντιστοιχούν σε επιτάχυνση δόνησης 0,5 m/s² και η Τιμή της Δόσης Δόνησης ή (VDV), η οποία είναι 9,1 m/s^{1,75}.

Οι οριακές τιμές για την ανάληψη δράσης για την Ημερήσια Έκθεση Δόνησης A(8), είναι 1,15 m/s² και η Τιμή της Δόσης Δόνησης (VDV), είναι 21 m/s^{1,75}.

Η έκθεση του χειριστή σε ολόσωμες δονήσεις μεγαλύτερες από τα παραπάνω επιτρεπόμενα όρια μπορεί να παρουσιάσουν κινδύνους για την υγεία και μείωση της δυνατότητας χειρισμών των ελκυστήρων (Pope et al., 1998, Troup, 1984, Wikström, 1993). Συνήθως αναφέρεται ότι προκαλούν ή επιδεινώνουν τον τραυματισμό στη μέση και την πλάτη.

Οι κίνδυνοι είναι μέγιστοι όταν οι επιταχύνσεις είναι υψηλές και μεγάλη η διάρκεια που εκτίθεται ο χειριστής. Σημαντικά συμβάλλει η συχνότητα στην οποία εμφανίζονται οι μέγιστες επιταχύνσεις, γιατί προκαλούν συντονισμούς με διάφορα όργανα του σώματος.

Οι μέγιστες τιμές των δονήσεων που αναλύονται αναφέρονται στους τρεις άξονες X,Y,Z, όπου: X: οι

δονήσεις που αναπτύσσονται στον οριζόντιο διαμήκη άξονα κατά τη διεύθυνση κίνησης του ελκυστήρα. Y: οι δονήσεις που αναπτύσσονται στον οριζόντιο εγκάρσιο άξονα κατά τη διεύθυνση κίνησης του ελκυστήρα και Z: οι δονήσεις που αναπτύσσονται στον κατακόρυφο άξονα κατά τη διεύθυνση κίνησης του ελκυστήρα.

3. ΔΟΚΙΜΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Από τις πειραματικές δοκιμές των δονήσεων που πραγματοποιήθηκαν και με βάση τις μέγιστες τιμές που ελήφθησαν στις τρεις διευθύνσεις X_{max}, Y_{max}, Z_{max}, προκύπτουν οι παρακάτω στατιστικές αναλύσεις:

3.1. Ανάλυση διακύμανσης για τη μεταβλητή στην οριζόντια διαμήκη διεύθυνση X_{max}

Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των επιδράσεων των πειραματικών συνθηκών, για τις μέγιστες τιμές των μέσων όρων, της μεταβλητής στην οριζόντια διαμήκη διεύθυνση X_{max}.

Η ανάλυση του γραμμικού υποδείγματος δίνει τη δυνατότητα ελέγχου της σημαντικότητας των κυρίων επιδράσεων και αλληλεπιδράσεων των πειραματικών συνθηκών στη μεταβλητή X_{max}.

Η προσαρμογή των δεδομένων στο αντίστοιχο γραμμικό υπόδειγμα είναι ικανοποιητική, λόγω της υψηλής τιμής του συντελεστή προσδιορισμού R² = 0,698.

Πίνακας 3.1. Πίνακας ANOVA για τη μεταβλητή X_{max}.

ΠΗΓΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ	ΑΤ	β.ε.	ΜΤ	F	P	η ²
ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ	0,075	2	0,038	8,190	< 0,001	0,339
ΕΡΓΑΛΕΙΑ	0,107	2	0,054	11,638	< 0,001	0,421
ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ x ΕΡΓΑΛΕΙΑ	0,027	3	0,009	1,934	0,144	0,154
Σφάλμα	0,147	32	0,005			
Ολική	0,487	47				

R²=0,698, R²_{ads}=0,557, για p ≤ 0,05 προκύπτει στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα

Από τον Πίνακα 3.1 διαπιστώνονται τα παρακάτω:

α) Ο παράγοντας “ελκυστήρες” έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβλητή X_{max}, (F(2,32) = 8,190, p<0,001, η²=0,339),

β) Ο παράγοντας “εργαλεία” έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβλητή X_{max}, (F(2,32) = 11,638, p<0,001, η²=0,421),

γ) Η αλληλεπίδραση 1^{ου} βαθμού των παραγόντων “ελκυστήρες x εργαλεία” δεν ήταν στατιστικά σημαντική στη μεταβλητή X_{max}, F(3,32) = 1,934, p=0,144, η²= 0,154),

Από τα παραπάνω (με βάση τις τιμές του συντελεστή η²) προκύπτει ότι τη μεγαλύτερη στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβλητή X_{max}, παρουσιάζει ο παράγοντας “εργαλεία” και ακολουθεί

ο παράγοντας “ελκυστήρες”. Αυτό πως συνδέεται με το κάθε ελκυστήρα ή εργαλείο;

3.2. Ανάλυση διακύμανσης για τη μεταβλητή στην οριζόντια εγκάρσια διεύθυνση Y_{max}

Στον πίνακα 3.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των επιδράσεων των πειραματικών συνθηκών, για τις μέγιστες τιμές των μέσων όρων, της μεταβλητής στην οριζόντια εγκάρσια διεύθυνση Y_{max}. Η προσαρμογή των δεδομένων στο αντίστοιχο γραμμικό υπόδειγμα είναι ικανοποιητική, λόγω της υψηλής τιμής του συντελεστή προσδιορισμού R² = 0,732.

Πίνακας 3.2. Πίνακας ANOVA για τη μεταβλητή Y_{max}

ΠΗΓΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ	ΑΤ	β.ε.	ΜΤ	F	p	η^2
ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ	0,167	2	0,084	14,096	< 0,001	0,468
ΕΡΓΑΛΕΙΑ	0,082	2	0,041	6,892	0,003	0,301
ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ x ΕΡΓΑΛΕΙΑ	0,079	3	0,026	4,421	0,010	0,293
Σφάλμα	0,190	32	0,006			
Ολική	0,708	47				

$R^2=0,732$, $R^2_{ads}=0,606$, για $p \leq 0,05$ προκύπτει στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα.

Από τον Πίνακα 3.2 διαπιστώνονται τα παρακάτω:

- α) Ο παράγοντας “ελκυστήρες” έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβλητή Y_{max} , ($F(2,32) = 14,096$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,468$),
- β) Ο παράγοντας “εργαλεία” έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβλητή Y_{max} , ($F(2,32) = 6,892$, $p = 0,003$, $\eta^2 = 0,301$),
- γ) Η αλληλεπίδραση 1^{ου} βαθμού των παραγόντων “ελκυστήρες x εργαλεία” ήταν στατιστικά σημαντική στη μεταβλητή Y_{max} , $F(3,32) = 4,421$, $p = 0,010$, $\eta^2 = 0,293$),
- Από τα παραπάνω (με βάση τις τιμές του συντελεστή η^2) φαίνεται ότι τη μεγαλύτερη στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβλητή Y_{max} , παρουσιάζει ο

παράγοντας “ελκυστήρες” και ακολουθεί ο παράγοντας “εργαλεία”.

3.3. Ανάλυση διακύμανσης για τη μεταβλητή στην κατακόρυφη διεύθυνση Z_{max} .

Στον πίνακα 3.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των επιδράσεων των πειραματικών συνθηκών, για τις μέγιστες τιμές των μέσων όρων, της μεταβλητής στην κατακόρυφη διεύθυνση Z_{max} .

Η προσαρμογή των δεδομένων στο αντίστοιχο γραμμικό υπόδειγμα είναι ικανοποιητική, λόγω της υψηλής τιμής του συντελεστή προσδιορισμού $R^2 = 0,825$.

Πίνακας 3.3. Πίνακας ANOVA για τη μεταβλητή Z_{max} .

ΠΗΓΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑΣ	ΑΤ	β.ε.	ΜΤ	F	p	η^2
ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ	0,077	2	0,039	3,297	0,050	0,171
ΕΡΓΑΛΕΙΑ	1,039	2	0,519	44,383	< 0,001	0,735
ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ x ΕΡΓΑΛΕΙΑ	0,096	3	0,032	2,741	0,059	0,204
Σφάλμα	0,375	32	0,012			
Ολική	2,142	47				

$R^2 = 0,825$, $R^2_{ads} = 0,743$, για $p \leq 0,05$ προκύπτει στατιστικά σημαντικό αποτέλεσμα

Από τον Πίνακα 3.3 διαπιστώνονται τα παρακάτω:

- α) Ο παράγοντας “ελκυστήρες” έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβλητή Z_{max} $f(X_{max})$, ($F(2,32) = 3,297$, $p = 0,050$, $\eta^2 = 0,171$),
- β) Ο παράγοντας “εργαλεία” έχει στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβλητή Z_{max} $f(X_{max})$, ($F(2,32) = 44,383$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,735$),
- γ) Η αλληλεπίδραση 1^{ου} βαθμού των παραγόντων “ελκυστήρες x εργαλεία” δεν ήταν στατιστικά σημαντική στη μεταβλητή Z_{max} $f(X_{max})$, $F(3,32) = 2,741$, $p = 0,059$, $\eta^2 = 0,204$),

Από τα παραπάνω (με βάση τις τιμές του συντελεστή η^2) φαίνεται ότι τη μεγαλύτερη στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβλητή Z_{max} $f(X_{max})$, παρουσιάζει ο παράγοντας “εργαλεία” και ακολουθεί ο παράγοντας “ελκυστήρες”.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τον Πίνακα 3.1 προκύπτει ότι τη μεγαλύτερη στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβλητή X_{max} , με βάση τις τιμές του συντελεστή η^2 παρουσιάζει ο παράγοντας “εργαλεία” και ακολουθεί ο παράγοντας “ελκυστήρες”.

Από τον Πίνακα 3.2 προκύπτει ότι τη μεγαλύτερη στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβλητή Y_{max} , με βάση τις τιμές του συντελεστή η^2 παρουσιάζει ο παράγοντας “ελκυστήρες” και ακολουθεί ο παράγοντας “εργαλεία”.

Από τον Πίνακα 3.3 προκύπτει ότι τη μεγαλύτερη στατιστικά σημαντική επίδραση στη μεταβλητή Z_{max} , παρουσιάζει ο παράγοντας “εργαλεία” και ακολουθεί ο παράγοντας “ελκυστήρες”.

5. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

1. Για την προετοιμασία της σποροκλίνης θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ελκυστήρες οι οποίοι να διαθέτουν σύστημα ανάρτησης του θαλάμου και του καθίσματος του χειριστή με δυνατότητα ρύθμισης του εύρους της δόνησης.

2. Η θέση του χειριστή θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα περιορισμένης περιστροφικής κίνησης εργονομικά σχεδιασμένη ώστε να υπάρχει άμεσος έλεγχος για όλους τους χειρισμούς των μηχανημάτων με όσο το δυνατό λιγότερες κινήσεις του σώματος και του λαιμού ώστε να επιτυγχάνεται μικρότερη κόπωση.

3. Ο παράγοντας “εργαλεία” παρουσιάζει τον πρώτο σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των δονήσεων στις κατευθύνσεις των μεταβλητών X_{max} , Z_{max} , στο θάλαμο χειρισμού των ελκυστήρων και ακολουθεί ο παράγοντας “ελκυστήρες”.
4. Θα πρέπει να υπάρχει η κατάλληλη εκλογή του κάθε γεωργικού εργαλείου η οποία θα πρέπει να συνδυαστεί με το συγκεκριμένο ελκυστήρα ώστε να υπάρχει δυνατότητα του «ιδανικού» συνδυασμού ώστε να μη δημιουργούνται πλάγιες δυνάμεις κατά τη διάρκεια εργασίας.
5. Θα πρέπει να αποφεύγονται οι πλάγιες αλλά και οι κατακόρυφες αναπτυσσόμενες δυνάμεις οι οποίες προέρχονται από τη μη «ιδανική» ζεύξη γεωργικού εργαλείου και γεωργικού ελκυστήρα ή από την κατασκευαστική δομή του μηχανήματος.
6. Ο παράγοντας “ελκυστήρες” παρουσιάζει τον πρώτο σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των δονήσεων στην κατεύθυνση της μεταβλητής Y_{max} , στο θάλαμο χειρισμού των ελκυστήρων και ακολουθεί ο παράγοντας “εργαλεία”.
7. Θα πρέπει σε όλους τους σύγχρονους ελκυστήρες να υπάρχουν συστήματα απόσβεσης των κραδασμών ώστε να αποφεύγονται ή ακόμη και να μειώνονται οι δονήσεις στο κάθισμα του χειριστή για να μη μεταφέρονται στο σώμα του.
8. Οι κατασκευαστές των γεωργικών εργαλείων κυρίως αναρτώμενων θα πρέπει να προβλέπουν στην κατασκευαστική τους δομή στοιχεία τα οποία να έχουν τη δυνατότητα απόσβεσης των δονήσεων ώστε να μη μεταφέρονται στο κάθισμα του χειριστή και επιβαρύνουν την κόπωση των χειριστών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Γιαλαμάς, Θ., Γράβαλος, Ι., Κατέρης, Δ., Ξυραδάκης, Π., Τσατσαρέλης, Κ., Γέμος, Θ., (2007). Πειραματικός προσδιορισμός των δονήσεων στο θάλαμο χειρισμού των γεωργικών ελκυστήρων. Πρακτικά 5ου Πανελληνίου συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος, Λάρισα: 79-86.
- Γιαλαμάς, Θ., Γράβαλος, Ι., Κατέρης, Δ., Ξυραδάκης, Π., Τσιρόπουλος, Ζ., Τσατσαρέλης, Κ., Μόσχου, Δ., Γέμος, Θ., (2009a). Δονήσεις στο κάθισμα του χειριστή κατά τη διάρκεια άρσης με διαφορετικούς ελκυστήρες. Πρακτικά 6ου Πανελληνίου συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος, 8-10 Οκτωβρίου, Θεσσαλονίκη.
- Γιαλαμάς, Θ., Κατέρης, Δ., Γράβαλος, Ι., Ξυραδάκης, Π., Τσιρόπουλος, Ζ., Δημητριάδης, Ζ., Τσατσαρέλης, Κ., Γέμος, Θ., (2009b). Δονήσεις στο κάθισμα του χειριστή σε κατεργασία εδάφους με δισκοσβάρνα. Πρακτικά 6ου Πανελληνίου συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος, 8-10 Οκτωβρίου, Θεσσαλονίκη.
- ISO 2631-1 (1997). Mechanical variation and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part I: general requirements, International Organization for Standardization, Geneva.

- ISO 10326-2 (2001). Mechanical vibration -- Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration -- Part 2: Application to railway vehicles, International Organization for Standardization, Geneva.
- ISO 8041 (2005). Human response to vibration -- Measuring instrumentation, International Organization for Standardization, Geneva.
- Marsili, A., Ragni, L., Santoro, G., Servadio, P., Vassalini, G., (2002). Innovative Systems to reduce Vibrations on Agricultural Tractors. Comparative Analysis of acceleration transmitted through the driving Seat. Bios. Eng., Silsoe Research Institute, 81 (1): 35- 47.
- Pope, M.H., Magnusson, M.; Wilder, D. (1998). Low Back Pain and Whole Body Vibration, Clinical Orthopaedics & Related Research, 354, 241-248.
- Troup, J.D.G. (1984). Causes, prediction and prevention of back pain at work, Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, Vol. 10, No. 6, Proceedings of the International symposium of research on work-related diseases: Espoo, Finland, 4—8 June 1984 (December 1984), 419-428.
- Wikström, Bengt-O. (1993). Effects from twisted postures and whole-body vibration during driving, International Journal of Industrial Ergonomics, 12 (1–2): 61–75.

ΣΥΜΒΟΛΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ

Δ. Β. Αναγνωστόπουλος¹, Σπ. Φουντάς¹, Χρ. Καβαλάρης¹, Θ.Α. Γέμτος¹

Παν. Θεσσαλίας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Οδός Φυτόκου, 38446 Ν. Ιωνία. Email: dvanagnosto@yahoo.gr

Η μη ορθολογική διαχείριση του γεωργικού εξοπλισμού διαμορφώνει υψηλό κόστος λειτουργίας και κατ' επέκταση συμβάλει στο κόστος παραγωγής. Στην παρούσα εργασία αναλύονται οι σταθερές και οι μεταβλητές δαπάνες του γεωργικού ελκυστήρα αλλά δίνεται έμφαση στο κόστος συντήρησης και επισκευών (Σ&Ε). Τα αποτελέσματα προέκυψαν από τριετή έρευνα πεδίου με χρήση ερωτηματολογίου που πραγματοποιήθηκε στον Ελλαδικό χώρο. Από το σύνολο των 448 εκμεταλλεύσεων προέκυψε στόλος 509 γεωργικών ελκυστήρων με συγκεκριμένο κόστος Σ&Ε, καθορισμένες ετήσιες ώρες λειτουργίας και έτη χρήσης και συγκεκριμένη ισχύς προς μελέτη. Ο στόλος παρουσίασε ωριαίο κόστος Σ&Ε 3,05 €. Επίσης, προέκυψε ωριαίο κόστος λειτουργίας από 29,83 ως 45,12 € ανάλογα με το φορτίο λειτουργίας. Το σύνολο των μεταβλητών δαπανών αποτελεί το 82-88% του συνολικού κόστους ενώ οι σταθερές το 12-18%. Αντίστοιχα το κόστος Σ&Ε αποτελεί το 7-10% του συνολικού κόστους ενώ ενδιαφέρον παρουσιάζει η συμβολή του κόστους καυσίμων και λιπαντικών (55-71%). Οι γεωργικοί ελκυστήρες παρουσιάζουν δύο δεκαπενταετίες λειτουργίας. Στην πρώτη χαρακτηρίζονται από εντατική χρήση και έτσι το ωριαίο κόστος Σ&Ε διαρκώς αυξάνεται και στην δεύτερη όπου μειώνεται η ετήσια χρήση έχοντας ανάλογη μείωση του ωριαίου ή του ετήσιου κόστους Σ&Ε. Το ωριαίο κόστος Σ&Ε παρουσιαζόταν ιδιαίτερα υψηλό σε περιορισμένες ώρες λειτουργίας του γεωργικού ελκυστήρα ενώ αυξανόταν στατιστικά σημαντικά με την αύξηση της ισχύος. Τέλος, το ετήσιο κόστος Σ&Ε αυξάνει εκθετικά με τις συνολικές ώρες λειτουργίας του ελκυστήρα. Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι διαμορφώνεται υψηλό κόστος Σ&Ε λόγω της χαμηλής ετήσιας χρήσης, της παλαιότητας του στόλου αλλά και προφανώς μη συνεπούς προγράμματος συντήρησης.

Λέξεις-κλειδιά: Κόστος, συντήρηση, επισκευές, γεωργικός ελκυστήρας, διαχείριση γεωργικού εξοπλισμού

THE EFFECTS OF REPAIR AND MAINTENANCE COST ON THE TOTAL FUNCTION COST OF USE OF A TRACTOR

D.V. Anagnostopoulos¹, Sp. Fountas¹, Kavalaris Ch., T.A. Gemtos¹

¹University of Thessaly, Department of Crop Production and Rural Environment, Fytoko street, 38446 N. Ionia. Email: dvanagnosto@yahoo.gr

The incorrect usage of farming machinery results in high function cost and –consequently- high production cost. In this research both steady and variable expenses of the tractor are analyzed while emphasis is given on the mending and maintenance cost. The results have been produced throughout a three-year field research, using questionnaires, in Greece. Out of the 448 fields in total, a workforce of 509 tractors with specified maintenance and mending cost, working hours and power was emerged. It was found that the average maintenance and mending cost per hour for the 509 tractors is 3,05 €. In addition, it emerged that the function cost per hour is 29,83-45,12 €. The variable expenses account for the 82-88% of the total cost while the steady expenses represent 12-18%. Proportionally, the total cost for maintenance and mending accounts for 7-10% of the total cost. An interesting figure found is the fuel and lubricant cost (55-71%). The tractor includes two 15-year old functions: during the first one, extended usage is observed and that results in a gradually increasing mending and maintenance cost. During the second period of usage, the annual usage is reduced and as a result the maintenance and mending cost are reduced as well. Besides, it was found that the maintenance cost per hour was reduced alongside with the increase of the annual usage whereas it was increased with the tractor power. Moreover, the annual cost of maintenance and mending is increased in proportion with the total hours of tractor usage. To sum up, we could indicate that a high cost of maintenance is produced because of the few hours of usage, the oldness of the workforce and –of course- because of inconsistent maintenance schedule.

Keywords: cost, maintenance, mending, tractor, farming machinery management

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην Ελλάδα η ηλικία των γεωργικών ελκυστήρων σύμφωνα με τους Βεντούρης και Τσακανίκας (2011) είναι περίπου 22 έτη. Οι ώρες λειτουργίες κρίνονται χαμηλές καθώς σύμφωνα με τους Τσατσαρέλη (2006) και Γέμτο κ.α. (1998) είναι περίπου 420 και 356 (χωρίς άρδευση) αντίστοιχα ενώ η ιδανική ετήσια χρήση για ελκυστήρα με κίνηση τους τέσσερις τροχούς είναι 1066 ώρες. Οι

Βεντούρης και Τσακανίκας (2011) παρουσιάζουν μέση ισχύ στόλου 77 hp. Το ετήσιο κόστος Σ&Ε που διαμορφώνεται σύμφωνα με έρευνα πεδίου που έχει γίνει είναι 1430 € (Αναγνωστόπουλος κ.α., 2011). Οι Bukhari et al. (1988) αναφέρουν ότι το κόστος επισκευών ενδέχεται να πέσει ως και 25% με σωστή και έγκυρη συντήρηση του γεωργικού ελκυστήρα. Στο σημείο αυτό για παράδειγμα να αναφερθεί ότι οι Γέμτος κ.α. (2001) προτείνουν αλλαγή λαδιών

μηχανής κάθε 100 ώρες. Οι Fairbanks et al. (1971) αναφέρουν ότι περίπου το 8% του συνολικού κόστους του ελκυστήρα προέρχεται από τις επισκευές. Πλήθος αναφορών έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι το κόστος Σ&Ε αυξάνεται με την ηλικία του ελκυστήρα ή με την αύξηση των συνολικών ωρών λειτουργίας του και κυρίως με υπερβολική συνάρτηση (Khobakhshian and Shakeri, 2011, Rotz, 1987, Ward et al., 1985, Bowers and Hunt, 1970). Μάλιστα ο Morris (1988) αναφέρει ότι σε 10.000 ώρες το κόστος Σ&Ε ενδέχεται να φτάσει ως και το 80% της αξίας του ελκυστήρα ενώ η ASABE (1988) αναφέρει ότι είναι στο 120% της αρχικής αξίας σε ελκυστήρες με κίνηση σε δύο κινητήριους τροχούς και 100% της αρχικής αξίας για ελκυστήρες με τέσσερις κινητήριους τροχούς για 10.000 ώρες λειτουργίας. Ωστόσο, σε νεότερες εκδόσεις η ASABE αναφέρει ότι στις 16000 ώρες λειτουργίας ο ελκυστήρας με διπλό διαφορικό το κόστος φτάνει στο 80% της αρχικής αξίας του ενώ οι υπόλοιποι γεωργικοί ελκυστήρες στις 12.000 ώρες παρουσιάζουν κόστος ίσο με το 100%. Παρόμοια ο Culpin (1975) αναφέρει ότι ανά 1500 ώρες λειτουργίας του ελκυστήρα παρατηρείται αύξηση 10-15%. Οι Niari et al. (2012) και οι Rasidi and Ranjbar (2011) επιβεβαιώνουν την υπερβολική σχέση ωρών λειτουργίας και κόστους Σ&Ε ως τις 2275-2760 ώρες λειτουργίας του γεωργικού ελκυστήρα ενώ έπειτα αναφέρουν ότι το συγκεκριμένο κόστος εκφράζεται καλύτερα με πολυωνυμική συνάρτηση. Οι AL-Suhaibani and Wahdy (1999) προσθέτουν ότι το κόστος αυξάνεται με την αύξηση της ισχύος. Στην περίπτωση του Hunt (1995) παρατηρήθηκε ότι το ωριαίο κόστος Σ&Ε αυξάνει ως τις 2000 ώρες λειτουργίας, ακολουθεί το πρώτο ολοκληρωμένο σέρβις του μηχανήματος και έπειτα παρατηρείται αυξημένο κόστος ως τις 5000 ώρες ενώ εν τέλει ακολουθεί μείωση τους κόστους Σ&Ε λόγω πιθανών σταδιακής μειωμένης χρήσης. Ακόμα οι Khobakhshian and Shakeri (2011) και Olt and Traat (2011) παρατήρησαν ότι το κόστος Σ&Ε διαφέρει από τον κατασκευαστή, την χρήση του μηχανήματος ενώ εξαρτάται σύμφωνα με αναφορές των Singh et al. (2000) και Ahmed et al. (1999) και από την εμπειρία του χειριστή. Σε πρόσφατη έρευνα των Punman et al. (2012) τονίζεται ότι ο τρόπος εκτέλεσης Σ&Ε και από ποιόν παρέχεται είναι καθοριστικοί παράγοντες για την διαμόρφωση του κόστους. Σε αρκετά μοντέλα εκτίμησης του κόστους Σ&Ε παρατηρούνται διαφορές οι οποίες οφείλονται αποκλειστικά στην περιοχή μελέτης και έτσι θεωρείται αναγκαιότητα η κάθε χώρα ή περιοχή να αναπτύξει τα δικά της μοντέλα συσχέτισης κόστους Σ&Ε με τις ώρες ή τα έτη λειτουργίας (Eraghi et al., 2006 και Ahmed et al, 1999).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στην παρούσα εργασία αναλύονται οι σταθερές και οι μεταβλητές δαπάνες του γεωργικού ελκυστήρα αλλά δίνεται έμφαση στο κόστος Σ&Ε. Τα αποτελέσματα προέκυψαν από τριετή έρευνα πεδίου

με χρήση ερωτηματολογίου που πραγματοποιήθηκε στο Ελλαδικό χώρο. Για το σκοπό αυτό συντάχθηκαν ερωτηματολόγια 38 ερωτήσεων και με την διαδικασία της προσωπικής συνέντευξης ρωτήθηκαν 448 παραγωγοί. Συγκεκριμένα ερωτήσεις που αφορούσαν την δομή του γεωργικού εξοπλισμού όπως η ηλικία και η ισχύς του στόλου και ερωτήσεις που σχετίζονται με την διαχείριση του γεωργικού εξοπλισμού όπως οι ώρες λειτουργίας του, το κόστος Σ&Ε καθώς και ο τρόπος εκτέλεσης Σ&Ε. Έτσι από το σύνολο των 448 εκμεταλλεύσεων προέκυψε ένας στόλος 509 γεωργικών ελκυστήρων. Η μελέτη κόστους λειτουργίας διακρίθηκε στον υπολογισμό των σταθερών και των μεταβλητών δαπανών. Για τις σταθερές δαπάνες υπολογίστηκε η σταθερή απόσβεση του μηχανήματος, η επίδραση του τόκου κεφαλαίου και η συμβολή του κόστους στέγασης. Από την άλλη για τον καθορισμό των μεταβλητών δαπανών περιελάβαμε το κόστος Σ&Ε, το κόστος κατανάλωσης καυσίμων και λιπαντικών, το κόστος αμοιβής του χειριστή (4,5 €/h) και η συμβολή του τόκου κυκλοφορούντος κεφαλαίου. Ο καθορισμός του κόστους Σ&Ε προέκυψε από τα στοιχεία της έρευνας. Ο υπολογισμός της κατανάλωσης καυσίμου έγινε με βάση τον τύπο της ASABE(2009):

$$Q = (2,64 \times X + 3,91 - 0,203\sqrt{738 \times X + 173}) \times X \times 0,885 \times P_{κιν}$$

Όπου X είναι το φορτίο λειτουργίας του γεωργικού ελκυστήρα και δοκιμάσαμε 25%, 50% και 85% και $P_{κιν}$ είναι η ισχύς του μηχανήματος. Το κόστος λιπαντικών υπολογίστηκε ως το 10% του κόστους κατανάλωσης καυσίμων σύμφωνα με προσέγγιση του Τσατσάραλη (2006). Η ανάλυση και η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το πρόγραμμα SPSS 15 for Windows και Excel 2007, Microsoft office.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Ο στόλος παρουσιάζει μέση ηλικία τα 20,5 έτη, αριθμός που προσεγγίζει τις προηγούμενες αναφορές. Η μέση ισχύς του γεωργικού ελκυστήρα που παρουσιάζεται είναι περίπου 84 hp και είναι παρόμοια με την έκθεση των Βεντούρη και Τσακανίκα (2011). Οι γεωργικοί ελκυστήρες αποδεικνύεται για άλλη μια φορά ότι παρουσιάζουν μικρό βαθμό αξιοποίησης καθώς οι ετήσιες ώρες λειτουργίας είναι 508 ενώ δεν διαφέρει με προηγούμενες εκτιμήσεις. Το κόστος Σ&Ε είναι ακόμα υψηλότερο σε σχέση με παλιότερες έρευνες πεδίου και υπολογίζεται στα 1511 €. Ένας λόγος που διαμορφώνεται υψηλό κόστος λειτουργίας πέρα από τον γερασμένο στόλο ενδέχεται να είναι ο τρόπος συντήρησης και επισκευών σύμφωνα με τους Punman et al. (2012) καθώς διαπιστώσαμε ότι το 33% των παραγωγών επεμβαίνει από μόνο του στον τρόπο επιδιόρθωσης και συντήρησης. Ακόμα, η έγκαιρη συντήρηση επιφέρει και πρόληψη για τις επισκευές αλλά στην παρούσα εργασία αποδεικνύεται ότι η αλλαγή λαδιού στους

γεωργικούς ελκυστήρες γίνεται κάθε 170 ώρες ενώ οι Γέμτος κ.α. (2001) προτείνουν κάθε 100.

3.2 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Αρχικά ένας γεωργικός ελκυστήρας 85 ηρ κοστίζει κατά προσέγγιση 45.000 € αριθμός κρίσιμος για τον καθορισμό της απόσβεσης, την συμβολή του κόστους τόκου κεφαλαίου αλλά και της στέγασης. Γενικά οι σταθερές δαπάνες παρουσιάζουν κόστος ίσο με το 12-18% του συνολικού κόστους και οι μεταβλητές δαπάνες το υπόλοιπο 82-88%. Αναλυτικά στο Πίνακα 1 καθορίζονται οι δαπάνες χρήσης του γεωργικού ελκυστήρα.

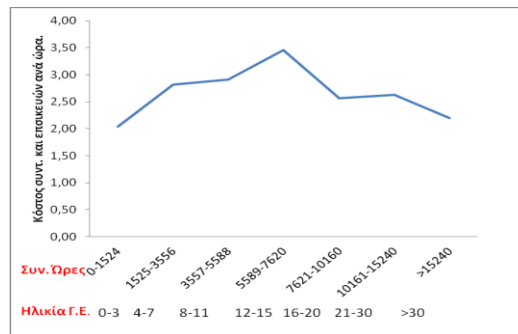
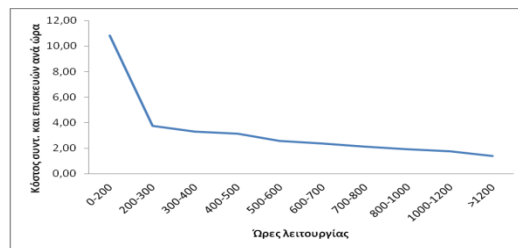
Πίνακας 1: Διαμόρφωση του κόστους λειτουργίας του γεωργικού ελκυστήρα για 508 ώρες ετήσια χρήση.

ΚΟΣΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	€/ΩΡΑ
Απόσβεση	2,49
Τόκος κεφαλαίου	2,04
Στέγαση-Ασφάλεια	0,89
Συντήρηση και επισκευές	3,05
Καύσιμα-λιπαντικά	
25% φορτίο	16,76
50% φορτίο	23,11
85% φορτίο	32,05
Αμοιβή χειριστή	4,61
Σύνολο	29,83-45,12

Γενικά παρατηρούμε ότι διαμορφώνεται ένα υψηλό ωριαίο κόστος λειτουργίας που αν το ανάγουμε σε ετήσιο διαμορφώνεται στα 15.154-22.921 € ενώ γνωρίζοντας μέσα από στοιχεία της έρευνας ότι η μέση στρεμματική έκταση είναι 179 στρέμματα τότε διαμορφώνεται στα 85-128 € ανά στρέμμα. Ιδιαίτερη συμβολή στην κατάσταση αυτή έχει το κόστος καυσίμων και λιπαντικών που είναι στο 55-71% (ανάλογα το φορτίο εργασίας) σε σχέση με το 13% συμβολής του που παρουσιάζουν οι Fairbanks et al. (1971) σε παλαιότερη αναφορά. Από την άλλη το κόστος Σ&Ε είναι στο 7-10% περίπου στο ίδιο επίπεδο με τους Fairbanks et al. (1971). Οι παράμετροι και οι τιμές μεταβάλλονται καθώς διαμορφώνεται διαφορετικό κόστος μεταβλητών δαπανών ανάλογα με το φορτίο εργασίας καθώς έτσι επηρεάζεται άμεσα το κόστος καυσίμων και λιπαντικών.

3.3 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΩΡΕΣ ΚΑΙ ΤΑ ΕΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Αρχικά, έγινε προσπάθεια συσχέτισης του ωριαίου κόστους Σ&Ε με τις ετήσιες ώρες λειτουργίας του γεωργικού ελκυστήρα. Σε αυτή την περίπτωση παρατηρούμε ότι ως τις 200 ώρες λειτουργίας ο γεωργικός ελκυστήρας παρουσιάζει ένα ιδιαίτερα υψηλό ωριαίο κόστος Σ&Ε που στην συνέχεια πέφτει κατακόρυφα και μειώνεται με αργό ρυθμό ως τις 1400 ώρες και άνω (Σχήμα 1).

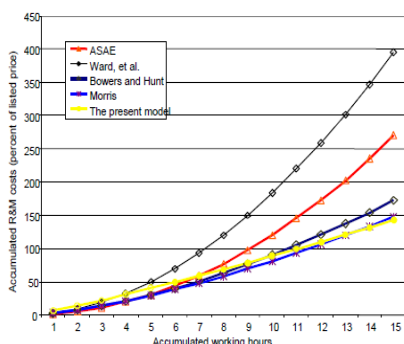
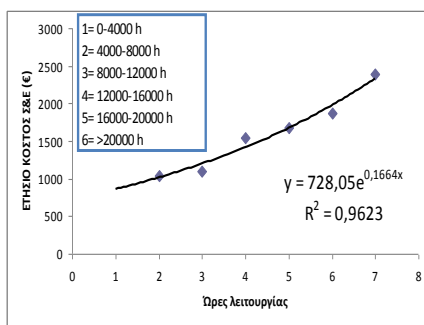


Σχήμα 1: Διαμόρφωση ωριαίου κόστους Σ&Ε με τις ετήσιες ώρες λειτουργίας (επάνω) και σχέση ωριαίου κόστους Σ&Ε με τις αθροιστικές και τα έτη λειτουργίας του Γ.Ε. (κάτω).

Μάλιστα και σε στατιστικό έλεγχο Post-Hoc (LSD) στατιστικά σημαντικές αποκλίσεις προέκυψαν μόνο μεταξύ του εύρους 0-200 ώρες και των υπόλοιπων. Ωστόσο, γνωρίζοντας ότι η μέση χρήση είναι 508 ώρες τότε διαμορφώνεται ωριαίο κόστος στα 2,59 € που απέχει περίπου 1,8 € ανά ώρα από ένα ελκυστήρα που έχει ιδανικές ετήσιες ώρες λειτουργίας, διαφορά μη αμελητέα. Ακόμα, έγινε προσπάθεια να συσχετιστεί το ωριαίο κόστος Σ&Ε με τα έτη χρήσης του ελκυστήρα και τις συνολικές ώρες λειτουργίας (Σχήμα 1). Στην περίπτωση αυτή το ωριαίο κόστος Σ&Ε αυξάνει σταθερά ως τα 15 έτη λόγω εντατικής χρήσης του ελκυστήρα και έπειτα ακολουθεί πτώση του κόστους. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται πιθανώς στην διαρκώς μειωμένη χρήση του μηχανήματος από την εκμετάλλευση λόγω υψηλού κόστους λειτουργίας και την χρήση νεότερου και παρομοιάζεται με την έρευνα του Hunt (1995). Σε Post-hoc έλεγχο (LSD) στατιστικά σημαντικές διαφορές προέκυψαν μεταξύ των ετών λειτουργίας 12-15 όπου παρουσιάζεται πολύ μεγάλο κόστος σε σχέση με την αρχική λειτουργία του ελκυστήρα στα 0-3 έτη και στα 16-30 ετών (λόγω λιγότερων ετήσιων ωρών άρα και συρρικνωμένο κόστος).

Μια ενδιαφέρουσα συσχέτιση που πραγματοποιήθηκε ήταν η σχέση μεταξύ του συνολικού ετήσιου κόστους Σ&Ε με τις αθροιστικές ώρες λειτουργίας του ελκυστήρα. Στην περίπτωση αυτή παρατηρήθηκε ότι το ετήσιο κόστος Σ&Ε αύξανε ανάλογα με τις ώρες χρήσης. Μάλιστα παρατηρήθηκε ότι η εκθετική συνάρτηση αποτύπωνε την καλύτερη συσχέτιση με συντελεστή $R^2=0,96$ σε αντίθεση με τις περισσότερες έρευνες που ικανοποιούνται με υπερβολική (Σχήμα 2). Η αποτύπωση της εξίσωσης ωστόσο ικανοποιεί εύρη ωρών λειτουργίας και όχι συγκεκριμένες τιμές ενώ συγκρίνοντας την παρούσα με τις προηγούμενες

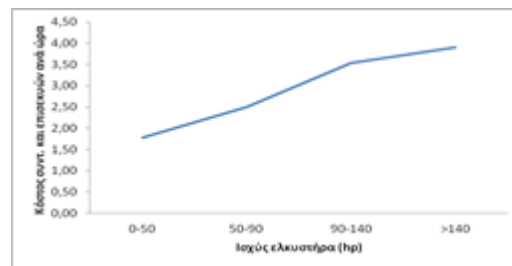
μελέτες είναι ότι η συγκεκριμένη δεν λαμβάνει κόστος μηδενικό κατά τα πρώτα έτη χρήσης καθώς και ότι οι προηγούμενες μελέτες παρουσίαζαν συσχέτιση με την αρχική αξία του ελκυστήρα. Ακόμα παρουσιάζει στοιχείο μελέτης του στόλου Ελληνικών εκμεταλλεύσεων με καθορισμένες ώρες λειτουργίας και έτη χρήσης. Τέλος, οφείλουμε να προσθέσουμε ότι ο αριθμός του στόλου εξέτασης (509 γ.ε.) ήταν αρκετά μεγάλος και σπάνια συναντάμε τέτοιο αριθμό σε προηγούμενες αναφορές εξέτασης κόστους και συντήρησης και έτσι η συμβολή της παραλλακτικότητας του δείγματος στην περίπτωση αυτή είναι μεγαλύτερη.



Σχήμα 2: Διαμόρφωση ετήσιου κόστους λειτουργίας σε σχέση με τις συνολικές ώρες λειτουργίας του γεωργικού ελκυστήρα, εκτίμηση συνάρτησης και σύγκριση με προηγούμενες έρευνες

3.4 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΙΣΧΥ ΤΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ.

Στην περίπτωση αυτή έγινε καθορισμένος διαχωρισμός σε εύρη ιπποδύναμης για την μελέτη της σχέσης της ισχύος με το κόστος Σ&Ε. Το κόστος Σ&Ε αυξάνεται απότομα από την αύξηση της ισχύος εκτός από την μετάβαση ελκυστήρων 90-140 hp στην κατηγορία >140 hp (Σχήμα 3). Άλλωστε το μέγεθος του ελκυστήρα είναι από τους κύριους παράγοντες καθορισμού του κόστους Σ&Ε σύμφωνα με σύνολο αναφορών. Σε Post-hoc (LSD) έλεγχο όλα τα εύρη ισχύος του ελκυστήρα διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους εκτός από το προτελευταίο με το τελευταίο.



Σχήμα 3: Διαμόρφωση ωριαίου κόστους Σ&Ε σε σχέση με την ισχύ.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα μελέτη επιβεβαιώνεται η ύπαρξη ενός γερασμένου στόλου γεωργικών ελκυστήρων που σε συνδυασμό με τις μη ορθολογικές πρακτικές διαχείρισης του διαμορφώνεται υψηλό κόστος λειτουργίας (130 €/ στρ.). Η επιλογή του ελκυστήρα συμβάλει μεν στην διαμόρφωση του συνολικού κόστους μέσω των σταθερών δαπανών αλλά κυρίως μέσω της κατανάλωσης καυσίμου καθώς όσο μεγαλύτερη η ισχύς ενός γεωργικού ελκυστήρα τόσο μεγαλύτερη και η κατανάλωση καυσίμου. Ωστόσο στην διαμόρφωση του υψηλού κόστους καυσίμων κατά κύριο λόγο συμβάλει η υψηλή τιμή του πετρελαίου κίνησης. Άρα προφανώς είναι απαραίτητο να δοθούν οικονομικότερες λύσεις για την ενεργειακή κάλυψη των εργασιών.

Όσον αφορά το κόστος Σ&Ε κατέχει ένα σταθερό ποσοστό με την πάροδο των χρόνων στο συνολικό κόστος λειτουργίας του ελκυστήρα το οποίο ωστόσο δεν είναι αμελητέο. Πρακτικές λανθασμένης διαχείρισης όπως ο τρόπος επισκευών αλλά και η καθυστερημένη συντήρηση είναι κάποιοι από τους λόγους. Ακόμα, οι μειωμένες ώρες λειτουργίας του στόλου σε συνδυασμό με την γερασμένη ηλικία του δημιουργούν όλο και μεγαλύτερο ωριαίο κόστος λειτουργίας του ελκυστήρα. Παρόλα αυτά η λύση περιορισμού του κόστους από την πλευρά των παραγωγών όπως παρατηρούμε είναι να μειώνονται οι ώρες λειτουργίας του παλιού ελκυστήρα μετά από 15 έτη χρήσης και να δραστηριοποιείται πιο εντατικά ο νεότερος ελκυστήρας. Ωστόσο, αυτή ίσως είναι η λύση με την μικρότερη δυνατή αποδοτικότητα του μηχανήματος καθώς το ωριαίο κόστος Σ&Ε είναι δυνατόν να μειωθεί αποτελεσματικά με την μεγαλύτερη αξιοποίηση των γεωργικών ελκυστήρων σε ώρες λειτουργίας. Ακόμα παρατηρήσαμε ότι με την αύξηση της ισχύος αυξάνει στατιστικά σημαντικά και το κόστος Σ&Ε. Τέλος, το ετήσιο κόστος Σ&Ε για το δείγμα των ελληνικών συνθηκών που εξετάστηκε παρουσιάζει κυρίως εκθετική μορφή αύξησης σε σχέση με τις ώρες λειτουργίας του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ahmed, M.H., A.A. Ahmed, A.B Saeed, and I. Haffar. 1999. Tractor repair and maintenance in India, *AMA*, 30(2):15- 18.
Al-Suhaibani, S.A. and M. F. Wahby. 1999. Tractor Repair and Maintenance in Saudi Arabia. *Applied Engineering in Agriculture*, 15(6): 591-596

- Bowers, W. and D.R. Hunt, 1970. Application of mathematical formulas to repair cost data. *Transactions of the ASAE*, 13(6): 806-809
- Bukhari, S. B., J. M. Baloch, and S. H. Naqwi. 1988. Cost of operating tractor on Quetta Farms, Pakistan. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 19(1): 14-20.
- Eraghi, A.R., I. Ranjbar and M. Toorchi, 2006. Optimum mathematical model for predicting R&M costs of operation tractors in Mazandaran Dasht-e-Naz Farm Company. *J. Agri. Sci.*, 15: 101-112.
- Fairbanks, G., G.H. Larson and D. Chung. 1971. Cost of Using Farm Machinery. *Transactions of the ASAE* 14(1):98-101
- Khodabarshian, R. and M. Shakari. 2011. Prediction of repair and maintenance costs of farm tractors by using of preventive maintenance. *International Journal of Agriculture Sciences*, 3(1): 39-44
- Morris, J. (1988). Estimation of tractor repair and maintenance costs. *Journal of Agricultural Engineering Research.*, 41: 191-200.
- Niari, S.M., I. Ranjbar and M. Rashid. 2012. Prediction of Repair and Maintenance Costs of John Deere 4955 Tractors in Ardabil Province, Iran. *World Applied Sciences Journal* 19 (10): 1412-1416
- Olt, J. and U. Traat. 2011. The maintenance costs of Estonian tractor-fleet. *Engineering for Rural Development*. 10: 196-200.
- Punman, U., S. Uchida, S. Inaba. 2012. Operators' Capability and Facilities Availability for Repair and Maintenance of Small Tractors in Riau Province, Indonesia: A Case Study. *Journal of Agricultural Science*, 4(3): 71-78
- Rashidi, M. and I. Ranjbar. 2011. Modeling of Repair and Maintenance Costs of Massey Ferguson 285 Tractors in Iran. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 10 (3): 361-365
- Rotz, C.A., 1987. A standard model for repair costs of agricultural machinery. *Appl. Eng. Agric.*, 3: 3-9.
- Singh, S.P., D.K. Vatsa and H.B. Singh. 2000. Effect of utilization and handling of tractors on their repair and maintenance under hilly conditions. *Journal of Agricultural Engineering* 37(1): 13-21
- Ward, S.M., P.B. McNulty and M.B. Cunney, 1985. Repair costs of 2 and 4 WD tractors. *Transactions of the ASAE*, 28(4): 1074- 1076.
- Γέμτος, Θ.Α., Ν. Μπλάνας, Αθ. Νικάκης, Ε. Εξάρχου. 1998. Σύνθεση του Γεωργικού Εξοπλισμού Γεωργικών Εκμεταλλεύσεων του Ν. Λαρίσης και Στοιχεία Αξιοποίησής του: Μελέτη σε Γεωργικές Εκμεταλλεύσεις που εντάχθηκαν στο Κανονισμό 797/85. *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα*, τόμος 9 (2), 20-31.
- ASABE Standards, 1988. *ASABE yearbook*, ST. Joseph, Michigan, United States of America
- ASABE Standards, 2009. *ASABE yearbook*, ST. Joseph, Michigan, United States of America
- Culpin, C.. 1975. Profitable farm mechanization. *Crosby Lockwood Staples*. Pages 307
- Hunt, D.R. 1994. *Farm Power and Machinery Management*. Iowa State University Press. Iowa
- Γέμτος, Θ., Γ. Μπουραζάνης, Σπ. Φουντάς. Εκμηχάνιση Γεωργικών Εκμεταλλεύσεων. *Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων*. Σελ. 249
- Τσατσαρέλης, Κ., 2006. Διαχείριση γεωργικών μηχανημάτων. Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη
- Αναγνωστόπουλος, Δ., Σ. Φουντάς, Θ.Α. Γέμτος. 2011. Διαχείριση Γεωργικού Εξοπλισμού στην Ελλάδα: Έρευνα πεδίου 2011. 7^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, Νοέμβριος 2011, Αθήνα
- Βεντούρης, Ν., Α. Τσακανίκας .2011. *Αγροτικά Μηχανήματα και Ανταγωνιστικότητα του Πρωτογενούς τομέα*. IOBE. Αθήνα

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΧΡΗΣΗΣ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ ΚΑΙ ΠΑΡΕΛΚΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΙΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΒΑΜΒΑΚΟΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Ε. Σαμούρης, Δ. Σταφυλά, Π. Μαντά, Σπ. Φουντάς, Χ. Καβαλάρης, Α. Γέμτος.

Παν. Θεσσαλίας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Οδός Φυτόκου, 38446 Ν. Ιωνία.

Τα γεωργικά μηχανήματα αποτελούν τμήμα του επενδεδυμένου κεφαλαίου μιας γεωργικής εκμετάλλευσης και συμβάλλουν στην αύξηση της παραγωγικότητας του εδάφους και στη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων, με βασική προϋπόθεση την ορθολογική τους χρήση. Στην παρούσα εργασία καταγράφηκαν τα στοιχεία τεσσάρων παραγωγών στην περιοχή της Λάρισας που αφορούσαν στο τύπο, στην τιμή και την ιπποδύναμη του γεωργικού ελκυστήρα καθώς και στα παρελκόμενα που χρησιμοποιούν. Υπολογίστηκε το κόστος χρήσης του γεωργικού εξοπλισμού με βάση τη μέθοδο του ελαχίστου κόστους και με βάση την εγκαιρότητα των επεμβάσεων. Εκτιμήθηκε επίσης η απαιτούμενη ισχύς ενός νέου γεωργικού ελκυστήρα με σκοπό τη μείωση του κόστους λειτουργίας. Συμπερασματικά, προέκυψε ότι οι παραγωγοί χρησιμοποιούν γεωργικούς ελκυστήρες που υπερκαλύπτουν τις ανάγκες τους και θα μπορούσαν να αντικατασταθούν με καινούριους, μικρότερης ισχύος ώστε να μειώνεται το κόστος παραγωγής. Η απόκλιση της ιπποδύναμης των υπάρχοντων γεωργικών ελκυστήρων από την ιπποδύναμη ενός εν δυνάμει νέου ελκυστήρα υπολογίστηκε σε ένα ποσοστό περίπου 50% με βάση τη μέθοδο του ελαχίστου κόστους ενώ με βάση την εγκαιρότητα, το ποσοστό αυτό άγγιξε το 30%. Τέλος συγκρίνοντας τους παραγωγούς, προκύπτει ότι δεν διαχειρίστηκαν τον γεωργικό τους εξοπλισμό το ίδιο ορθολογικά τόσο όσο αφορά τον οικονομικό τομέα αλλά και ως προς το χρόνο εργασίας και παραγωγής.

Λέξεις κλειδιά: γεωργικός ελκυστήρας, κόστος χρήσης, ιπποδύναμη, μέθοδος ελαχίστου κόστους, μέθοδος εγκαιρότητας

COST AND PRODUCTION ESTIMATION OF CEREALS AND COTTON IN THESSALY

E. Samouris, D. Stafyla, P. Manta, Sp. Fountas, X. Kavalaris, A. Gemtos.

University of Thessaly, Department of Crop Production and Rural Environment, Fytokou Street, 38446 N. Ionia.

Agricultural machinery is part of the invested capital of any form of agricultural exploitation and contribute to the increase of soil productivity and improvement of product quality, the prerequisite being their rational use. In this project we have recorded data from four production units in the area of Larissa, regarding the type, price and horsepower of the agricultural tractor, as well as other equipment being used. The utilization cost of the agricultural equipment was calculated according to the minimal-cost method and timeframe of interventions. The required power of a new tractor has also been evaluated with a view to reducing operating costs. We have concluded that producers use tractors exceeding their needs thus they could be replaced by new, of lower capacity so as to reduce production cost. The deviation of the horsepower of the existing tractors from the horsepower of a potential new tractor was calculated at a rate of approximately 50% by minimal-cost method, while based on timeliness the rate dropped at 30%. Finally comparing the producers we came to the conclusion that they did not manage their agricultural equipment reasonably neither financially nor time of labor and production-wise.

Key words: agricultural tractor, utilization cost, horsepower, minimal-cost method, timeliness method

1. Εισαγωγή

Από προηγούμενες μελέτες προκύπτει ότι συνήθως γίνεται κακή διαχείριση του γεωργικού εξοπλισμού κάτι που αποτέλεσε την αφορμή για την παρούσα εργασία (Τσατσαρέλης, 2006). Έτσι μελετήσαμε το κόστος χρήσης των γεωργικών μηχανημάτων καθώς και κατά πόσο χρησιμοποιούνται ορθολογικά. Από τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στη γεωργία, ο ελκυστήρας είναι εκείνος που συμβάλλει περισσότερο στη διαμόρφωση του κόστους, επειδή χρησιμοποιείται σ' όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, παρέχοντας ισχύ για την κίνηση και την λειτουργία όλων των παρελκομένων μηχανημάτων (Τσατσαρέλης, 2006). Για τον λόγο αυτό είναι αναγκαία η μελέτη του κόστους χρησιμοποίησής του. Απαραίτητος θεωρείται επίσης και ο έλεγχος του κόστους των παρελκομένων, αλλά και των συστημάτων ελκυστήρα - παρελκομένων, θεωρουμένων ως ενιαίων μηχανικών συστημάτων

(Bowers, 1992). Αναγκαίος όμως είναι και ο έλεγχος του κόστους όλων των άλλων αυτοκινούμενων γεωργικών μηχανημάτων (Τσατσαρέλης, 2000).

2. Υλικά και μέθοδοι

Η καταγραφή των στοιχείων πραγματοποιήθηκε στο Ν. Λάρισα. Οι δύο πρώτοι παραγωγοί ηλικίας 53 και 54 χρονών αντίστοιχα, είχαν ως κύρια καλλιέργεια το σιτάρι, με 500 στρ και οι δύο, ενώ οι γεωργικοί τους ελκυστήρες ήταν 100 και 115 hp αντίστοιχα. Το κόστος αγοράς των γεωργικών ελκυστήρων ανήλθε στα 40.000€ για τον Α παραγωγό, ενώ για τον Β στα 60.000€. Η κύρια καλλιέργεια των δύο επόμενων παραγωγών ηλικίας 56 και 57 χρονών αντίστοιχα, ήταν το βαμβάκι με εκτάσεις 500 στρεμμάτων. Η ιπποδύναμη των γεωργικών ελκυστήρων κάθε παραγωγού ήταν 151 και 155 hp αντίστοιχα. Η αγορά τους стоίχησε 68.000€ στον πρώτο καλλιεργητή και 73.000€ στον δεύτερο.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας υπολογίστηκε το κόστος χρήσης του γεωργικού ελκυστήρα και των παρελκομένων με βάση το γενικό σύνολο των δαπανών (σταθερές και μεταβλητές) και με βάση την εγκαιρότητα των επεμβάσεων. Επιπλέον υπολογίστηκε η απαιτούμενη ισχύς των γεωργικών ελκυστήρων με βάση τη μέθοδο του ελαχίστου κόστους καθώς και με τη μέθοδο της εγκαιρότητας αποτελέσει ο υπολογισμός του κόστους ενός πιθανού νέου γεωργικού ελκυστήρα με βάση το σύνολο μεταβλητών και σταθερών δαπανών, καθώς και με βάση την μέθοδο της εγκαιρότητας.

3. Υπολογισμοί – Αποτελέσματα

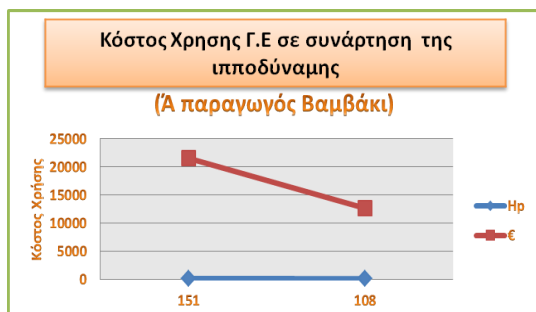
Καλλιέργεια βαμβακιού

Α Παραγωγός

Υπάρχων Γ.Ε. 151 Ηρ 68.000€

	Γενικό Σύνολο	Με βάση την Εγκαιρότητα των επεμβάσεων
Κόστους χρήσης Γ.Ε. (151Ηρ)	21.428 €	21.558 €
Κόστους Χρήσης Παρελ/νων	12.353 €	12.483 €
Συνολική Ενέργεια στο ΡΤΟ		28 kWh/στρ
Με βάση το		
	Ελάχ. Κόστος	Με βάση την Εγκαιρότητα των επεμβάσεων
Απαιτούμενης ισχύος	66 Ηρ	108 Ηρ
Γενικό Σύνολο		
		Με βάση την Εγκαιρότητα των επεμβάσεων
Κόστους χρήσης καινούργιου Γ.Ε. (108Ηρ)	12.529 €	12.660 €

	Ηρ	€
	151	21558
	108	12660
ΔΙΑΦΟΡΑ	39,81%	70,28%

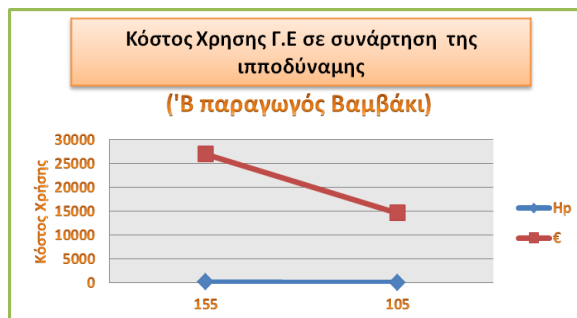


Β Παραγωγός

Υπάρχων Γ.Ε. 155 Ηρ 73.000€

	Γενικό Σύνολο	Με βάση την Εγκαιρότητα των επεμβάσεων
Κόστους χρήσης Γ.Ε. (155Ηρ)	26.877 €	27.012 €
Κόστους Χρήσης Παρελ/νων	13.264 €	13.399 €
Συνολική Ενέργεια στο ΡΤΟ		28 kWh/στρ
Με βάση το		
	Ελάχ. Κόστος	Με βάση την Εγκαιρότητα των επεμβάσεων
Απαιτούμενης ισχύος	64 Ηρ	105 Ηρ
Γενικό Σύνολο		
		Με βάση την Εγκαιρότητα των επεμβάσεων
Κόστους χρήσης καινούργιου Γ.Ε. (108Ηρ)	14.524 €	14.659 €

	Ηρ	€
	155	9143
	88	6972
ΔΙΑΦΟΡΑ	30,68%	31,14%



ΣΙΤΑΡΙ

Α Παραγωγή

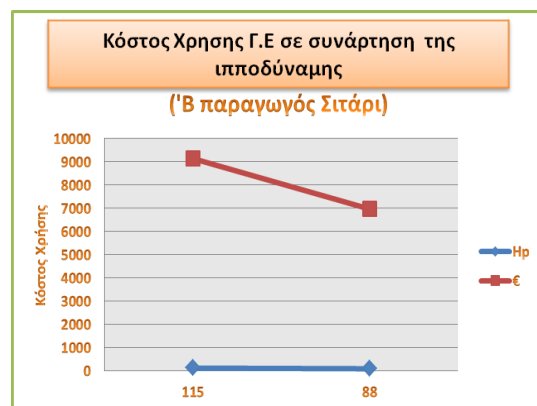
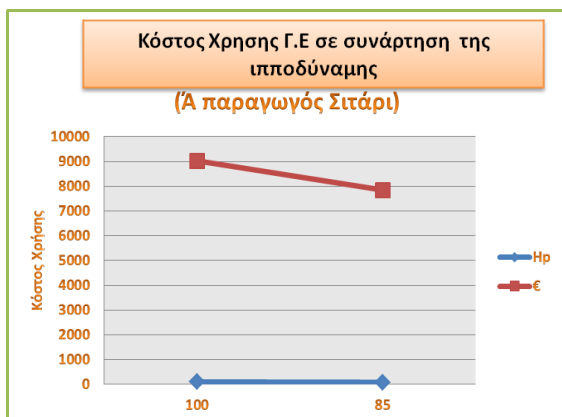
Υπαρχών Γ.Ε 100 Ηρ 40.000€

	Γενικό Σύνολο	Με βάση την Εγκαιρότητα των επεμβάσεων
Κόστους χρήσης Γ.Ε. (100Ηρ)	7.638 €	9.028 €
Κόστους Χρήσης Παρελ/νων	8.029 €	9.419 €
Συνολική Ενέργεια στο PTO		16 kWh/στρ
	Με βάση το Ελάχ. Κόστος	Με βάση την Εγκαιρότητα των επεμβάσεων
Απαιτούμενης ισχύος	60 Ηρ	85 Ηρ
	Γενικό Σύνολο	Με βάση την Εγκαιρότητα των επεμβάσεων
Κόστους χρήσης καινούργιου Γ.Ε. (85Ηρ)	6.459 €	7.849 €

Β Παραγωγή

Υπαρχών Γ.Ε 115 Ηρ 60.000€

	Γενικό Σύνολο	Με βάση την Εγκαιρότητα των επεμβάσεων
Κόστους χρήσης Γ.Ε. (115Ηρ)	8.248 €	9.143 €
Κόστους Χρήσης Παρελ/νων	9.271 €	10.166 €
Συνολική Ενέργεια στο PTO		16 kWh/στρ
	Με βάση το Ελάχ. Κόστος	Με βάση την Εγκαιρότητα των επεμβάσεων
Απαιτούμενης ισχύος	62 Ηρ	88 Ηρ
	Γενικό Σύνολο	Με βάση την Εγκαιρότητα των επεμβάσεων
Κόστους χρήσης καινούργιου Γ.Ε. (88Ηρ)	6.077 €	6.972 €



	Hr	€
	100	9028
	85	7849
ΔΙΑΦΟΡΑ	17,65%	15,02%

	Hr	€
	115	27012
	105	14659
ΔΙΑΦΟΡΑ	47,62%	84,27%

4. Συμπεράσματα

Από την παρούσα μελέτη πρόκυψε ότι όλοι οι παραγωγοί χρησιμοποιούν μεγαλύτερης ιπποδύναμης γεωργικά μηχανήματα από ότι χρειάζονται υπερκαλύπτοντας τις ανάγκες τους.

Συγκρίνοντας τους δύο παραγωγούς σιταριού, ενώ και οι δύο έχουν οικονομικό όφελος από την καλλιέργεια, διαπιστώνουμε πως ο Α παραγωγός διαχειρίστηκε τον γεωργικό του εξοπλισμό καλύτερα από το Β και ως προς τον οικονομικό τομέα αλλά και ως προς το χρόνο εργασίας και παραγωγής. Τα παραπάνω προκύπτουν από τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε για την πιθανή αγορά καινούριου ελκυστήρα. Αν αγοράζε καινούριο ελκυστήρα ο Α παραγωγός θα διέφερε σε ιπποδύναμη από τον παλιό κατά 15hp ενώ ο ελκυστήρας του Β παραγωγού κατά 27hp, αποτέλεσμα μακροχρόνια ζημιογόνο. Για το λόγο αυτό προτείνεται στο Β παραγωγό για την κύρια καλλιέργεια ελκυστήρας 88 hp για αύξηση του οικονομικού του όφελους.

Ο γεωργικός εξοπλισμός και των δύο παραγωγών βαμβακιού υπερκαλύπτει τις ανάγκες τους, όσον αφορά την βασική τους καλλιέργεια πάντα, αφού ο Α' παραγωγός διαθέτει γεωργικό ελκυστήρα 43hp μεγαλύτερο από ότι χρειάζεται και ο Β' παραγωγός 50hp μεγαλύτερο. Για το λόγο αυτόν επιβάλλεται και οι δύο παραγωγοί να αντικαταστήσουν τους γεωργικούς τους ελκυστήρες με καινούργιους αρκετά μικρότερης ισχύος που θα μειώσει σημαντικά τις σταθερές και τις μεταβλητές τους δαπάνες.

Βιβλιογραφία

- Bowers, W. 1992. Machinery management. Deere and Co Service Publications. J. Deere. Moline, Illinois.
- Τσατσαρέλης, Κ. Α. 2006. Διαχείριση Γεωργικών Μηχανημάτων Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γιαχούδη.
- Τσατσαρέλης, Κ. Α. 2000. Αρχές Μηχανικής Κατεργασίας του Εδάφους και Σποράς. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γιαχούδη.

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΣΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Δ. Β. Αναγνωστόπουλος¹, Σπ., Φουντάς¹, Σ. Παστόπουλος¹, Α. Φυντανής¹, Θ.Α. Γέμτος¹

Παν. Θεσσαλίας, Τμήμα Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, Οδός Φυτόκου, 38446 Ν. Ιωνία. Email: dvanagnosto@yahoo.gr

Το υψηλό κόστος παραγωγής αποτέλεσε μεγάλη τροχοπέδη για την ανάπτυξη του αγροτικού τομέα στον Ελλαδικό χώρο. Ένας από τους παράγοντες που συμβάλουν σ' αυτό το κόστος είναι η χρήση του γεωργικού εξοπλισμού λόγω λανθασμένης διαχείρισης. Η προσέγγιση του προβλήματος προϋποθέτει αρχικά την εκτίμηση των συνθηκών που επικρατούν στο Ελλαδικό χώρο και έπειτα προτάσεις επίλυσης. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται αποτελέσματα τριετούς έρευνας πεδίου που πραγματοποιήθηκε τις χρονιές 2008, 2011 και 2012 στο Ελλαδικό χώρο. Η έρευνα εστίασε στην διαχείριση γεωργικού εξοπλισμού με έμφαση το γεωργικό ελκυστήρα αλλά συγκέντρωσε και στοιχεία για τις εκμεταλλεύσεις και τους ιδιοκτήτες γενικότερα. Για άλλη μια φορά προέκυψε γερασμένος αγροτικός πληθυσμός δίχως προοπτική ανανέωσης του με μικρό και πολυκερματισμένο κλήρο. Ωστόσο, κύρια συμπεράσματα έπειτα από την στατιστική ανάλυση και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων ήταν η επιβεβαιωμένη για άλλη μια φορά κακή διαχείριση του εξοπλισμού που σε συνδυασμό με το παλαιωμένο γεωργικό εξοπλισμό διαμορφώνουν ένα ιδιαίτερα υψηλό κόστος παραγωγής. Ελκυστήρες άνω των 20 ετών, δίχως αρκετές ώρες λειτουργίας και με κόστος επισκευών και συντήρησης που ξεπερνάει τα 1500 € ανά έτος. Σε επίπεδο γεωργικής εκμετάλλευσης προέκυψε ότι σχεδόν το 50% της ακαθάριστης προσόδου μπορεί να οφείλεται σε κόστος λόγω λανθασμένης διαχείρισης γεωργικού εξοπλισμού. Παρόλα αυτά το θετικό κομμάτι της έρευνας είναι ότι οι παραγωγοί είναι δεκτικοί στην παρακολούθηση σεμιναρίων για την ορθολογική χρήση του εξοπλισμού και την χρήση νέων τεχνολογιών αλλά και σε δράσεις ανανέωσης του στόλου. Οπωσδήποτε όμως οποιαδήποτε ενέργεια γίνει πρέπει να προηγείται η ενημέρωση των δράσεων για να μην οδηγηθούμε σε λάθη του παρελθόντος.

Λέξεις Κλειδιά: Γεωργικός ελκυστήρας, διαχείριση, εξοπλισμός, έρευνα πεδίου

FARM MANAGEMENT AND ITS EFFECT ON THE PRODUCTION COST

D.V. Anagnostopoulos¹, Sp. Fountas¹, S. Pastopoulos¹, A. Fyntanis¹, T.A. Gemtos¹

¹University of Thessaly, Department of Crop Production and Rural Environment, Fytoko street, 38446 N. Ionia. Email: dvanagnosto@yahoo.gr

High production cost has been a huge obstacle for the development of the agricultural sector in Greece. One of the reasons for this is the incorrect usage of farm machinery due to false management. In order to understand the problem, it is necessary to evaluate the existing conditions and then propose solutions. In this paper, results of a 3-year field research (2008, 2011, 2012) in Greece are presented. This research focused on the general management of farming machinery and especially the tractor. Once again, it proved out to be that the Greek farming population is old, with no perspective of renewal and with over-divided hectares. However, a critical conclusion that came out from the statistical analysis was the once again confirmed maltreatment of the farming equipment. As shown, this fact in combination with the old farming machinery result in especially high production cost. A typical greek tractor is over 20 years old, without enough working hours and with really high maintenance and mending cost (over 1.500 euros). With regards to farming exploitation it was found that almost 50% of the net profit comes out from the cost evoking from bad farming equipment management. However, as shown in the research it is encouraging that farmers are willing to attend seminars about the rational usage of machinery, the usage of new technology and the renewal of the workforce. Thus, it has to be said that whatever action will be taken has to be totally decided after the farmers will have been informed in order to avoid the mistakes of the past.

Keywords: tractor, management, equipment, field research

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΣΥΕ για το 2007, στην Ελλάδα καλλιεργείται ένα σύνολο εκτάσεων 35.439 χιλ. στρεμμάτων και υπάρχουν 851.683 γεωργικές εκμεταλλεύσεις. Το 78,5% των εκτάσεων είναι αρδευόμενο. Το 76% των αρχηγών των εκμεταλλεύσεων είναι κατά κύριο επάγγελμα αγρότες. Οι εκμεταλλεύσεις που έχουν μόνιμους εργάτες απασχολούν κατά μέσο όρο 1,53 εργάτες ανά εκμετάλλευση ενώ αυτές που έχουν και εποχικό προσωπικό απασχολούν 3,16 εργάτες.

Στην Ελλάδα εκτιμάται ότι υπάρχουν 259.603 διαξονικοί και 134.085 μονοαξονικοί ελκυστήρες σε περίπου 230.000 και 78.500 εκμεταλλεύσεις αντίστοιχα. Υπάρχει αναλογία περίπου σε 75 στρ. ένας διαξονικός ελκυστήρας και σε 24 στρ. ένας μονοαξονικός (ΕΣΥΕ, 2007). Στην Ε.Ε. ο αριθμός των γεωργικών εκμεταλλεύσεων είναι 10.745.757 και αντιστοιχεί ένας ελκυστήρας ανά 120 στρ. (FAO, 2006). Ο βαθμός εκμηχάνισης της χώρας δεν είναι ιδιαίτερα υψηλός αν κρίνουμε από τους 0,5 ελκυστήρες ανά εκμετάλλευση σε σχέση με άλλες

χώρες της Ε.Ε. που έχουν έναν μέσο όρο 2,8 (Βεντούρης και Τσακανίκας, 2011). Αν όμως απομονώσουμε μόνο τις εκμεταλλεύσεις που έχουν ελκυστήρα διαμορφώνεται 1,11 ελκυστήρες ανά εκμετάλλευση (ΕΣΥΕ, 2007). Αντίστοιχα δεδομένα υπάρχουν και για τα παρελκόμενα αλλά και για τις συλλεκτικές μηχανές. Σύμφωνα με στοιχεία από την Eurostat και των Βεντούρη και Τσακανίκα (2011) στην χώρα μας υπάρχουν 88.840 παρελκόμενα κατεργασίας εδάφους που αντιστοιχούν σε 2,2 μηχανήματα ανά 100 ha ενώ στην Ε.Ε. είναι 2,18/100ha. Όσον αφορά στις θεριζοαλωνιστικές αντιστοιχούν για τον Ελλαδικό χώρο 0,08/100ha ενώ ο αντίστοιχος μέσος όρος της Ε.Ε. είναι 0,68. Σύμφωνα με στοιχεία της ΕΣΥΕ το 2006 καταγράφηκαν 4.078 σπαρτικές και 38.133 ψεκαστήρες. Ο στόλος γεωργικών ελκυστήρων είναι παλαιωμένος καθώς διαμορφώνεται ένας μέσος όρος στα 22,4 έτη (Βεντούρης και Τσακανίκας, 2011). Όσον αφορά τα παρελκόμενα, σύμφωνα με έρευνα των Αμπατζίδη και άλλων (2008) το 35,79% είναι μικρότερα των 5 ετών, το 28,7% είναι 6 ως 10 ετών και πάνω από 10 έτη είναι το 35,51 % των παρελκόμενων. Με στοιχεία από τους Βεντούρη και Τσακανίκα (2011) έχει εκτιμηθεί ότι η μέση ισχύς των ελκυστήρων πλέον έχει διαμορφωθεί στους 77 hp. Η χρήση των ελκυστήρων είναι γενικά χαμηλή καθώς χαρακτηριστικά οι Τσατσαρέλης (2006) και Γέμτος και άλλοι (1998) αναφέρουν 420 και 355,8 (χωρίς χρήση για πότισμα) ώρες λειτουργίας του γεωργικού ελκυστήρα αντίστοιχα. Για τις μειωμένες ώρες λειτουργίας του ελκυστήρα λύση μπορεί να αποτελέσει η ενοικίαση αγροτικών μηχανημάτων ή η εκτέλεση εργασιών από επαγγελματίες του είδους. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Παστόπουλο και άλλους (2008) το μεγαλύτερο μέρος των αγροτών (79,4%) δεν ενοικιάζει ξένα μηχανήματα ούτε νοικιάζει δικό του εξοπλισμό σ' άλλες εκμεταλλεύσεις. Όσον αφορά το ετήσιο κόστος συντήρησης και επισκευών οι Αναγνωστόπουλος και άλλοι (2011) αναφέρουν ότι προσεγγίζει τα 1431 €. Σκοπός της έρευνας αυτής είναι να καταγραφεί η υφιστάμενη κατάσταση σε θέματα διαχείρισης του γεωργικού εξοπλισμού στον Ελλαδικό χώρο, να γίνει μια προσπάθεια προσδιορισμού των λόγων που συμβάλουν στο πρόβλημα και των κριτηρίων με βάση των οποίων ενεργεί ο αγροτικός κόσμος.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την καταγραφή της υπάρχουσας κατάστασης στη διαχείριση γεωργικού εξοπλισμού πραγματοποιήθηκαν 448 προσωπικές συνεντεύξεις σε τυχαίους παραγωγούς από φοιτητές του Τμήματος Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Συνολικά υπήρχαν 38 ερωτήσεις, 19 κλειστού και 19 ανοικτού τύπου. Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε τις χρονολογίες 2008, 2010,

2011 και 2012. Οι τομείς που καλύφθηκαν ήταν δημογραφικά στοιχεία, ο τύπος της εκμετάλλευσης, ο διαθέσιμος εξοπλισμός γεωργικών μηχανημάτων και τέλος η διαχείριση του. Το σύνολο της έρευνας εξαπλώθηκε σε 20 νομούς με κύριους εκπροσώπους όμως από την ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας. Τέλος, τα αποτελέσματα που προέκυψαν αναλύθηκαν με το λογισμικό πακέτο Excel 2007, Microsoft office και με το στατιστικό πακέτο SPSS 15 for Windows.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1 Δημογραφικά στοιχεία

Η μέση ηλικία των παραγωγών ήταν 49 έτη, ενώ το 53% από αυτούς δεν έχει διάδοχο στην εκμετάλλευση. Τα παραπάνω αποτελέσματα ωστόσο δεν είναι ενθαρρυντικά γιατί επιβεβαιώνουν τον ήδη γερασμένο αγροτικό πληθυσμό ενώ δεν προσδοκείται και σημαντική ανανέωση του. Επιπλέον, το 79% των παραγωγών ήταν κατά κύριο αγρότες, αριθμός που δεν διαφέρει πολύ από τον αντίστοιχο της ΕΣΥΕ (2007). Τέλος, σε κάθε εκμετάλλευση απασχολούνται 1,72 άτομα, αριθμός παρόμοιος σε σχέση με προηγούμενες μελέτες.

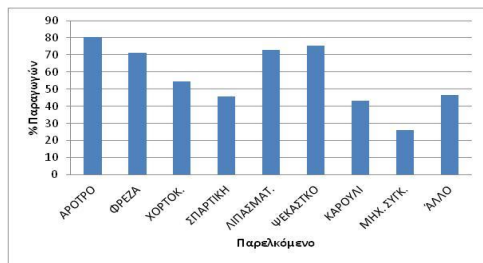
3.2 Δομή εκμεταλλεύσεων

Το πρόβλημα του κατακερματισμού της ελληνικής γης επιβεβαιώνεται για άλλη μια φορά με 17 αγροτεμάχια να αντιστοιχούν σε κάθε παραγωγό. Η μέση έκταση ανά εκμετάλλευση είναι περίπου 179 στρ., αριθμός που διαφέρει από τον αντίστοιχο της ΕΣΥΕ (2007) και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος των εκμεταλλεύσεων καλλιεργούνταν με μεγάλες καλλιέργειες αλλά και από το γεγονός ότι το 54% των παραγωγών ενοικιάζει επιπλέον εκτάσεις. Συγκεκριμένα, προέκυψαν 59801 στρ. μεγάλες καλλιέργειες (150 στρ./εκμ.), 7082 στρ. δένδρωδεις (36 στρ./εκμ.), 4431 στρ. κηπευτικά (47 στρ./εκμ.), 1378 στρ. αμπελώνες (19 στρ./εκμ.). Τέλος, παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο μέρος των παραγωγών (86%) απασχολείται με την διαχείριση δυο καλλιεργειών ανά έτος κυρίως μια εαρινή και μια χειμερινή άρα παρατηρείται έντονη εφαρμογή μονοκαλλιέργειας.

3.3 Εξοπλισμός γεωργικών εκμεταλλεύσεων

Η μέση ηλικία των γεωργικών ελκυστήρων διαμορφώνεται στα 20,5 έτη. Από το σύνολο του στόλου μόλις το 5,26% είναι σχετικά καινούργιο με λιγότερο από 10 έτη λειτουργίας. Ο αριθμός αυτός δεν διαφέρει σημαντικά από τα 22,4 έτη που παρουσιάστηκε από τους Βεντούρη και Τσακανίκα (2011) αλλά και πάλι επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι ο στόλος είναι γερασμένος. Σε κάθε εκμετάλλευση αντιστοιχούν 1,5 ελκυστήρες αριθμός που πλησιάζει τους 1,11 από την ΕΣΥΕ (2006). Παρόλα αυτά, σε κάθε περίπτωση η χώρα απέχει αρκετά σε βαθμό εκμηχάνισης από αντίστοιχες χώρες της Ε.Ε.

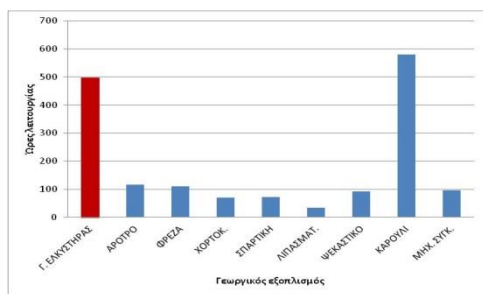
που διαμορφώνεται στους 2,8 ελκυστήρες ανά εκμετάλλευση. Η μέση ιπποδύναμη του στόλου διαμορφώνεται στους 84 hp, αριθμός που δεν διαφέρει από τα αποτελέσματα των Βεντούρη και Τσακανίκα (2011). Ενδιαφέρον παρουσίασε η κατάταξη της ισχύος ανάλογα με το είδος της καλλιέργειας και προέκυψαν στις μεγάλες καλλιέργειες ελκυστήρες με 97 hp, στις δενδρώδεις με 65 hp, στους αμπελώνες με 61 hp και στα κηπευτικά με 77 hp. Όσον αφορά στα αποτελέσματα που προέκυψαν από την κατοχή των παρελκόμενων τα μηχανήματα που έχουν οι περισσότεροι παραγωγοί είναι κατά σειρά το άροτρο, το ψεκαστικό, ο λιπασματοδιανομέας και η φρέζα (Σχήμα 1). Γενικά, οι παραγωγοί έχουν επαρκή μηχανήματα κατεργασίας και καλλιεργητικής φροντίδας δείχνοντας να τους ενδιαφέρει η έγκαιρη εκτέλεση αυτών των εργασιών.



Σχήμα 1: Κατοχή παρελκόμενων από τους παραγωγούς της έρευνας.

3.4 Διαχείριση Γεωργικού εξοπλισμού

Μέσα από την έρευνα έγινε μια προσπάθεια να εκτιμηθούν οι ώρες λειτουργίας του ελκυστήρα και των παρελκόμενων. Το αποτέλεσμα για τον γεωργικό ελκυστήρα είναι 508 ώρες ανά έτος και δεν διαφέρει από προηγούμενες αναφορές (Σχήμα 2).

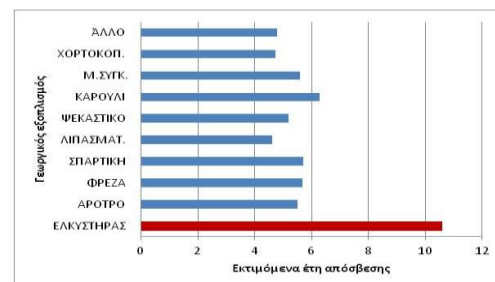


Σχήμα 2: Ωρες λειτουργίας ελκυστήρα και παρελκόμενων.

Όσον αφορά στα παρελκόμενα, οι ώρες ποικίλουν και αποτυπώνονται στο επόμενο σχήμα με τις περισσότερες των περιπτώσεων η ετήσια χρήση να μην ξεπερνά τις 100 ώρες. Μοναδική εξαίρεση αποτελεί το καρούλι για την πραγματοποίηση των αρδεύσεων.

Το κόστος συντήρησης και επισκευών διαμορφώνεται στα 1511 € ανά έτος. Ακόμα,

παρατηρήθηκε ότι όσο αυξάνει η χρονολογία και η ιπποδύναμη του ελκυστήρα δεν αυξάνουν αντίστοιχα τα κόστη συντήρησης και επισκευών, καθώς δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ ηλικίας και ιπποδύναμης γεωργικού ελκυστήρα και κόστους επισκευών και συντήρησης. Η αλλαγή λαδιών κυρίως γίνεται από τον τοπικό μηχανικό κάθε 170 ώρες. Όσον αφορά την μετέπειτα αξιοποίηση των λαδιών υπάρχουν δύο επιλογές που διαμορφώθηκαν, από την μια ενθαρρυντικό είναι ότι οι περισσότεροι (36%) τα ανακυκλώνουν δείχνοντας σεβασμό προς το περιβάλλον ενώ υπάρχει και ένα σημαντικό ποσοστό (35%) που τα πετάει. Η εκτέλεση των επισκευών δεν γίνεται κατά κύριο λόγο μόνο από τον τοπικό μηχανικό αλλά και από τους ίδιους τους παραγωγούς και αυτό ίσως είναι ένας λόγος που διαμορφώνεται ένα υψηλό κόστος επισκευών και συντήρησης. Επιπλέον το 94% δήλωσε ικανοποιημένο με την εκτέλεση του service. Οι λόγοι επιλογής των παραπάνω είναι κυρίως οικονομικοί, εμπιστοσύνης και συνέπειας εκτέλεσης των ενεργειών. Ενδιαφέρον στοιχείο είναι η άποψη των παραγωγών για τα χρόνια που απαιτούνται για την απόσβεση του γεωργικού ελκυστήρα που κατέχουν και των παρελκόμενων μηχανημάτων. Για τον ελκυστήρα προκύπτουν 10,5 χρόνια ενώ για τα παρελκόμενα περίπου 5-6 έτη (Σχήμα 3).



Σχήμα 3: Εκτιμώμενα έτη απόσβεσης μηχανημάτων με βάση εκτίμηση των γεωργών.

Αυτό είναι αρκετά ενδιαφέρον, αφού η ετήσια χρήση είναι πολύ χαμηλή και με βάση τη βιβλιογραφία ένας γεωργικός ελκυστήρας με τέσσερις κινητήριους τροχούς θα πρέπει να δουλεύει περίπου 16.000 ώρες μέχρι την φυσική παλαιώσή του (ASABE, 2009). Ας δούμε όμως το κομμάτι των ωρών λειτουργίας και τα εκτιμώμενα έτη απόσβεσης με ένα αριθμητικό παράδειγμα που μπορεί να μεταφραστεί σε χρηματικούς παραμέτρους. Έστω ότι στο Θεσσαλικό κάμπο ένας παραγωγός καλλιεργεί 100 στρ. σιταριού και 79 στρ. βαμβακιού. Με μια μέση παραγωγή 300 κιλά/στρ. σε ευνοϊκές συνθήκες και στις δύο καλλιέργειες και μια τιμή πώλησης 0,40 λεπτά και 0,25 λεπτά ανά κιλό για βαμβάκι και σιτάρι αντίστοιχα διαμορφώνεται ένα ποσό στα 16980 €. Αν ο παραγωγός έχει δικαιώματα επιδότησης το ακαθάριστο εισόδημα διαμορφώνεται στα 26050 €

(146 €/στρ.). Έστω τώρα ότι έχει ένα ελκυστήρα 84 ίππων με 508 ώρες λειτουργίας και 10,5 έτη εκτιμώμενη απόσβεση όπως προκύπτουν από την παρούσα έρευνα. Το κόστος αγοράς ενός τέτοιου ελκυστήρα προσεγγίζει και ξεπερνά τα 45.000 € και έτσι με την μέθοδο της σταθερής απόσβεσης (Τσατσαρέλης, 2006) εκτιμάται ένα κόστος απόσβεσης 3857 € που μεταφράζεται σε 7,59 €/h και 21,55 €/στρ.. Ένα τέτοιο ποσό καταλαμβάνει το 15% της ακαθάριστης προσόδου. Αν τώρα έχουμε την περίπτωση του παραγωγού με την ίδια εκμετάλλευση, τον ίδιο ελκυστήρα αλλά ιδανικές ώρες λειτουργίας 1066 ώρες και 15 έτη απόσβεσης τότε διαμορφώνεται ένα ετήσιο κόστος απόσβεσης 2700 € που μεταφράζεται σε 5,31 €/h και 15,08 €/στρ. ενώ αντίστοιχα καταλαμβάνει το 10% της ακαθάριστης προσόδου. Η διαφορά των δύο περιπτώσεων είναι της τάξεως των 1157 € ετησίως (6,46 €/στρ.) και φανερώνει την χρηματική ζημία από λανθασμένη διαχείριση του εξοπλισμού. Ωστόσο, η επιλογή ενός ελκυστήρα συγκεκριμένης ισχύς επιφέρει και καθορισμένη κατανάλωση καυσίμου. Επιπλέον, ο παλαιωμένος στόλος και οι λανθασμένοι χειρισμοί επιβαρύνουν την εκμετάλλευση με διογκωμένο κόστος συντήρησης και επισκευών. Έτσι οι δύο αυτοί παράμετροι είναι προϊόντα λανθασμένης διαχείρισης εξοπλισμού. Έτσι αν συμπεριλάβουμε μαζί με το κόστος απόσβεσης τον υπολογισμό του κόστους κατανάλωσης καυσίμου (σύμφωνα με ASAE Standards) για ελκυστήρα 84 hp και του κόστους επισκευών και συντήρησης από τα στοιχεία της έρευνας τότε θα διαπιστώσουμε ότι σχεδόν το 50% της ακαθάριστης προσόδου καλύπτεται από χειρισμούς λανθασμένης διαχείρισης γεωργικού εξοπλισμού. Συγκεκριμένα για φορτίο λειτουργίας 25% φτάνει στο 45% ενώ για φορτίο 50% στα 55% διότι μεταβάλλεται η κατανάλωση καυσίμου. Ο παράγοντας συνεισφέρει της ετήσιας χρήσης γεωργικών μηχανημάτων και η προσπάθεια από τους Έλληνες αγρότες για τη συνειδητοποίηση της αναγκαιότητας αύξησης των ωρών λειτουργία τους είναι απαραίτητη.

Για να θεωρηθεί ένας ελκυστήρας παλιός για τους παραγωγούς πρέπει να έχουν περάσει τουλάχιστον 34 χρόνια λειτουργίας του, αριθμός που είναι ιδιαίτερα υψηλός. Συγκεκριμένα όσον αφορά την μετέπειτα αξιοποίηση τους, στα 31 έτη επιλέγουν να το πουλήσουν, στα 36 έτη να το ακινητοποιήσουν, στα 40 έτη να το χρησιμοποιούν για βοηθητικές εργασίες, στα 30 έτη να το ανταλλάξουν και στα 33 έτη να το προσφέρουν για ανταλλακτικά. Σημαντική λύση στις λίγες ετήσιες ώρες λειτουργίες του εξοπλισμού είναι η ενοικίαση. Το 43% των παραγωγών ενοικιάζει ξένα μηχανήματα για κάλυψη εργασιών με τις πιο βασικές εργασίες να είναι η συγκομιδή και η σπορά (το 68% των μηχανημάτων ενοικίασης). Αυτό είναι λογικό καθώς οι περισσότεροι παραγωγοί δεν κατέχουν τέτοια μηχανήματα. Το

97% πιστεύει όμως ότι συμφέρει να έχουν δικά τους μηχανήματα. Οι κύριοι λόγοι είναι ότι το κόστος αυξάνεται σημαντικά αν νοικιάσουν ξένα μηχανήματα και ότι μπορούν να έχουν έγκαιρες επεμβάσεις με δικά τους μηχανήματα. Σε πρώτη φάση ωστόσο θα μπορούσε να προταθεί κοινή κατοχή και χρήση από ομάδες παραγωγών σε μηχανήματα που αφορούν εργασίες συγκομιδή και σπορά και έτσι θα παρουσιάζονταν εκτός από συμπίεση του κόστους και αποτελεσματικότερη χρήση.

3.5 Επιλογή γεωργικού εξοπλισμού

Σημαντικές ήταν οι απαντήσεις για τα κριτήρια με τα οποία οι παραγωγοί επιλέγουν τον εξοπλισμό. Συγκεκριμένα το κύριο στοιχείο που καθορίζει τα μηχανήματα τους είναι η καλλιέργεια, ακολουθεί η αξιοπιστία του μηχανήματος, το κόστος αγοράς του, η κατανάλωση καυσίμου, το service, η δυνατότητα προσφορών, η διαθέσιμη τεχνολογία του και τελευταίο κριτήριο αποτελεί η δυνατότητα ενοικίασης του. Στο σημείο αυτό βλέπουμε ότι στοιχεία διαχείρισης όπως η ενοικίαση και η κατανάλωση καυσίμου δεν αποτελούν τα κύρια κριτήρια επιλογής.

Ακόμα, ρωτήθηκαν οι παραγωγοί από πού αντλούν πληροφορίες για την αγορά μηχανημάτων. Κυρίως συμβουλευονται την αντιπροσωπεία, ακολουθεί ο γεωπόνος, ο τοπικός μηχανικός, γνωστοί-φίλοι και ένα μικρό ποσοστό παραγωγών ενημερώνεται από το διαδίκτυο.

Τέλος, με βάση κάποιες επιλογές που είχαν στην διάθεση τους οι παραγωγοί ρωτήθηκαν ποιο κριτήριο θεωρούν σημαντικότερο από άποψη εταιρείας για την αγορά μηχανημάτων. Πιο σπουδαίο χαρακτηρίστηκε η αξιοπιστία της εταιρείας, ακολούθησε η φερεγγυότητα της, η ανταπόκριση της σε περίπτωση βλάβης, η κατανάλωση καυσίμου, η εγγύηση αγοράς, το οργανωμένο σύστημα συντήρησης της, οι καινοτομίες και η γκάμα των προϊόντων που προσφέρει ενώ τελευταίο είναι ο τρόπος πληρωμής. Συμπερασματικά, για άλλη μια φορά επιβεβαιώνονται η χαμηλή προτεραιότητα σε επιλογές διαχείρισης εξοπλισμού όπως είναι η κατανάλωση καυσίμου και το δίκτυο συντήρησης.

3.6 Προοπτικές και ενδιαφέρον παραγωγών

Σε αντίστοιχη ερώτηση που τους τέθηκε, το 35% των παραγωγών δήλωσε ότι θα άλλαζε καλλιέργεια και ο κύριος και μοναδικός λόγος που θα το έκανε αυτό ήταν να του παρέχονταν ένα υψηλότερο κέρδος. Σε μια τέτοια περίπτωση πιστεύουν ότι ο ήδη υπάρχον εξοπλισμός θα τους κάλυπτε σε ποσοστό 78%. Αντίθετα, το 65% των ερωτηθέντων δήλωσε ότι δεν θα άλλαζε καλλιέργεια διότι δεν έχουν την δυνατότητα να αγοράσουν νέο εξοπλισμό, λόγω ηλικίας, λόγω ρίσκου για την απορρόφηση του νέου προϊόντος και λόγω έλλειψης ενημέρωσης. Από την άλλη, οι παραγωγοί

της έρευνας είναι ανοιχτοί στην χρήση νέων τεχνολογιών σε ποσοστό 66%. Το μεγαλύτερο ενδιαφέρον το έδειξαν οι ηλικίες από 36-45 έτη και στην συνέχεια ακολουθούσαν νέοι αγρότες 20-35 και το μικρότερο ενδιαφέρον οι άνω των 60. Συγκεκριμένα, θα προτιμούσαν τεχνολογίες κυρίως αυτόματου κιβώτιου ταχυτήτων, ηλεκτρικά και υδραυλικά συστήματα, ασφαλή καμπίνα, όπως και κλιματισμό. Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι παρόλο που έχουν την διάθεση να ασχοληθούν με την τεχνολογία, παρουσιάζουν ελλιπή ενημέρωση για τις τελευταίες εξελίξεις της στους γεωργικούς ελκυστήρες. Ωστόσο, υπήρχε ένα ικανοποιητικό ποσοστό που ανέφερε την πιθανή χρήση του GPS. Επιπρόσθετα, οι παραγωγοί έδειξαν σημαντικό ενδιαφέρον για σεμινάρια ενημέρωσης σε θέματα διαχείρισης γεωργικού εξοπλισμού σε ποσοστό 86% ενώ εξίσου ενθαρρυντικά ήταν τα αποτελέσματα και από άποψη διάθεσης χρηματοδότησης για αγορά νέου εξοπλισμού σε ποσοστό 87% (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Ενδιαφέρον των παραγωγών στην παρακολούθηση σεμιναρίων, στις νέες τεχνολογίες και στην χρηματοδότηση για την ανανέωση του στόλου

Ενδιαφέρον	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΜΠΟΡΕΙ
Σεμινάρια	86%	14%	-
Νέες Τεχνολογίες	66,26 %	22,48%	11,24%
Χρηματοδότηση	87%	13%	-

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την έρευνα αυτή προέκυψε και επιβεβαιώθηκε το πρόβλημα της κακής διαχείρισης του γεωργικού εξοπλισμού που διαμορφώνει ένα υψηλό κόστος λειτουργίας. Τα κύρια ζητήματα που διαμορφώνουν αυτή την κατάσταση είναι ο ήδη απαρχαιωμένος στόλος και η λανθασμένη διαχείριση του. Οι χαμηλές ώρες λειτουργίας του εξοπλισμού θα μπορούσαν να αυξηθούν με αποτέλεσμα μια αποδοτικότερη χρήση με την επιλογή της ενοικίασης ή κοινής χρήσης αλλά το μεγαλύτερο μέρος των παραγωγών είναι αρνητικό στο ενδεχόμενο αυτό. Οι παραγωγοί ενδιαφέρονται για την έγκαιρη εκτέλεση των εργασιών τους και όχι για την κοινή χρήση μηχανημάτων. Ακόμα, παρατηρήθηκαν ελλείψεις πάνω σε θέματα διαχείρισης από το γεγονός ότι κριτήρια όπως η κατανάλωση καυσίμου και η συντήρηση δεν παίζουν σημαντικό ρόλο στην αγορά του εξοπλισμού. Προέκυψαν ωστόσο και ενθαρρυντικά στοιχεία όπως είναι η δεκτικότητα των παραγωγών σε σεμινάρια διαχείρισης και στην δυνατότητα ανανέωσης του στόλου μέσω χρηματοδότησης. Ακόμη, το μεγαλύτερο μέρος των αγροτών

ενοικιάζει μηχανήματα συγκομιδής και σποράς και έτσι σε πρώτη φάση μπορεί να προταθεί κοινή κατοχή και αποτελεσματική χρήση τέτοιου εξοπλισμού σε ένα πλαίσιο ομάδας παραγωγών. Σε κάθε περίπτωση τα στοιχεία αυτά μπορούν αξιοποιηθούν με απαραίτητη προϋπόθεση η ενημέρωση σε θέματα διαχείρισης γεωργικού εξοπλισμού να προηγείται της δράσης χρηματοδότησης και ανανέωσης του στόλου ώστε να καταλήξουμε σε ορθολογικές επιλογές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ASABE Standards, 2009. ASABE yearbook, ST. Joseph, Michigan, United States of America
- Τσατσαρέλης Κ., 2006. *Διαχείριση γεωργικών μηχανημάτων*. Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.
- Αμπατζίδης Ι.Γ., Ι.Α. Σπανομήτρος, Δ.Χ. Χατζημπεντέλης. 2009. *Μηχανικός εξοπλισμός των Ελληνικών γεωργικών εκμεταλλεύσεων*. 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, Οκτώβριος 2009, Θεσσαλονίκη
- Αναγνωστόπουλος Δ.Β., Σ. Φουντάς, Θ. Γέμος. 2011. *Διαχείριση Γεωργικού Εξοπλισμού στην Ελλάδα: Έρευνα πεδίου 2011*. 7^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, Νοέμβριος 2009, Αθήνα
- Παστόπουλος Σ., Σ. Φουντάς, Θ. Γέμος. 2009. *Έρευνα Πεδίου διαχείρισης Γεωργικού Εξοπλισμού*. 6^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, Οκτώβριος 2009, Θεσσαλονίκη
- Γέμος Θ.Α., Ν. Μπλάνας, Αθ. Νικάκης, Ε. Εξάρχου. 1998 *Σύνθεση του Γεωργικού Εξοπλισμού Γεωργικών Εκμεταλλεύσεων του Ν. Λαρίσης και Στοιχεία Αξιοποίησής του: Μελέτη σε Γεωργικές Εκμεταλλεύσεις που εντάχθηκαν στο Κανονισμό 797/85*. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, τόμος 9 (2), 20-31.
- Βεντούρης Ν., Α. Τσακανίκας. 2011. *Αγροτικά Μηχανήματα και Ανταγωνιστικότητα του Πρωτογενούς τομέα*. IOBE. Αθήνα
- Εθνική Στατιστική Υπηρεσία, 2007. *Διάρθρωση Γεωργικών-Κτηνοτροφικών Εκμεταλλεύσεων*. Υπουργείο Εθνικής Οικονομίας και Οικονομικών.
- Eurostat. 2005. *Structure of agricultural holding. Farm machinery: Number of farms and machines by size of farm (UAA)*. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>
- Food and Agriculture Organization – FAO, 2006. *Agricultural Statistic* www.fao.org