

Ε.Γ.Μ.Ε.

Εταιρία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος

ΠΡΑΚΤΙΚΑ
5ου ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ
ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ



Συνεδριακό κέντρο ΤΕΙ Λάρισας
18-20 Οκτωβρίου 2007

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

5^ο ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ (ΕΓΜΕ)
Βόλος, 10 Οκτωβρίου 2007.

Επιμέλεια πρακτικών: Νικόλαος Κατσούλας,
Γ. Γραμματέας ΕΓΜΕ
Λέκτορας Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
τηλ. 2421093249, e-mail: nkatsoul@uth.gr

Επιμέλεια εξώφυλλου πρακτικών και αφίσας συνεδρίου:
Δρ. Χρήστος Καβαλάρης,
ΙΔΑΧ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

**ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΛΛΑΔΟΣ (ΕΓΜΕ)
HELLENIC SOCIETY OF AGRICULTURAL
ENGINEERS (HelAgEng)**

**ΠΡΑΚΤΙΚΑ
5^ο ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ
ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ**

*«Η συμβολή των Γεωργικών Μηχανικών σε μια
ανταγωνιστική γεωργία»*

Λάρισα, 18-20 Οκτωβρίου 2007

Υπό την Αιγίδα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
Συνδιοργάνωση: ΤΕΙ Λάρισας

5^ο Εθνικό Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής

Οργανωτική Επιτροπή

Πρόεδρος:

Γέμτος Θ. Α., Καθηγητής Π.Θ.

Αντωνόπουλος Β., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Σακελλαρίου Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.

Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ

Κατσούλας Ν., Λέκτορας Π.Θ

Φουντάς Σ., Δρ. Π.Θ.

Καβαλάρης Χ., Δρ. Π.Θ.

Καραμούτης Χ., Δρ. Π.Θ.

Λέλλης Θ., Αν. Καθηγητής, ΤΕΙ Λάρισας

Ντιούδης Π., Αν. Καθηγητής, ΤΕΙ Λάρισας

Πατέρας Δ., Αν. Καθηγητής, ΤΕΙ Λάρισας

Γράβαλος Ι., Επ. Καθηγητής, ΤΕΙ Λάρισας

Γιαλαμάς Θ., Καθ. Εφαρμογών, ΤΕΙ Λάρισας

Τούλιος Λ., Ερευνητής, ΙΧΤΕΛ ΕΘΙΑΓΕ

Καλφούντζος Δ., Ερευνητής, ΙΧΤΕΛ ΕΘΙΑΓΕ

Επιστημονική Επιτροπή

Πρόεδρος:

Αντωνόπουλος Β., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Αναστασιάδου-Παρθενίου Ε., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.

Αρβανίτης Κ. Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.

Ασημακόπουλος Ι., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Βαλιάντζας Ι., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Βάλμης Σ., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Βουγιούκας Στ., Επικ. Καθηγητής ΑΠΘ

Γέμτος Θ., Καθηγητής Π.Θ.

Γεωργακάκης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Γιαννόπουλος Στ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Δημήρκου Ανθ., Αν. Καθηγήτρια Π.Θ.

Ζήσης Θ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Καλφούτζος Δ., ΙΧΤΕΛ ΕΘΙΑΓΕ

Καραντούνιας Γ., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Κατσούλας Ν., Λέκτορας Π.Θ.

Κερκίδης Π., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ.

Κυρίτσης Σ., Ομ. Καθηγητής Γ.Π.Α.

Λιακατάς Α., Καθηγητής Γ.Π.Α.

Μαρτζόπουλος Γ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μισοπολινός Ν., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Μπαμπατζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μπαρτζάνας Θ., Δρ. Π.Θ.
Μπριασούλης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Νικήτα-Μαρτζοπούλου Χ., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Παναγάκης Π., Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παναγιωτόπουλος Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Πανώρας Α., Ερευνητής Ι.Ε.Β. ΕΘΙΑΓΕ
Παπαδάκης Γ., Αν. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παπαμιχαήλ Δ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Παρισόπουλος Γ., Δ/ντης Ι.ΓΕ.Μ.Κ., ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.
Πατέρας Δ., Αν. Καθηγητής ΤΕΙ Λάρισας
Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.
Συγριμής Ν., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Συλλαίος Ν., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τούλιος Λ., ΙΧΤΕΛ ΕΘΙΑΓΕ
Τσατσαρέλης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Φουντάς Σ., Δρ. Π.Θ.
Χουλιάρης Ν., Καθηγητής ΤΕΙ Λάρισας

Κατάλογος αξιολογητών των εργασιών

Αλεξανδρίδης Θ.	Μιμίδης Θ.
Αλεξίου Ι.	Μπαμπατζιμόπουλος Χ
Αντωνόπουλος Β.	Μπαρμπαγιάννης Ν.
Αργυροκαστρίτης Ι.	Μπαρτζάνας Θ.
Βουγιούκας Στ.	Μυγδάκος Ε.
Γέμτος Θ.	Μυστριώτης Α.
Γεωργίου Π.	Νάνος Γ.
Γιαννόπουλος Στ.	Παναγόπουλος Α.
Δομενικιώτης Ι.	Πανώρας Α.
Ελμαλόγλου Σ.	Παπαδάκης Γ.
Θεοχάρης Μ.	Παπαμιχαήλ Δ.
Καλφούντζος Δ.	Πατέρας Δ.
Καραθάνος Β.	Παυλάτου-Βε Α.
Καραμούζης Δ.	Προδρόμου Κ.
Καρυδάς Χ.	Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ.
Κατσούλας Ν.	Σταυρινός Ε.
Κερκίδης Π.	Συλλαίος Ν.
Κιοσέ-Καμπασακάλη Ε.	Τούλιος Λ.
Κίττας Κ.	Τσατσαρέλης Κ.
Κόκκορας Ι.	Τσιούρης Σ
Κωτσόπουλος Σπ.	Φουντάς Σπ.
Λουκάς Α.	Χαλκίδης Η.
Μαρτζοπούλου Χρ.	Ψιλοβίκος Α.
Ματσή Θεοδώρα	

5^ο Εθνικό Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής

Χορηγοί του συνεδρίου

- Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων
- Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΗΤΗΣ Α.Ε.
- Κ/Ε ΒΕΡΜΙΟΝ ΑΤΕΕ – ΧΑΥΔΑΣ - ΩΡΟΛΟΓΟΠΟΥΛΟΣ ΑΤΕ,
Ρουπακιάς Ι.
- SCIENTACT Α.Ε.
- ΚΑΜΕΛΙΔΗΣ Α.Τ.Ε.
- ΚΑΡΑΤΖΟΥΝΗΣ ΑΤΕΒΕ
- ΑΓΡΕΚ Κ. ΣΑΜΑΝΤΟΥΡΟΣ Α.Ε.
- AGROMA, Σ. Πέtkος & ΣΙΑ Ο.Ε.
- Κέντρο Έρευνας Τεχνολογίας και Ανάπτυξης Θεσσαλίας (Κ.Ε.ΤΕ.Α.Θ.)
- TERRA Α.Ε.
- Ι. Εσκιάδης και ΣΙΑ Α.Ε.Β.Ε.
- Ένωση Κατασκευαστών Γεωργικών Μηχανημάτων Ελλάδος
(Ε.ΚΑ.ΓΕ.Μ.)
- Δαλακούρας Γ., Πολιτικός Μηχανικός
- Κούτη Ευτυχία – Κηποτεχνικά.

Υπό την αιγίδα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και του ΤΕΙ Λάρισας

Χορηγοί:



<http://lacec.agr.uth.gr/egme2007.htm>

Πρόλογος

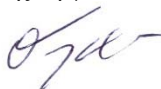
Το 5^ο Εθνικό Συνέδριο της Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδας (ΕΓΜΕ) οργανώνεται στο ΤΕΙ Λάρισας με συνδιοργανωτές το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας και το ΤΕΙ Λάρισας. Πολλές συζητήσεις έγιναν για την αναγκαιότητα του συνεδρίου καθώς στους επόμενους οκτώ μήνες θα διεξαχθεί το Ευρωπαϊκό συνέδριο της Ευρωπαϊκής Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών (Ιούνιος 2008 στην Κρήτη), την οργάνωση του οποίου έχει αναλάβει η ΕΓΜΕ. Επικράτησε όμως η άποψη ότι το Εθνικό συνέδριο έχει διαφορετικούς και αυτοτελείς σκοπούς, όπως τη γνωριμία των νέων Ελλήνων ερευνητών που θα τους δοθεί ένα φιλικό βήμα να παρουσιάσουν τις εργασίες, τη γνωριμία των ερευνητικών ομάδων και του έργου τους, στοιχεία ιδιαίτερα σημαντικά για των επίτευξη των στόχων της Εταιρείας.

Το φετινό συνέδριο πραγματοποιείται μετά από μια ιδιαίτερα ξηρή χρονιά και ένα ιδιαίτερα θερμό καλοκαίρι που προκάλεσε σημαντικές ζημιές στις γεωργικές καλλιέργειες αλλά και στα δασικά οικοσυστήματα πολλών περιοχών της χώρας. Οι κλιματικές αλλαγές κάνουν έντονη την παρουσία τους και στη χώρα μας. Η εταιρεία μας έχει να παίξει σημαντικό ρόλο στην προσπάθεια της άμβλυνσης των αρνητικών τους επιπτώσεων. Η διαχείριση των υδάτινων και εδαφικών πόρων αποκτούν ιδιαίτερη σημασία και πολλές από τις εργασίες του συνεδρίου δίνουν νέες ιδέες και λύσεις. Η εκμηχάνιση της γεωργίας συμβάλλει στη διατήρηση μιας οικονομικά βιώσιμης γεωργίας στη χώρα μας. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας συμβάλλουν στη μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων, που τόσο ρυπαίνουν την ατμόσφαιρα και αυξάνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σημαντική συμβολή στη βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της γεωργίας της χώρας, στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και στην καλύτερη αξιοποίηση των φυσικών πόρων προσφέρουν οι εφαρμογές των νέων τεχνολογιών στη γεωργία, η τεχνολογία των καλλιεργειών υπό κάλυψη και η συντήρηση και μεταποίηση των προϊόντων. Θεωρούμε ότι το 5^ο Συνέδριο θα συμβάλλει ουσιαστικά στην προώθηση κατάλληλων λύσεων στα παραπάνω θέματα.

Στο συνέδριο υπεβλήθησαν 137 περιλήψεις και τελικά έγιναν δεκτές 110 πλήρεις εργασίες που θα παρουσιαστούν προφορικά στις τρεις παράλληλες συνεδριάσεις του συνεδρίου. Πιστεύω ότι το συνέδριο θα ακολουθήσει την επιτυχία των προηγούμενων.

Με την ευκαιρία αυτή θέλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους αξιολογητές των εργασιών που υπεβλήθησαν και στους συντελεστές της οργάνωσης αυτού του συνεδρίου. Ο Λέκτορας του Π.Θ. κ. Ν. Κατσούλας και ο Δρ. κ. Σπ. Φουντάς διακαίονται τις περισσότερες, καθώς χάρη στην εργασία τους έγινε δυνατή η καλή οργάνωση του συνεδρίου. Ο Αν. Καθηγητής κ. Θ. Λέλλης και η ομάδα του ΤΕΙ Λάρισας είχαν σημαντική συμβολή. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους χορηγούς του συνεδρίου.

Ν. Ιωνία, 10 Οκτωβρίου 2007
Ο πρόεδρος της Οργανωτικής Επιτροπής



Καθηγητής Θ.Α. Γέμτος

Περιεχόμενα

ΕΝΟΤΗΤΑ 1: ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ – ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΙ19

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΡΙΕΤΟΥΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΝΕΟΤΕΡΑ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	21
Μυγδάκος Ε., Πατσιαλή Σ., Αυγουλάς Χ., Μυγδάκος Γ. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΜΙΑΣ ΒΑΜΒΑΚΟΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	31
Ε. Γρ. Μυγδάκος ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΤΡΗΤΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ.....	44
Ι. Γράβαλος, Θ. Γιαλαμάς, Ζ. Κουτσοφίτης, Α. Αυγουστής, Δ. Κατέρης, Π. Ξυραδάκης, Ζ. Τσιρόπουλος	44
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΣΕ ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	52
Ε. Λάμπου, Κ. Ζάννης και Ε. Καραγιάννης ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΙΣΟΠΕΔΩΣΗΣ ΣΕ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	58
Κ. Ζάννης, Δ. Μπόχτης, Ε. Λάμπου και Αθ. Καραγιάννης ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΗΣ ΕΛΞΗΣ ΚΑΙ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΜΕ ΟΜΟΙΩΜΑ ΤΡΟΧΟΦΟΡΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ	65
Θ.Α. Γιαλαμάς, Ι. Γράβαλος, Α. Ανδρέου, Σ. Τσάντζος, Δ. Κατέρης, Κ.Α. Τσατσαρέλης, Θ. Α. Γέμτος ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ	73
Θ. Α. Γιαλαμάς, Ε. Παπαχρήστου, Ι. Γράβαλος, Δ. Κατέρης, Χ. Δημητριάδης, Κ.Α. Τσατσαρέλης ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΘΑΛΑΜΟ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ	80
Θ.Α. Γιαλαμάς, Ι. Γράβαλος, Δ. Κατέρης, Π. Ξυραδάκης, Κ.Α.Τσατσαρέλης, Θ.Α. Γέμτος ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΕΥΣΤΑΘΙΑΣ ΓΙΑ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	87
Θ.Α. Γιαλαμάς, Δ. Κατέρης, Ι. Γράβαλος, Π. Ξυραδάκης, Κ.Α. Τσατσαρέλης ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΟΥΣ ΤΗΣ ΛΕΒΑΝΤΑΣ.....	95
Χ. Ι. Δημητριάδης, J. L. Brighton, Ι. Κόκκορας, Ι. Γράβαλος, Θ.Α. Γιαλαμάς ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΟΠΗΣ ΠΕΡΙΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΕΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΧΟΡΤΟΥ	103
Χ.Κ. Κοτσακιώτη, Δ.Δ. Μπόχτης, Ι.Α. Σπανομήτρος, Ι.Γ. Αμπατζίδης και Κ.Α. Τσατσαρέλης ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΥΡΙΑΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ..	111
Α.Γ. Ντιρογιάννης, Ι.Γ. Αμπατζίδης, Δ.Δ. Μπόχτης, Ι.Α. Σπανομήτρος και Κ.Α. Τσατσαρέλης ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΙ ΚΡΑΔΑΣΜΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΑΦΙ.....	119
Θ.Α. Γέμτος, Σπ. Φουντάς, Χρ. Παπανικολάου, Ν. Νάνμος, Β. Βλάχος ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ, ΤΑ ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ	127
Καβαλάρης Χρ., Καραμούτης Χρ., Κ. Αγγελοπούλου, Θ.Α. Γέμτος ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΗ ΕΝΟΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΙΣΧΥΟΔΟΤΟΥΜΕΝΟΥ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΟΥ.....	135

Χ. Καραμούτης, Χ. Καβαλάρης, Δ. Παράφορος, Ο. Παπαδοπούλου, Κ. Κολιπέτσας και Θ.Α. Γέμτος	
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΝΕΟΥ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΩΝ ΖΙΖΑΝΙΩΝ ΣΤΗ ΓΡΑΜΜΗ ΣΠΟΡΑΣ	143
Α. Π. Δεδούσης, R. J. Godwin	
Η ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ.....	152
Α. Νάτσης, Θ. Γέμτος, Ε. Μυγδάκος, Η. Νάτσης	
ΕΝΟΤΗΤΑ 2: ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ	163
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΘΗΤΑ PROBE ML2 ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.....	165
Γ. Κάργας, Α. Σγουμποπούλου, Β. Φασούλη και Π. Κερκίδης	
ΥΠΟΓΕΙΑ ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΔΟΣΕΙΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	173
Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Χ. Παπανικολάου και Σ. Πατελοδήμου	
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΖΑΧΑΡΟΤΕΥΤΛΩΝ.....	181
Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Κ. Α. Δημοπούλου, Θ. Βούλγαρης	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗΣ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ ΔΙΑΒΡΟΧΗΣ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΝΕΡΟΥ ΛΟΓΩ ΒΑΘΙΑΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ	189
Ε. Διαμαντόπουλος, Σ. Ελμαλόγλου	
ΑΠΛΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΤΙΚΕΣ ΛΥΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΔΙΗΘΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΑΚΟΡΕΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.....	196
Α. Λουκάς	
ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΜΕ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΣΧΕΣΕΩΝ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ – ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ	205
Π.Ε. Γεωργίου και Δ.Μ. Παπαμιχαήλ	
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΑΚΟΠΤΟΜΕΝΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΑΓΔΗΝ ΑΡΔΕΥΣΗΣ.....	213
Π. Βύρλας και Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη	
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ ΑΓΡΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΟΥ ΜΕ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙ ΕΝΣΙΡΩΣΗΣ.....	221
Β. Αντωνόπουλος, Ε. Λεκάκης και Α. Παυλάτου-Βε	
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥ ΣΕ ΟΡΥΖΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ GLEAMS	229
Β.Ζ. Αντωνόπουλος, Β.Γ. Ασχονίτης, Μ.Η. Rahil, Ε.Η. Λεκάκης	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΩΝ ΣΤΡΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	237
Β. Αντωνόπουλος, Β. Λίτσкас, Β. Ασχονίτης και Σ. Τσιούρης	
ΜΟΝΙΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΡΟΗ ΣΕ ΑΝΟΙΚΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ ΤΡΑΠΕΖΟΕΙΔΟΥΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ.....	245
Μ. Θεοχάρης	
ΜΟΝΙΜΗ ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΡΟΗ ΣΕ ΑΝΟΙΚΤΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΒΟΛΙΚΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ.....	253
Μ. Θεοχάρης	
ΤΕΧΝΗΤΗ ΕΠΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗ ΦΡΕΑΤΙΚΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΜΕ ΦΡΕΑΤΙΑ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ	262
Δ.Ν. Καραμούζης και Π.Ε. Γεωργίου	

ΣΧΕΔΙΟ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΔΡΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ Ν. ΚΑΛΥΜΝΟΥ	270
Δ. Κ. Καρπούζος	
Η ΚΟΣΤΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΩΣ ΜΕΤΡΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ	
ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60/ΕΕ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΟΙΝΗΣ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ	280
Ε. Σταυρινός	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΡΔΕΥΣΗΣ, ΣΤΡΕΣ ΦΥΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	
ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΜΕΝΗΣ ΜΕ GIS ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ	288
Αγ. Φιλίντας, Π. Ντιούδης, Θ. Λέλλης, Αρ. Παπαδόπουλος και Ι. Χατζόπουλος	
ΝΕΟΙ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΤΗΣ	
ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ	296
Β. Άμπας, Ε. Μπαλτάς και Δ. Παπαμιχαήλ	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΤΑΓΔΗΝ	
ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ	304
Δ. Καλφούντζος, Ι. Αλεξίου, Σ. Κωτσόπουλος	
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΣΤΟΝ ΧΕΙΜΑΡΡΟ	
ΛΥΚΟΡΡΕΜΑ ΤΟΥ ΟΡΟΥΣ ΠΕΝΤΕΛΗΣ	312
Κ. Σούλης, Ν. Δέρκας, Ι. Δ. Βαλιάντζας	
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΤΟΥ Τ.Ο.Ε.Β. ΠΗΝΕΙΟΥ ΣΤΗΝ	
ΚΑΛΥΨΗ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ	320
Σ. Κωτσόπουλος, Ι. Αλεξίου, Φ. Λόκκας, Γ. Γραβάνης και Σ. Μαγαλιός	
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΑΡΔΕΥΤΙΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟ	
ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ 2000/60	328
Ν. Δέρκας, Π. Λόντρα και Α. Καραμάνος	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ	
ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΛΑΜΠΟΚΙΟΥ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ WAVE	337
Ι. Αλεξίου, Δ. Παπαμιχαήλ και Β. Αντωνόπουλος	
PLEIADES –ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΓΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΚΑΙ	
ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΠΟΦΑΣΗΣ	345
Α. Μπλάντα, Χ. Δομενικιώτης και Ν. Δαλέζιος	
ΑΔΡΟΜΕΡΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ	
ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ RDI	353
Γ. Τσακίρης, Δ. Τίγκας	
ΕΝΟΤΗΤΑ 3: ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ	362
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΟΜΗΣΗΣ ΦΩΤΟΔΙΑΣΠΩΜΕΝΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΕΔΑΦΟΚΑΛΥΨΗΣ...	364
Ι. Κυρίκου, Δ. Μπριασούλης και Μ. Χισκάκης	
ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΜΕ ΗΛΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ	
ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΟ ΜΕ ΥΔΡΟΡΡΟΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΑΣ ..	372
Γ. Ντίνας, Π. Κούγιας, Χ. Νικήτα- Μαρτζοπούλου	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟΝ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟ ΤΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΩΝ ΜΕ CO ₂	
ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΝΟΙΞΙΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ	380
Δ. Βαφειάδης, Μ. Μπότας, Χ. Παπαμάνθος και Χ. Νικήτα- Μαρτζοπούλου	
Η ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ	
ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	387
Ι. Λυκοσκούφης, Γ. Μαυρογιαννόπουλος	
ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΡΟΗΣ ΑΝΕΜΟΥ ΓΥΡΩ ΑΠΟ	
ΥΠΕΡΥΨΩΜΕΝΟ ΠΕΡΑΤΟ ΠΕΤΑΣΜΑ	395
Α. Γιαννούλης, Α. Μυστριώτης και Δ. Μπριασούλης	

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ	403
I. Λ. Τσιρογιάννης, Ν. Κατσούλας, Κ. Κίττας και Δ. Σάββας	
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΙΚΟΝΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΓΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	411
Βέντζας Δ., Παναγιωτίδη Αικ.	
ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΤΟΞΩΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	421
Κ. Μπαξεβάνου, Θ. Μπαρτζάνας, Δ. Φειδαρος, Κ. Κίττας	
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΛΕΙΣΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ	429
N. Tadj, Θ. Μπαρτζάνας, B .Draoui και Κ. Κίττας	
ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΜΕ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΘΕΡΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΜΟΥ	437
Θ. Μπαρτζάνας και Κ. Κίττας	
ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΧΕΙΜΩΝΑ	445
Κ. Κίττας, Γ. Δημόκας και Μ. Tchamitchian	
ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΤΟΣ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗ ΠΕΡΙΟΔΟ	453
Γ. Δημόκας, Κ. Κίττας, Ν. Κατσούλας και Ν. Δημόκας	
ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑΤΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΓΙΑ ΟΡΘΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ ΣΠΟΡΟΦΥΤΩΝ	462
N. Κατσούλας, Κ. Πεπονάκης, Δ. Πετσάνη, Κ. Κίττας	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΝΤΙΣΤΑΓΟΝΙΚΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΚΑΛΥΨΗΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ ΜΕ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΑΓΓΟΥΡΙΟΥ	469
Κ. Κίττας, Ν. Κατσούλας, Χ. Μανωλαράκη, Θ. Μπαρτζάνας	
ΕΝΟΤΗΤΑ 4: ΕΛΑΦΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ.....	478
ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΒΟΡΙΟΥ ΑΠΟ ΥΔΡΟΞΕΙΔΙΑ ΚΑΙ ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΜΑΓΓΑΝΙΟΥ	480
Κ. Π. Προδρόμου και Χ. Λάκης	
ΟΔΗΓΙΕΣ ΛΙΠΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΟ ΜΕΣΩ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΔΗΜΩΝ Ν. ΚΟΖΑΝΗΣ	487
Φ. Παπαδόπουλος, Α. Παπαδόπουλος και Π. Τζιαχρή	
ΧΩΡΟ-ΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ Cd ΚΑΙ Cr ΣΕ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΕΔΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΛΜΥΡΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ	495
Ε. Ε. Γκόλια , Α. Δημήρκου, Στ. Α. Φλωράς, Κ. Παπαδήμας, Γ. Σκαμαγκούλης και Ι. Κ. Μήτσιος†	
ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΜΑΚΡΟ- ΚΑΙ ΜΙΚΡΟ-ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΗ ΚΑΙ ΝΕΡΑ ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΑΛΜΥΡΟΥ, ΝΟΜΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ.	503
Α. Δημήρκου, Ε. Ε. Γκόλια , Στ. Α. Φλωράς, Χ. Ηλιόπουλος, Γ. Σκαμαγκούλης και Ι. Κ. Μήτσιος†	
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΕΝΣΩΜΑΤΟΥΜΕΝΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΜΑΖΑΣ ΡΙΓΑΝΗΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΛΙΚΟΥ ΣΤΙΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΚΑΙ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ	511
N. Χουλιάρης, Φ. Γραβάνης, Η. Αναστασόπουλος, Ι. Βασιλάκογλου, Ν. Γκουγκουλιάς, Ι. Βαγγέλας, Α. Τσιτσιγιάννης και Ε. Βογιατζή	

Η ΕΠΟΧΙΚΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΒΙΟΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ (BioP), ΣΕ ΑΜΠΕΛΩΝΕΣ ΜΕ ΔΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ - ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ	519
Σιήμης Α. και Παυλάτου –Βε Α. Η ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΕΝΑΝ ΟΡΥΖΩΝΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ	527
Αλαμάνου Μ., Παυλάτου-Βε Α., Ασκονίτης Β., Λίτσας Β. και Αντωνόπουλος Β. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΣΥΜΠΙΕΣΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΤΑΣΗ ΠΡΟΣΥΜΠΙΕΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ ALFISOL ΚΑΙ VERTISOL	535
Κ. Π. Παναγιωτόπουλος και Γ. Τσολάκη	
ΕΝΟΤΗΤΑ 5: ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ	542
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, ΜΕΣΩ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	544
Α. Άνθης, Ι. Βαφειάδης ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΙΘΑΝΟΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ Χ. Ζαραγκότας, Α. Λουκάς, Λ. Βασιλειάδης και Π. Μήτσιου ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗ ΔΡΙΜΥΤΗΤΑ ΞΗΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ	550 558
Γ.Τζαμπύρας, Α.Λουκάς και Λ.Βασιλειάδης	
ΕΝΟΤΗΤΑ 6: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	566
ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΞΥΛΟΥ ΜΕ ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΕΔΑΦΩΝ	568
Α. Καραγιάννης, Ε. Λάμπου και Π. Καραρίζος ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΣΕ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΕΥΑΙΣΘΗΤΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΠΡΕΣΠΩΝ	575
Γ. Σαπουντζάκης, Μ. Γιαμούρη , Α. Παπαγιαννοπούλου, Φ. Παπαδόπουλος και Γ. Παρισόπουλος ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΑΖΩΤΟΥ ΣΕ ΑΓΡΟ ΑΡΑΒΟΣΙΤΟΥ ΑΡΔΕΥΟΜΕΝΟ ΜΕ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΑ ΛΥΜΑΤΑ	583
Β. Ζ. Αντωνόπουλος και Μ. Η. Rahil ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΥΠΑΙΘΡΟΥ ΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΛΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ	592
Γ. Τζιαφάς, Χ. Τοπάλογλου, Ο. Χρίστου και Ν. Συλλαίος ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΦΩΤΟΚΑΤΑΛΥΤΙΚΗΣ ΟΞΕΙΔΩΣΗΣ ΜΕ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟΤΙΚΟ ΤΟΜΕΑ	600
Ι. Πούλιος, Ι. Τρυπαναγνωστόπουλος ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ - ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΤΗΣ Ε.Ε.	607
Α. Παπαγιαννοπούλου, Γ. Παρισόπουλος, Χ. Σακκάς ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΔΙΑΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΟΠΗΣ ΣΕ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΧΛΩΡΙΩΣΗΣ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ	615
Δ. Φειδαρος, Α. Μπαξεβάνου, Α. Ζαγορίτης, Π.-Ε. Μπίσκα	
ΕΝΟΤΗΤΑ 7: ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗ / ΜΕΤΑΣΥΓΚΟΜΙΣΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ	626

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΩΝ ΑΠΩΛΕΙΩΝ ΜΑΖΑΣ ΨΥΧΡΟΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΩΝ ΜΗΛΩΝ <i>PILAFI DELICIOUS</i> ΚΑΙ <i>GRANNY SMITH</i>	628
Θ. Θεοδωρίδης, Ε. Μανωλοπούλου, Γρ. Λαμπρινός και Ε. Αραβαντινός–Καρλάτος ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΟΥ» ΜΑΡΟΥΛΙΟΥ	634
Ε. Μανωλοπούλου, Ν. Καπετάνιος, Ν. Χαλασοχώρη, Γρ. Λαμπρινός ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ ΣΤΑ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ «ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΗΣ ΠΙΠΕΡΙΑΣ».....	642
Ε. Μανωλοπούλου, Θ. Σαμαράς, Ν. Χαλασοχώρη, Γρ. Λαμπρινός Η ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΩΝ ΜΗΛΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ <i>GRANNY SMITH</i> ΩΣ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΠΟΙΟΤΙΚΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ.....	651
Δ. Μητρόπουλος και Γ. Λαμπρινός ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΜΗΛΩΝ <i>DELICIOUS</i> <i>PILAFI</i> ΣΕ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΣ	658
Δ. Μητρόπουλος και Γ. Λαμπρινός ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΗΣ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΨΥΞΗ ΑΣΥΣΚΕΥΑΣΤΩΝ ΟΠΩΡΟΛΑΧΑΝΙΚΩΝ	666
Γ. Ξανθόπουλος, Γρ. Λαμπρινός, Δ. Μητρόπουλος, Ε. Χατζής ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΜΗΛΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ.....	675
Ν. Πεντάρης, Ε. Μανωλοπούλου, Γ. Ξανθόπουλος, Δ. Μητρόπουλος και Γρ. Λαμπρινός ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΟΥΜΕΝΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΤΟΜΑΤΑΣ ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΗ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΙΚΟΝΑΣ	682
Ε. Χατζής, Σ. Ψυχोगιού, Γ. Ξανθόπουλος και Γρ. Λαμπρινός	

ΕΝΟΤΗΤΑ 8: ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΕΣ ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ690

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΑΠΕΥΘΕΙΑΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΗΣ ΩΣΜΩΣΗΣ ΜΕ ΦΩΤΟΒΟΛΤΑΪΚΑ	692
Εσσάμι Μωχάμεντ, Γ. Παπαδάκης, Ε. Μαθιουλάκης και Β. Μπελεσσιώτης ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ ΣΕ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ-ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΓΕΩΡΓΙΚΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ.....	699
Ι. Γράβαλος, Θ. Γιαλαμάς, Ζ. Κουτσοφίτης, Α. Αυγουστής, Γ. Λιανός, Δ. Κατέρης, Π. Ξυραδάκης, Ζ. Τσιρόπουλος, Θ. Λέλλης ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΚΛΑΔΟΔΕΜΑΤΩΝ ΕΛΙΑΣ	707
Π. Ξένος–Κοκολέτσης, Ε. Χατζής και Γρ. Λαμπρινός ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ.....	716
Τσιάνος Ν., Θ. Γέμτος, Χ. Καβαλάρης και Χ. Καραμούτης ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗΣ (<i>Brassica sp.</i>) ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ	723
Ι. Ραμνιώτης, Θ. Κωτσόπουλος, Γ. Μαρτζόπουλος ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΔΥΟ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΕΛΑΙΟΚΡΑΜΒΗΣ ΣΤΙΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΤΗΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ.....	731
Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Ι. Παναγιώτου και Π. Βύρλας ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΠΟΡΟΥ, ΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΠΙΤΑΣ ΔΥΟ ΥΒΡΙΔΙΩΝ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΣΤΗΝ ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ	738
Π. Α. Καλαβριώτου και Θ. Α. Γέμτος	

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΛΑΙΟΥ ΗΛΙΑΝΘΟΥ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΜΕΙΩΜΕΝΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	746
X. Καβαλάρης, X. Καραμούτης, Π. Καλαβρυώτου και Θ.Α. Γέμτος	
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΗΛΙΕΛΑΙΟΥ ΜΕ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΣΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΕ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΑΝΑΦΛΕΞΗΣ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ	754
Α. Μπαλαφούτης, Δ. Μελάς, Α. Νάτσης, Α. Παπαγιαννοπούλου και Γ. Παπαδάκης	
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΑΕΡΙΟΥ ΑΠΟ ΛΥΜΑΤΑ ΧΟΙΡΩΝ ΣΕ ΔΥΟ ΣΕ ΣΕΙΡΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΕΣ CSTR ΣΤΗ ΜΕΣΟΦΙΛΗ ΚΑΙ ΥΠΕΡΘΕΡΜΟΦΙΛΗ ΖΩΝΗ.....	762
Ι. Φωτίδης, Ν. Τσολάκης, Θ. Κωτσόπουλος και Γ. Γ. Μαρτζόπουλος	

ΕΝΟΤΗΤΑ 9: ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ.769

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΚΡΟΦΥΣΙΩΝ ΕΚΝΕΦΩΣΗΣ ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΜΕ ΦΘΟΡΙΣΜΟ	771
Μ. Βλαχογιάννης, Β. Ιακωβάκης, Θ. Τσιρίκογλου και Δ. Χάχαλης	
ΑΜΑΔΑ: ΜΙΑ ΠΟΛΥΧΡΗΣΤΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΑΓΡΩΝ.....	779
Ι. Γράβαλος, Ζ. Τσιρόπουλος, Θ. Γιαλαμάς, Ζ. Κουτσοφίτης, Π. Ξυραδάκης, Δ. Κατέρης, Ε. Ντάφας, Θ. Λέλλης	
ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΔΑΦΟΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΣΜΟΚΟΒΟΥ	787
Α. Αυγουστής, Μ. Σαπουντζής, Δ. Κατέρης, Ι. Γράβαλος, Π. Ξυραδάκης	
ΙΧΝΗΛΑΣΙΜΟΤΗΤΑ ΕΝΤΟΣ ΑΓΡΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΟΠΩΡΟΦΟΡΩΝ ΔΕΝΔΡΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ RFID	795
Ι.Γ. Αμπατζίδης, Σ.Γ. Βουγιούκας και Δ.Δ. Μπόχτης	
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΣΤΟΥΣ ΕΠΙΤΟΠΙΟΥΣ ΕΛΕΓΧΟΥΣ ΤΗΣ ΕΝΙΑΙΑΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΤΗΝΟ	803
Νικόλαος Μαλάμος, Γεώργιος Παγανέλης	
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ SLURP ΚΑΙ GIS ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΑΛΜΩΠΑΙΟΥ	812
Π.Ε. Γεωργίου, Γ. Γεωργούλιας, Δ.Μ. Παπαμιχαήλ και Μ.Ι. Διαμαντοπούλου	
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΜΕ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ	821
Δ.Δ. Μπόχτης, Σ.Γ. Βουγιούκας, Ι.Γ. Αμπατζίδης και Κ.Α. Τσατσαρέλης	
ΜΗ-ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΠΡΟΒΛΕΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΒΑΣΕΙ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗ ΠΛΟΗΓΗΣΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΟΧΗΜΑΤΩΝ	829
Σ. Γ. Βουγιούκας	
ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΤΟΠΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ.....	835
Κατσαλής Κ., Ξενάκης Α., Σακαλλερίου Α., Κίκριας Π.	
ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΩΝ ΣΤΑΦΥΛΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΗ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ.....	843
Ι.Γ. Αμπατζίδης, Γ.Σ. Τζελέπης και Σ.Γ. Βουγιούκας	
ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΕΛΛΗΝΩΝ ΑΓΡΟΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	850
Σ. ΜΟΥΡΤΖΙΝΗΣ, Σ. ΦΟΥΝΤΑΣ, Θ. ΓΕΜΤΟΣ	
ΜΕΛΕΤΗ ΧΩΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΙΚΗΣ ΠΑΡΑΛΛΑΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΟΠΩΡΩΝΕΣ ΜΗΛΙΑΣ.....	858
Α. Δ. Αγγελοπούλου, Σ. Blackmore, Σ. Φουντάς, Θ. Α. Γέμτος και Γ. Δ. Νάνος	

ΖΩΝΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΒΑΣΕΙ ΧΑΡΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ	866
Α. Τάνος, Α. Αγγελοπούλου, Σ. Φουντάς, Θ.Α. Γέμτος, Γ.Δ. Νάνος και Α. Χατζηνίκος ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΟΠΗΣ ΧΟΡΤΟΥ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΥΤΟΝΟΜΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ.....	874
Δ. Μπόχτης, H.W. Griepentrog, Σ. Βουγιούκας, N.A. Andersen ΧΡΗΣΗ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ SPOT 5 ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΓΡΟΤΕΜΑΧΙΩΝ	882
Λ. Τούλιος, Δ. Δουδουμοπούλου, Μ. Τούλιος, και Δ. Χατζημιτσής ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΡΕΥΣΤΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΣΕ ΚΕΛΙ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ ΕΥΘΕΩΣ ΚΑΝΑΛΙΟΥ.....	890
Αικατερίνη Α. Μπαξεβάνου, Δημήτριος Κ. Φείδαρος ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΧΑΜΗΛΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ.....	898
Τρέσσος Κ.Δ., Ανδρέου Ι.Α., Blackmore S. , Φουντάς Σ., Γέμτος Θ.Α.	

Κατάλογος Συγγραφέων

Αγγελοπούλου	A.	Δημοπούλου	K.
Αλαμάνου	M.	Διαμαντόπουλος	E.
Αλεξίου	Δ.	Διαμαντοπούλου	M.I.
Αλεξίου	I.	Δομενικιώτης	X.
Άμπας	B.	Δουδουμοπούλου	Δ.
Αμπατζίδης	I.Γ.	Ελμαλόγλου	Σ.
Αναστασόπουλος	H.	Εσσάμ	M.
Ανδρέου	A.	Ζαγορίτης	A.
Άνθης	A.	Ζάννης	K.
Αντωνόπουλος	B.	Ζαραγκότας	X.
Αραβαντινός-Καρλάτος	E.	Ηλιόπουλος	X.
Αραμπατζής	Γ.	Θεοδωρίδη	Θ.
Ασχονίτης	B.	Θεοχάρης	M.
Αυγουλάς	X.	Ιακωβάκης	B.
Αυγουστής	A.	Καβαλάρης	X.
Βαγγέλας	I.	Καλαβρυώτου	Π.
Βαλιάντζας	I.	Καλφούντζος	Δ.
Βασιλάκογλου	I.	Καπετάνιος	N.
Βασιλειάδης	Λ.	Καραγιάννης	A.
Βαφειάδης	Δ.	Καραγιάννης	E.
Βαφειάδης	I.	Καραμάνος	A.
Βέντζας	Δ.	Καραμούζης	Δ.N.
Βλαχογιάννης	M.	Καραμούτης	X.
Βλάχος	B.	Καραρίζος	Π.
Βογιατζή	E.	Κάργας	Γ.
Βουγιούκας	Σ.	Καρπούζος	Δ.
Βούλγαρης	Θ.	Κατέρης	Δ.
Βύρλας	Π.	Κατσαλής	K.
Γέμτος	Θ.	Κατσούλας	N.
Γεωργίου	Π.E.	Κερκίδης	Π.
Γεωργούλιας	Γ.	Κίκιρας	Π.
Γεωργούσης	X.	Κίττας	K.
Γιαλαμάς	Θ.	Κόκορας	I.
Γιαμούρη	M.	Κολιπέτσας	K.
Γιαννούλης	A.	Κοτσακιώτη	X.K.
Γκόλια	E.	Κούγιας	Π.
Γκουγκουλιάς	N.	Κουτσερής	E.
Γράβαλος	I.	Κουτσοφίτης	Z.
Γραβάνης	Γ.	Κυρίκου	I.
Γραβάνης	Φ.	Κωτσόπουλος	Θ.
Δαλέζιος	N.	Κωτσόπουλος	Σ.
Δεδούσης	A.	Λάκης	X.
Δέρκας	N.	Λάμπου	E.
Δημήρκου	A.	Λαμπρινός	Γ.
Δημητριάδης	X.	Λεκάκης	E.H.
Δημόκας	Γ.	Λέλλης	Θ.
Δημόκας	N.	Λιανός	Γ.

Λίτσκας	Β.	Παναγιωτίδη	Α.
Λόκκας	Φ.	Παναγιωτόπουλος	Κ.Π.
Λόντρα	Π.	Παναγιώτου	Ι.
Λουκάς	Α.	Πανώρας	Α.
Λυκοσκούφης	Ι.	Παπαγιαννοπούλου	Α.
Μαγαλιός	Σ.	Παπαδάκης	Γ.
Μαθιουλάκης	Ε.	Παπαδήμας	Κ.
Μαλάμος	Ν.	Παπαδόπουλος	Α.
Μανωλαράκη	Χ.	Παπαδόπουλος	Φ.
Μανωλοπούλου	Ε.	Παπαδοπούλου	Ο.
Μαρτζόπουλος	Γ.	Παπαμάνθος	Χ.
Μαυρογιαννόπουλος	Γ.	Παπαμιχαήλ	Δ.
Μελάς	Δ.	Παπανικολάου	Χ.
Μητρόπουλος	Δ.	Παπαχρήστου	Ε.
Μήτσιοις	Ι.Κ.	Παράφορος	Δ.
Μήτσιου	Π.	Παρισόπουλος	Γ.
Μουρτζίνης	Σ.	Πατελοδήμου	Σ.
Μουσουλιώτης	Α.	Πατσιαλή	Σ.
Μπαλαφουτης	Α.	Πατσιαλής	Κ.
Μπαλτάς	Ε.	Παυλάτου Βε	Α.
Μπαμπατζιμόπουλος	Χ.	Πεντάρης	Ν.
Μπαξεβάνου	Α.	Πεπονάκης	Κ.
Μπαρτζάνας	Θ.	Πετσάνη	Δ.
Μπελεσιώτης	Β.	Πούλιος	Ι.
Μπιλάλης	Δ.	Προδρόμου	Κ.Π.
Μπίσκα	Π.Ε.	Ραμινιώτης	Θ.
Μπλάντα	Α.	Σάββας	Δ.
Μπότας	Μ.	Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη	Μ.
Μπόχτης	Δ.	Σακκάς	Χ.
Μπριασούλης	Δ.	Σαμαράς	Θ.
Μυγδάκος	Γ.	Σαπουντζάκης	Γ.
Μυγδάκος	Ε.	Σαπουντζής	Μ.
Μυστριώτης	Α.	Σγουμποπούλου	Α.
Νάνμος	Ν.	Σήμης	Α.
Νάνος	Γ.Δ.	Σκαμαγκούλης	Γ.
Νάτσης	Α.	Σούλης	Κ.
Νάτσης	Η.	Σπανομήτρος	Ι.Α.
Νικήτα-Μαρτζοπούλου	Χ.	Σταμούλης	Γ.
Ντάφας	Ε.	Σταυρινός	Ε.
Ντίνας	Γ.	Συλλαίος	Ν.
Ντιούδης	Ι.Π.	Τάνος	Α.
Ντιρογιάννης	Α.Γ.	Τζαμπύρας	Γ.
Ξανθόπουλος	Γ.	Τζελέπης	Γ.Σ.
Ξανάκης	Απ.	Τζιαφάς	Γ.
Ξένος-Κοκολέτσης	Π.	Τζιαχρής	Π.
Ξυραδάκης	Π.	Τζιγκούρας	Ι.
Παγανέλης	Γ.	Τίγκας	Δ.

Τοπάλογλου	X.	Φουντάς	Σ.
Τούλιος	Λ.	Φωτίδης	I.
Τούλιος	M.	Χαλασοχώρη	N.
Τρέσσο	K.Δ.	Χατζηγιαννάκης	E.
Τρυπαναγνωστόπουλος	I.	Χατζημιτσής	Δ.
Τσακίρης	Γ.	Χατζής	E.
Τσάντζος	Σ.	Χάχαλης	Δ.
Τσατσαρέλης	K.A.	Χισκάκης	M.
Τσιάνος	N.	Χουλιάρας	N.
Τσιούρης	Σ.	Χρίστου	O.
Τσιρίκογλου	Θ.	Ψυχογιού	Σ.
Τσιρογιάννης	I.Λ.	Blackmore	S.
Τσιρόπουλος	Z.	Brighton	J.L.
Τσιτσιγιάννης	A.	Draoui	B.
Τσολάκη	Γ.	Godwin	R.
Τσολάκης	N.	Griepentrog	H.W.
Φασουλή	B.	Rahil	M.H.
Φεΐδαρος	Δ.	Tadj	N.
Φιλίντας	Θ.Αγ.	Tchamitchian	M.
Φλωράς	Στ.	Tillett	N.

Ενότητα 1:

Γεωργικά Μηχανήματα – Εξοπλισμοί

(106)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΡΙΕΤΟΥΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΙ ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΒΑΜΒΑΚΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ: ΝΕΟΤΕΡΑ ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μυγδάκος Ε.¹, Πατσιαλή Σ.², Αυγουλάς Χ.², Μυγδάκος Γ.³

¹ Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμ. Διοίκησης Επιχ. Αγρ. Προϊόντων και Τροφίμων, Σεφέρη 2, Αγρίνιο 30100, τηλ. 26410 39524, Fax 26410 39574, email: emygdak@cc.uoi.gr

² Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Γεωργίας

³ Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή ερευνάται η οικονομικότητα της βιολογικής καλλιέργειας βαμβακιού έναντι της συμβατικής, σε πείραμα 3 ετών με 4 μεταχειρίσεις και 4 επαναλήψεις πλήρως τυχαιοποιημένες, με τη χρήση βίκου ως χειμερινής καλλιέργειας και ενσωμάτωσή του για χλωρή λίπανση ή με κόψιμο και πώληση ως σανό, τη χρήση μάρτυρα χωρίς λίπανση και τη συμβατική καλλιέργεια για σύγκριση. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερο κόστος στη βιολογική καλλιέργεια, σημαντικά υψηλότερη απόδοση και ακόμη πιο σημαντικά υψηλότερο ακαθάριστο κέρδος υπέρ της βιολογικής καλλιέργειας, με την ίδια τιμή πώλησης του προϊόντος. Με υψηλότερη τιμή πώλησης του βιολογικού βαμβακιού κατά 22-31% και επιδότηση 60 €/στρέμμα, η βιολογική καλλιέργεια υπερέχει κατά πολύ της συμβατικής ακόμη και χωρίς καμιά λίπανση.

EXPERIMENTAL DATA OF THREE YEARS CULTIVATION OF ORGANIC AND CONVENTIONAL COTTON IN GREECE: NEW ECONOMIC RESULTS

E. Mygdakos¹, S. Patsiali², Ch. Avgoulas², Gr. Mygdakos³

¹ University of Ioannina, Dept. of Agribusiness Management, Agrinio, 30100, Greece. e-mail: emygdak@cc.uoi.gr

² Agricultural University of Athens, Greece.

³ University of Patras, Department of Business Administration

ABSTRACT

In this study an attempt has been made to evaluate the economic potential of organic growing cotton against conventional cotton, under Greek conditions. Organic and conventional systems of cotton growing were compared in terms of yields, costs and earnings. To this end, a three year (2003-2005) randomized complete block design with four treatments and four replications was carried out. The experimental data were analyzed by using the statistical method of analysis of variance. The results obtained have shown a significantly lower cost for organic cotton up to 6.2 percent, a significantly higher yield up to 8 percent and an even significantly higher gross margin up to 55.1 percent in favor of organic cotton, when crop is sold in flat prices. If premium price and subsidies for organic cotton were taken into account, the gross margin values became highly significant compared to conventional cotton.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το βαμβάκι είναι το περισσότερο ενδιαφέρον προϊόν παγκοσμίως με μια παραγωγή που φτάνει τα 23 εκατομμύρια τόνους εκκοκκισμένου βαμβακιού και προσφορά εισοδήματος σε παραγωγούς 60 και πλέον χωρών στον κόσμο [7,27]. Μεταξύ των χωρών αυτών περιλαμβάνεται και η χώρα μας, όπου το βαμβάκι το αποκαλούμενο και «λευκός χρυσός» κατέχει την πρώτη θέση από την άποψη της ακαθάριστης αξίας ύψους 1,2 δισεκατομμυρίων Ευρώ, καλύπτοντας μια έκταση γύρω στα 400000 εκτάρια με μια παραγωγή που ξεπερνά τους 1.300.000 τόνους [18]. Στη βαμβακοκαλλιέργεια ασχολούνται 100.000 γεωργικές οικογένειες ενώ άλλες 80.000 αστικές οικογένειες εμπλέκονται έμμεσα με το προϊόν [1,24]. Όπως και στις άλλες καλλιέργειες έτσι και στο βαμβάκι τα τελευταία 60 χρόνια είχε παρατηρηθεί σημαντική αύξηση των αποδόσεων, λόγω της ευρείας χρήσης των αγροχημικών, της νέας τεχνολογίας, των νέων ποικιλιών κλπ. Οι μεγάλες όμως αυξήσεις των αποδόσεων τόσο στο βαμβάκι όσο και στις άλλες καλλιέργειες είχαν και τις συνέπειές τους όπως: Η μείωση της οργανικής ουσίας, η διάβρωση και υποβάθμιση του εδάφους, η ρύπανση του περιβάλλοντος και των υπογείων υδάτων, η υποβάθμιση της ποιότητας των προϊόντων, τα μεγάλα αποθέματα προϊόντων, το αυξημένο κόστος παραγωγής και άλλα, για τα οποία η σημερινή εντατική ή εκμηχανισμένη γεωργία ενοχοποιείται σε μεγάλο βαθμό [3,4,5,8,20,24,27].

Μπροστά σ' αυτή την κατάσταση η λύση που προτείνεται από πολλούς ερευνητές, διάφορους φορείς και από την Ευρωπαϊκή Ένωση είναι η αειφορική γεωργία, η οποία βασίζεται στη μηδενική χρήση αγροχημικών και στην αντικατάσταση των εκτός γεωργίας εισροών με προερχόμενες από τη γεωργία για την παραγωγή υγιεινών προϊόντων και την υγιεινή διατροφή του ανθρώπου, συμπεριλαμβανομένης και της Μεσογειακής διατροφής [4,20,28,29,32,33,34].

Η βιολογική γεωργία μπορεί να εφαρμοστεί και στην καλλιέργεια βαμβακιού που εμφανίζεται ως η πιο απαιτητική καλλιέργεια σε αγροχημικά, με συνέπεια τη σημαντική μείωση του οικονομικού αποτελέσματος της καλλιέργειας αφού το κόστος τους κυμαίνεται από 50% έως 86% του συνολικού κόστους παραγωγής του προϊόντος [8,12,13,14].

Σύμφωνα με τη Διεθνή Συμβουλευτική Επιτροπή Βάμβακος: "Οργανικό βαμβάκι είναι αυτό που παράγεται χωρίς χημικά λιπάσματα, μυκητοκτόνα, εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, ρυθμιστές ανάπτυξης και αποφυλλωτικά, το οποίο πιστοποιείται από αρμόδιο φορέα πιστοποίησης" [14]. Βιολογικό βαμβάκι καλλιεργείται στην Τουρκία, στις ΗΠΑ, στην Ινδία, στην Αργεντινή, στην Αυστραλία, στην Αίγυπτο, στη Βραζιλία κλπ. σε μικρή κλίμακα και πωλείται σε τιμές μέχρι και 20-22% πάνω από το συμβατικό [6,8,14,].

Μέχρι σήμερα η παραγωγή του βιολογικού βαμβακιού είναι περιορισμένη λόγω πολλών περιοριστικών παραγόντων [11,14,15,19]. Αποτέλεσμα των παραγόντων αυτών είναι οι χαμηλότερες στρεμματικές αποδόσεις της οργανικής καλλιέργειας βαμβακιού σε σχέση με αυτές της συμβατικής καλλιέργειας. Σύμφωνα με τη Διεθνή Συμβουλευτική Επιτροπή Βάμβακος, η μείωση της απόδοσης κυμαίνεται από 1 % μέχρι και 43%. Υπάρχουν όμως και αναφορές για μη σημαντικές ή καθόλου διαφορές στην απόδοση μεταξύ βιολογικής και συμβατικής καλλιέργειας [8,31], καθώς και αναφορές για μεγαλύτερες αποδόσεις της βιολογικής καλλιέργειας βαμβακιού μέχρι και 7% και υψηλότερες ακόμη στις ΗΠΑ και αλλού [6, 7,11,14, 15,16,23].

Αναφορικά με την ποιότητα, το οικολογικό βαμβάκι φαίνεται να υπερτερεί από άποψη υγιεινής, ομοιομορφίας, ωριμότητας, αντοχής και πιθανώς και μικροναίρ λόγω της μη χρησιμοποίησης αγροχημικών και αποφυλλωτικών, ενώ το μήκος της ίνας και η κλάση φαίνονται χαμηλότερα [2,14].

Τέλος, σε ότι αφορά στο κόστος παραγωγής τα ελάχιστα δεδομένα δείχνουν ότι οι

δαπάνες παραγωγής του βιολογικού βαμβακιού είναι υψηλότερες κατά 10% -15% σε σχέση με το συμβατικό, γεγονός που αποδίδεται στις δαπάνες για την καταπολέμηση των ζιζανίων και των εντόμων και στη μειωμένη απόδοση [8,14,20,21]. Συνέπεια του υψηλότερου κόστους παραγωγής είναι και οι υψηλότερες τιμές πώλησης του βιολογικού βαμβακιού [2,8]. Υπάρχουν όμως και αναφορές όπου το καθαρό κέρδος του βιολογικού βαμβακιού ήταν μεγαλύτερο από αυτό του συμβατικού [6,7,23].

Στη χώρα μας έγινε τα τελευταία χρόνια μια προσπάθεια καλλιέργειας βιολογικού βαμβακιού σε περιορισμένη έκταση χωρίς ικανοποιητικά οικονομικά αποτελέσματα [35]. Ο Οργανισμός Βάμβακος, αντίθετα, σε μια εξαετή πειραματική έρευνα καλλιέργειας βιολογικού και συμβατικού βαμβακιού διαπίστωσε πολύ θετικά αποτελέσματα υπέρ της βιολογικής καλλιέργειας. Συγκεκριμένα, η βιολογική καλλιέργεια βαμβακιού με τη χρησιμοποίηση ψυχανθούς (κουκιών ή βίκου) για χλωρή λίπανση, υπερέιχε της συμβατικής καλλιέργειας σε απόδοση κατά 525 κιλά/εκτάριο ή 14,5% και σε ακαθάριστο κέρδος κατά 312 €/εκτάριο ή 24,3% περίπου [25,26].

Στην παρούσα εργασία γίνεται συγκριτική ανάλυση των οικονομικών αποτελεσμάτων της συμβατικής καλλιέργειας βαμβακιού με τη βιολογική καλλιέργεια, στην οποία χρησιμοποιείται ο βίκος ως χειμερινή καλλιέργεια (cover crop) και είτε ενσωματώνεται για χλωρή λίπανση, είτε κόβεται και πωλείται για απόκτηση επιπλέον εισοδήματος. Το δεύτερο αυτό στοιχείο αποτελεί μια καινοτομία της παρούσας έρευνας σε σχέση με προηγούμενες ανάλογες μελέτες, η οποία γίνεται για πρώτη φορά στη χώρα μας. Παράλληλα ερευνάται και η περίπτωση της βιολογικής καλλιέργειας βαμβακιού χωρίς καμιά λίπανση (μάρτυρας). Η συγκριτική μελέτη των αποδόσεων και των οικονομικών αποτελεσμάτων της συμβατικής και βιολογικής καλλιέργειας βαμβακιού γίνεται με βάση το ακαθάριστο κέρδος, που είναι η διαφορά μεταξύ ακαθάριστης προσόδου και μεταβλητών (άμεσων) δαπανών παραγωγής του προϊόντος [11,17,18,20].

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το πείραμα της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκε στην περιοχή Παλαμά Καρδίτσας την τριετία 2003-2005. Αποτελείται από τέσσερις τυχαιοποιημένες πλήρως ομάδες με τέσσερις επαναλήψεις συνολικής έκτασης 2.560 τ.μ. Οι τέσσερις μεταχειρίσεις είναι: Η βιολογική καλλιέργεια βαμβακιού με χρησιμοποίηση βίκου για χλωρή λίπανση. Η βιολογική καλλιέργεια όπου ο βίκος κόβεται και πωλείται ως σανό για απόκτηση δεύτερου εισοδήματος από τον ίδιο αγρό την ίδια χρονιά. Η βιολογική καλλιέργεια – μάρτυρας, χωρίς καμιά λίπανση, και η συμβατική καλλιέργεια.

Η μηχανική σύσταση του εδάφους, όπως προέκυψε από τη σχετική ανάλυση είναι: άμμος 34%, άργιλος 25% και ιλύς 41%. Το PH είναι 8,4 και η οργανική ουσία 0,8%.

Οι καλλιεργητικές φροντίδες του πειραματικού τεμαχίου ξεκινάνε από το φθινόπωρο με την κοπή των βαμβακοστελεχών και ακολουθούν οι εξής εργασίες:

α. Στην πρώτη μεταχείριση μετά τη στελεχοκοπή ακολουθεί η σπορά του βίκου, ο οποίος αναπτύσσεται όλο το χειμώνα και στις αρχές Απριλίου γίνεται ενσωμάτωσή του. Στη συνέχεια γίνεται κατάλληλη προετοιμασία της σποροκλίνης και ακολουθεί η σπορά του βαμβακιού. Η ποσότητα της χλωρής βιομάζας του βίκου κυμαίνεται γύρω στα 14000 κιλά/εκτάριο [26].

β. Στη δεύτερη μεταχείριση ακολουθείται η ίδια διαδικασία σποράς του βίκου με την πρώτη μεταχείριση, την ίδια ημέρα. Όμως την άνοιξη ο βίκος κόβεται ξηραίνεται και πωλείται για ζωοτροφή. Στη συνέχεια γίνεται προετοιμασία για τη δημιουργία της επιθυμητής σποροκλίνης και σπορά του βαμβακιού. Η ποσότητα ξηράς μάζας (σανού) που πωλείται ανέρχεται σε 1650 κιλά/εκτάριο [26].

γ. Στην τρίτη μεταχείριση μετά την κοπή των στελεχών γίνεται όργωμα ή καλλιεργητής. Την άνοιξη πραγματοποιούνται οι αναγκαίες προετοιμασίες για τη

δημιουργία της κατάλληλης σποροκλίνης, χωρίς καμιά λίπανση και ακολουθεί η σπορά.

δ. Στην τέταρτη μεταχείριση γίνονται οι ίδιες επεμβάσεις, όπως και στην τρίτη μεταχείριση, καθώς και λίπανση με 500 κιλά/εκτάριο λιπάσματος του τύπου 20-10-10, ζιζανιοκτονία και στη συνέχεια δημιουργία της κατάλληλης σποροκλίνης και σπορά του βαμβακιού.

Η σπορά γίνεται μεταξύ 20 και 30 Απριλίου με την ποικιλία Celia, σε ποσότητα 30 κιλών /εκτάριο. Μετά το φύτευμα ακολουθούν δύο μηχανοσκαλίσματα και δύο τσαπίσματα για την καταστροφή των ζιζανίων σε όλες τις μεταχειρίσεις. Μέσα στην καλλιεργητική περίοδο γίνονται τρία με τέσσερα ποτίσματα με το σύστημα σταγόνας για όλη την περίοδο. Καμιά άλλη επέμβαση από καλλιεργητικής πλευράς δεν έγινε ούτε χρειάστηκε να γίνει διότι δεν υπήρξε κανένα πρόβλημα.

Η συγκομιδή του βαμβακιού γίνεται με τα χέρια στις δύο μεσαίες γραμμές των επαναλήψεων δύο φορές και τα δείγματα ζυγίζονται και γίνεται αναγωγή ανά εκτάριο για τη σύγκριση.

Για όλη την καλλιεργητική περίοδο καταγράφονται όλα τα οικονομικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό των δαπανών παραγωγής, του μεταβλητού κόστους και των οικονομικών αποτελεσμάτων. Τα δεδομένα αυτά αναλύονται και συστηματοποιούνται με βάση το ακαθάριστο κέρδος ως στοιχείο σύγκρισης [15,17,18,20]. Παράλληλα πραγματοποιείται στατιστική ανάλυση των δεδομένων με το στατιστικό πακέτο SPSS 13 (ανάλυση διακύμανσης και ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων) για τη διεξαγωγή των σχετικών συμπερασμάτων.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στους Πίνακες 1 και 2 φαίνονται τα αποτελέσματα της τριετούς έρευνας. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα οικονομικά αποτελέσματα και στον πίνακα 2 τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων της τριετίας. Παρατηρώντας τον πίνακα 1 διαπιστώνονται τα εξής:

1. Η απόδοση είναι μεγαλύτερη (3903 κιλά/εκτάριο.) στη μεταχείριση όπου απομακρύνεται ο βίκος και σχετικά χαμηλότερη (3780 κιλά/εκτάριο. ή ποσοστό 98,2%) στη μεταχείριση όπου ενσωματώνεται ο βίκος, αν και το αντίθετο θα έπρεπε να αναμένεται, αφού στη δεύτερη περίπτωση γίνεται και χλωρή λίπανση με την ενσωμάτωση του βίκου. Η υστέρηση αυτή αποδίδεται στη βραδεία ανοργανοποίηση της βιομάζας που ενσωματώνεται στο έδαφος γνωστή και ως «Προσωρινή ακινητοποίηση του Αζώτου» (temporary nitrogen immobilization), με συνέπεια τη σχετικά περιορισμένη ανάπτυξη και παραγωγή των φυτών της μεταχείρισης αυτής σε σχέση με την περίπτωση που ο βίκος απομακρύνεται. Ακολουθεί η συμβατική καλλιέργεια με ακόμη μικρότερη απόδοση (3617 κιλά/εκτάριο. ή ποσοστό 92% σε σχέση με την πρώτη μεταχείριση και 94% σε σχέση με τη δεύτερη μεταχείριση) και τελευταία έρχεται η μεταχείριση χωρίς λίπανση (3053 κιλά/εκτάριο. ή ποσοστό 86% σε σχέση με τη συμβατική καλλιέργεια). Τα θετικά αυτά αποτελέσματα της βιολογικής καλλιέργειας βαμβακιού με χρήση του βίκου ως χειμερινή καλλιέργεια συμφωνούν με τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών του Οργανισμού Βάμβακος αλλά και άλλων ερευνητών, επιβεβαιώνοντας για μια φορά ακόμη τη δυνατότητα και χρησιμότητα των ψυχανθών, σε αντικατάσταση των χημικών λιπασμάτων, δείχνοντας παράλληλα και την κατεύθυνση προς την οποία πρέπει να κινηθούν οι βαμβακοπαραγωγοί μας για μεγαλύτερες αποδόσεις και μικρότερους κινδύνους και συνέπειες για τους ίδιους και το περιβάλλον [6,23,25,26].

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Απόδοση, κόστος και ακαθάριστο κέρδος βιολογικής και συμβατικής καλλιέργειας βαμβακιού, μέσοι όροι αποτελεσμάτων τριετίας (2003-2005)

Είδη στοιχείων	Οργανική καλλιέργεια βαμβακιού			Συμβατική καλλιέργεια βαμβακιού
	με ενσωματούμενο το βίκο	με κόψιμο και απομάκρυνση του βίκου	χωρίς καμιά λίπανση	
Απόδοση βαμβακιού (κιλά/εκτάριο)	3,780	3,903	3,053	3,617
Τιμή βαμ/κιού. (€/κίλό)	0.75	0.75	0.75	0.75
Ακαθ.προσ. βαμβακιού. (€/εκτάριο)	2,835	2,927	2,290	2,713
Απόδοση βίκου (κιλά/εκτάριο)		1650		
Τιμή βίκου(€/κίλό)		0.2		
Ακαθ. πρόσδοος βίκου (€/εκτάριο)		330		
Συν.ακαθαρ. πρόσδοος (€/εκτάριο)	2,835	3,257	2,290	2,713
Συνολικές άμεσες δαπάνες (€/εκτάριο)	1,780	1,788	1,403	1,766
Άμεσο κόστος (€/κίλό)	0.47	0.46	0.46	0.49
Ακαθάριστο κέρδος (€/εκτάριο)	1,055	1,469	887	947
Πρόσοδος από αυξημ. τιμή (0,235 €/κίλό) βιολ. βαμβακιού. (€/εκτάριο)	888	917	717	0
Πρόσοδος. με αυξημένη. τιμή βιολογ. βαμβ. (€/εκτάριο)	3,723	4,174	3,007	2,713
Ακαθ. κέρδος με αυξ. τιμή βιολ.βαμβ. (€/εκτάριο)	1,943	2,386	1,604	947

2. Η ακαθάριστη πρόσδοος του βαμβακιού, που είναι συνάρτηση της απόδοσης και της τιμής του προϊόντος, εμφανίζεται υψηλότερη στη μεταχείριση με απομακρυνόμενο το βίκο με 2927 €/εκτάριο, ως αποτέλεσμα της υψηλότερης απόδοσης σε σύσπορο βαμβάκι. Στη μεταχείριση αυτή θα πρέπει να προστεθεί και η ακαθάριστη πρόσδοος από την πώληση του βίκου που είναι 330 €/εκτάριο. (1650 κιλά x 0.20 €/κίλό.), οπότε η συνολική ακαθάριστη πρόσδοος φτάνει στα 3257 €/εκτάριο. Στη συνέχεια έρχεται η μεταχείριση με ενσωματούμενο το βίκο με 2835 €/εκτάριο ή ποσοστό 98,1% σε σχέση με την προηγούμενη και ακολουθεί η συμβατική καλλιέργεια με 2713 €/εκτάριο ή

ποσοστό 83,8% σε σχέση με την πρώτη και 94,3% σε σχέση με τη δεύτερη. Τελευταία βρίσκεται η μεταχείριση χωρίς λίπανση με 2290 €/εκτάριο ή ποσοστό 86% σε σχέση με τη συμβατική καλλιέργεια.

3. Οι συνολικές μεταβλητές (άμεσες) δαπάνες παραγωγής εμφανίζονται υψηλότερες (1788 €/εκτάριο) στη μεταχείριση με απομακρυνόμενο το βίκο, είναι ελάχιστα χαμηλότερες (1780 €/εκτάριο) στη μεταχείριση με ενσωματούμενο το βίκο και ελάχιστα, επίσης, χαμηλότερες (1766 €/εκτάριο) στη συμβατική καλλιέργεια. Αυτό σημαίνει ότι οι δαπάνες λίπανσης και ζιζανιοκτονίας της συμβατικής καλλιέργειας, ισοσκελίζονται από τις δαπάνες που αφορούν στην καλλιέργεια του βίκου, στην κοπή, στην ενσωμάτωση κλπ. Πολύ λιγότερες (1403 €/εκτάριο.) είναι οι μεταβλητές δαπάνες παραγωγής στη μεταχείριση χωρίς λίπανση, κάτι που είναι λογικό, αφού δεν υπάρχουν δαπάνες για βίκο, λίπανση και ζιζανιοκτονία.

4. Το μεταβλητό κόστος παραγωγής που είναι συνάρτηση των μεταβλητών δαπανών παραγωγής και της απόδοσης, είναι ίδιο (0,46 €/κιλό) στη μεταχείριση με απομακρυνόμενο το βίκο και στη μεταχείριση χωρίς λίπανση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η μεταχείριση χωρίς λίπανση έχει μεν μικρή απόδοση αλλά έχει και λιγότερες δαπάνες με αποτέλεσμα οι συνέπειες στο κόστος να είναι ίδιες. Ελάχιστα υψηλότερο (0,47 €/κιλό) είναι το κόστος στη μεταχείριση με ενσωματούμενο το βίκο και ακόμη υψηλότερο (0,49 €/κιλό) στη συμβατική καλλιέργεια. Αυτό σημαίνει ότι το κόστος της συμβατικής καλλιέργειας είναι υψηλότερο κατά 7,3% σε σχέση με αυτό των δύο πρώτων μεταχειρίσεων (απομακρυνόμενο βίκο και χωρίς λίπανση) και κατά 1,2% σε σχέση με τη μεταχείριση με ενσωματούμενο το βίκο.

5. Τέλος, το ακαθάριστο κέρδος, που αποτελεί και το μέτρο σύγκρισης μεταξύ των μεταχειρίσεων, παρουσιάζει την εξής εικόνα. Είναι υψηλότερο, όπως είναι λογικό, στη μεταχείριση με απομακρυνόμενο το βίκο φτάνοντας τα 1469 €/εκτάριο, ακολουθεί η μεταχείριση με ενσωματούμενο το βίκο με 1055 €/εκτάριο και έπεται η συμβατική καλλιέργεια με 947 €/εκτάριο που αντιστοιχεί σε ποσοστό 64,5% σε σχέση με την πρώτη μεταχείριση και 90% σε σχέση με τη δεύτερη. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν, επίσης, με εκείνα προηγούμενων μελετών [6,25,26,30] και ενισχύουν ακόμη περισσότερο την οικονομικότητα της βιολογικής καλλιέργειας βαμβακιού σε σχέση με τη συμβατική, αφού το ακαθάριστο κέρδος αυξάνει κατά 522 €/εκτάριο ή ποσοστό 55,1% στην περίπτωση που απομακρύνεται ο βίκος και κατά 108 €/εκτάριο, έναντι 312 €/εκτάριο σε προηγούμενες μελέτες [25,26], στην περίπτωση της ενσωμάτωσης του βίκου για χλωρή λίπανση. Στην τελευταία θέση, όχι όμως μακριά, βρίσκεται η μεταχείριση χωρίς λίπανση με 887 €/εκτάριο ή ποσοστό 93,4% σε σχέση με τη συμβατική καλλιέργεια. που σημαίνει μια διαφορά μόλις 60 €/εκτάριο, έναντι μηδενικής διαφοράς σε προηγούμενες μελέτες [25,26], μια διαφορά που δημιουργεί εύλογα ερωτηματικά αναφορικά με τη χρήση λιπασμάτων στη σημερινή συμβατική βαμβακοκαλλιέργεια.

Τα παραπάνω πολύ θετικά αποτελέσματα για τη βιολογική καλλιέργεια βαμβακιού προέκυψαν στο επίπεδο του αγρού από τη χρήση και μόνο του βίκου για χειμερινή κάλυψη και λίπανση του εδάφους, μια πρακτική χωρίς καμιά δυσκολία εφαρμογής της από τους παραγωγούς. Βεβαίως τα οφέλη αυτά δεν είναι τα μοναδικά. Υπάρχουν και άλλα θετικά στοιχεία για τα βιολογικά προϊόντα στο επίπεδο της αγοράς και συγκεκριμένα οι αυξημένες τιμές των προϊόντων αυτών που φτάνουν και στο διπλάσιο και πλέον της τιμής των συμβατικών [2,5,35]. Για το βιολογικό βαμβάκι στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται τιμές μέχρι και 22% υψηλότερες της τιμής του συμβατικού προϊόντος [2]. Με βάση τη νέα αυξημένη τιμή (κατά 22%) του βιολογικού βαμβακιού, προκύπτουν σημαντικότερα αποτελέσματα υπεροχής της βιολογικής καλλιέργειας, όπως φαίνεται στον πίνακα 1.

Στον πίνακα αυτόν παρουσιάζεται η επιπλέον πρόσδοδος από την αυξημένη τιμή

(premium price) πώλησης του βαμβακιού, η οποία προστιθέμενη στα προηγούμενα μεγέθη δίνει νέα μεγέθη ακαθάριστου προσόδου που είναι 3723 €/εκτάριο για τη μεταχείριση με ενσωματούμενο το βίκο, 4174 €/εκτάριο για την περίπτωση που απομακρύνεται ο βίκος και 3007 €/εκτάριο για την μεταχείριση χωρίς καμιά λίπανση. Τα νέα μεγέθη ακαθάριστου κέρδους είναι τώρα αρκετά υψηλότερα και συγκεκριμένα: Της μεταχείρισης με ενσωματωμένο το βίκο 1943 €/εκτάριο, της περίπτωσης με απομακρυνόμενο το βίκο 2386 €/εκτάριο και της μεταχείρισης χωρίς καμιά λίπανση 1604 €/εκτάριο, ενώ η συμβατική μεταχείριση παραμένει στα 947 €/εκτάριο. Με τα νέα δεδομένα η μεταχείριση με ενσωματωμένο το βίκο έχει αυξημένο ακαθάριστο κέρδος κατά 105%, η μεταχείριση με απομακρυνόμενο το βίκο κατά 152%, αλλά και η μεταχείριση χωρίς καμιά λίπανση υπερέχει τώρα της συμβατικής κατά 69,4% ποσοστό διόλου ευκαταφρόνητο.

Στα παραπάνω δεδομένα έγινε στατιστική ανάλυση με τη μέθοδο της ανάλυσης της διακύμανσης (ANOVA), όπως εφαρμόζεται σε πειραματικά σχέδια πλήρως τυχαιοποιημένων ομάδων. Επιπλέον, για τις πολλαπλές συγκρίσεις μεταξύ των μεταχειρίσεων εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι Bonferroni και Tukey Honest Significant Difference, για επίπεδο σημαντικότητας 5%.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2. Στατιστικά στοιχεία σύγκρισης βιολογικής και συμβατικής καλλιέργειας βαμβακιού, μέσοι όροι αποτελεσμάτων τριετίας (2003-2005)

Μεταχειρίσεις	Απόδοση		Άμεσο κόστος		Ακαθάριστο κέρδος			
	Κιλά ανά εκτάριο	S.D.	€/κλό	S.D.	Ενιαία τιμή		Αυξημένη τιμή	
					€ ανά εκτάριο	S.D.	€ ανά εκτάριο	S.D.
Βιολογική καλλιέργεια βαμβακιού με ενσωματούμε νο το βίκο	3,780 ^a	742	0.47 ^a	0.10	1,055 ^a	404	1,940 ^a	568
Βιολογική καλλιέργεια βαμβακιού με κόψιμο και απομάκρυνση του βίκου	3,903 ^b	682	0.46 ^a	0.08	1,469 ^b	297	2,407 ^b	447
Βιολογική καλλιέργεια βαμβακιού χωρίς καμιά λίπανση	3,053 ^c	650	0.46 ^a	0.08	887 ^c	178	1,686 ^c	309
Συμβατική καλλιέργεια βαμβακιού	3,617 ^d	627	0.49 ^b	0.07	947 ^d	275	947 ^d	275

Τιμές με τα ίδια γράμματα στην ίδια στήλη δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά για επίπεδο σημαντικότητας 5 % ($p < 0.05$)

Μια εικόνα των στατιστικών ευρημάτων της τριετούς έρευνας (2003-2005) παρουσιάζεται στον πίνακα 2. Από τον πίνακα αυτόν διαπιστώνονται τα εξής:

1. Σχετικά με την απόδοση σε σύσπορο βαμβάκι παρατηρείται ότι οι βιολογικές

μεταχειρίσεις με το βίκο έδειξαν στατιστικά σημαντική υπεροχή έναντι της συμβατικής καλλιέργειας για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$. Στατιστικά σημαντική διαφορά υπάρχει και μεταξύ της βιολογικής καλλιέργειας χωρίς λίπανση και της συμβατικής καλλιέργειας για το ίδιο επίπεδο σημαντικότητας, αλλά υπέρ της δεύτερης τη φορά αυτή.

2. Αναφορικά με το μεταβλητό κόστος παραγωγής, η ανάλυση έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ όλων των μεταχειρίσεων της βιολογικής καλλιέργειας και της συμβατικής καλλιέργειας.

3. Τέλος, όσον αφορά στο ακαθάριστο κέρδος οι βιολογικές μεταχειρίσεις με βίκο υπερέχουν στατιστικά σημαντικά της συμβατικής καλλιέργειας για επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$, ενώ η μεταχείριση χωρίς λίπανση υπολείπεται σημαντικά της συμβατικής καλλιέργειας.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της συγκριτικής μελέτης της βιολογικής και συμβατικής καλλιέργειας βαμβακιού στη διάρκεια της τριετούς έρευνας έδειξαν και επιβεβαίωσαν για μια φορά ακόμη ότι η καλλιέργεια βιολογικού βαμβακιού με χρήση του βίκου για λίπανση ή/και για δεύτερο εισόδημα και δυνατή είναι και επικερδής για τους παραγωγούς αλλά και πολλαπλά ωφέλιμη για το περιβάλλον.

Από καλλιεργητικής άποψης δεν παρουσιάστηκε κανένα πρόβλημα στην τριετία σε καμιά φάση της καλλιέργειας, ενώ από οικονομικής άποψης η βιολογική καλλιέργεια υπερείχε σημαντικά.

Η βιολογική καλλιέργεια με χρήση βίκου ενσωματούμενο ή απομακρυνόμενο υπερτερεί σημαντικά της συμβατικής σε απόδοση κατά 4,5% μέχρι 8%, ενώ η βιολογική μεταχείριση χωρίς καμιά λίπανση είχε απόδοση σημαντικά μικρότερη της συμβατικής σε ποσοστό 15,6%.

Το μεταβλητό κόστος παραγωγής στις βιολογικές μεταχειρίσεις (0,46-0,47 €/κιλό) βρέθηκε σημαντικά χαμηλότερο από το αντίστοιχο της συμβατικής καλλιέργειας (0,49 €/κιλό).

Αναφορικά με το ακαθάριστο κέρδος, για ενιαία τιμή πώλησης του βαμβακιού, τα αποτελέσματα είναι ακόμη πιο θετικά. Η μεταχείριση με απομακρυνόμενο το βίκο έχει σημαντικά υψηλότερο ακαθάριστο κέρδος κατά 55,1% έναντι της συμβατικής, η μεταχείριση με ενσωματούμενο το βίκο κατά 11,4% υψηλότερο και η βιολογική μεταχείριση χωρίς λίπανση έχει σημαντικά μικρότερο ακαθάριστο κέρδος σε ποσοστό 6,6% σε σχέση με τη συμβατική καλλιέργεια.

Τα αποτελέσματα αυτά γίνονται ακόμη πιο θετικά για τη βιολογική καλλιέργεια, αν ληφθεί υπόψη αυξημένη τιμή πώλησης του βιολογικού βαμβακιού, κατά 22% περίπου, οπότε το ακαθάριστο κέρδος στη βιολογική καλλιέργεια γίνεται πολύ υψηλότερο ακόμα και στη μεταχείριση χωρίς λίπανση.

Στα παραπάνω οφέλη θα πρέπει να προστεθούν και αυτά από τη μη χρησιμοποίηση των αγροχημικών όπως: της προστασίας του περιβάλλοντος, της υγείας των ανθρώπων, της συμβολής στην ανάπτυξη της κτηνοτροφίας κλπ. για να προκύψουν τα συνολικά οφέλη της βιολογικής καλλιέργειας βαμβακιού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αυγουλάς Χ., Κούτρου Α. 1997. Βαμβάκι, στο Ανάπτυξη και Προοπτικές στον Αγροτικό Τομέα, Γ. Μέργος και Κ. Παπαγεωργίου (Επιμ.) , Εκδόσεις Σταμούλη Αθήνα, σελ85-117.

2. Beltrao N. Viera R. Braga R. 1994. Future possibilities of organic cotton in Brazil, *ICAC*, September, pp.15-21.
3. Carter H. 1989. Agricultural sustainability: an overview and research assessment, *California Agriculture*, Vol. 43, No 3, May-June.
4. Carter H. 1990. The three R's of agricultural sustainability: reality, redirection and restrains, In *Alternative Agriculture Science Review, Special Publication* No 16, Ames, Iowa., Council for Agricultural Sciences and Technology.
5. Γαλανοπούλου Σ., Γεωργιάδης Α., Καλμπουρτζή Κ., Κρυστάλλης Α., Λίγδα Χ., Μηλιάδου Ε., Παπαναγιώτου Ε., Φωτόπουλος Χ. 2001. Βιολογική Γεωργία: Στόχοι – Προοπτικές, *Πρακτικά ημερίδας Δικτύου Βιολογικής Γεωργίας*, Θεσσαλονίκη, 2 Φεβρουαρίου, σελ. 19-34.
6. Eyhorn F. 2006. Organic cotton farming contributes to poverty reduction, *Swiss Federal Institute of Technology*, Switzerland.
7. Eyhorn F., Mader P., Ramakrishnan M. 2005. The impact of organic cotton farming on the livelihoods of smallholders, Research Report, *Research Institute of Organic Agriculture*, Switzerland.
8. Ferrigno S., Ratter S., Ton P., Vodouhe D., Williamson S., Wilson J. 2005. Organic cotton: A new development path for African smallholders, *International Institute for Environment and Development*, Gatekeeperseries 120, London, U.K.
9. Ferrigno S. 2006. Organic cotton fiber report, Organic Exchange, Oakland, Spring.
10. Greenpeace 1992. Green Fields- Grey Future, EC Agricultural Policy at the Crossroads, Greenpeace, Amsterdam.
11. *ICAC Recorder* 2003. Limitations on Organic Cotton Production, March, 2003.
12. *ICAC Recorder* 1998. *Organic Cotton Production – IV*, December 1998.
13. *ICAC Recorder* 1996. World Organic Cotton Production, December 1996.
14. *ICAC* 1994. Organic cotton growing, Washington D C May 27.
15. *ICAC Recorder* 1993. International Conference on Organic Cotton, December, 1993.
16. Kirby A. 2002. Organic farming “a realistic choice”. *Science/Nature*, BBC News, May 2002 (<http://news.bbc.co.uk/1/hi/sci/tech/2017094.stm>).
17. Κίτσοπανίδης Γ. 2006. *Οικονομική Ζωικής Παραγωγής: Αρχές, Εφαρμογές, Τεχνικοοικονομική Ανάλυση*, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις ΖΗΤΗ.
18. Κίτσοπανίδης Γ. και Καμενίδης Χ. 2003. *Αγροτική Οικονομική*, Γ' Έκδοση,, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις ΖΗΤΗ.
19. Klosky K., Tourte L., Swezy S. 1996. Production practices and economic performance for organic cotton in the Northern San Joaquin Valley. *Proceedings of the Beltwide Cotton Conference*, National Cotton Council of America, Memphis, January 8-12 1996 (<http://www.sarep.ucdavis.edu/NEWSLTR/v8n3/sa-13.htm>).
20. Lampkin N. 1990. *Organic farming*, Farming Press, U.K.
21. Lampkin N. 1994. «Organic farming: Sustainable Agriculture in practice», in: N Lampkin and S. Padel (Eds) *The economics of organic farming an international perspective*, Cab International.
22. Lampkin N. and Padel S. 1994. Organic Farming and Agricultural policy in western Europe: An overview, in: N. Lampkin and S. Padel (Eds) *The economics of organic farming an international perspective*, Cab International, pp. 437-456.
23. Mae-Wan Ho 2005. Br. Paul's organic cotton and vegetable farm. *Institute of Science in Society, Science society sustainability*, Press Release 4/11/05 (<http://www.i.-sis.org.uk/BrPaulsOrganicFarm.php>).
24. Mygdakos E. 1982. *The development and use of a simulation model to study group farming systems for mechanical harvesting of cotton in Greece*, PhD Thesis, University of Reading, U.K.

25. Mygdakos E., Patsialis K. Voliotou F. 1998. Comparison between conventional and organic cotton growing in Greece: Economics of four year studies *Proceedings of the world cotton research conference -2: New frontiers in cotton research*, Athens, Greece, September 6 -12, pp.1137-1140.
26. Μυγδάκος Ε και Πατσιαλής Κ. 2001. Συμβατική και οικολογική καλλιέργεια βαμβακιού: Οικονομικά αποτελέσματα, *Πρακτικά ημερίδας Δικτύου Βιολογικής Γεωργίας*, Θεσσαλονίκη, 2 Φεβρουαρίου 2001, σελ.155-172.
27. Myers D. and Stolton S. 1999. *Organic Cotton: From Field to Final Product*, PAN, London, U.K. (<http://www.pan-uk.org/Publications/Briefing/Cotton.htm>).
28. Patronis V., Mavreas K., Sotiropoulos Y. 2004. New Food Consumption Patterns, New Cooperative Patterns and Entrepreneurship: The Case of the "Agri environmental Group of Western Greece", Paper presented at the Conference "Vertical Markets and Cooperative Hierarchies: The Role of Cooperatives in the International Agri-Food Industry, M.A.I.Ch., Chania, Greece, 3-7 September 2004.
29. Regulations No. 2092/91 και 2078/92, E.U.
30. Soth J. 2006. Summary of the organic cotton symposium of November, 30 in Lucerne, *Symposium zur Bio-Baumwolle* (<http://www.bio-baumwolle.ch.>).
31. Swezey S and Goldman P. 1996. Conversion of cotton production to certified organic management in the Northern San Joaquin Valley: Plant development, yield, quality and production costs, *Poceedings of the Beltwide Cotton Conferences*, National Cotton Council of America, P.O. Box 12285, Memphis, TN 38182, USA.
32. Σωτηρόπουλος Ι. και Ντεμούσης Μ. 2002. Η διατροφική κατανάλωση στην Ελλάδα την μεταπολεμική πεντηκονταετία 1950-1999. *Πρακτικά 7^{ου} συνεδρίου της ΕΤΑΓΡΟ με θέμα « Η κοινωνία της υπαίθρου σε ένα μεταβαλλόμενο αγροτικό χώρο»*, Αθήνα 21-23 Νοεμβρίου, σελ. 457- 469.
33. Σωτηρόπουλος Ι. και Πατρώνης Β. 2004. Επιχειρησιακό σχέδιο (Business plan) και χρηματοοικονομική διαχείριση της βιολογικής κτηνοτροφίας. *Διεθνές Συνέδριο με θέμα: «Προβλήματα και προοπτικές της βιολογικής αιγοπροβατοτροφίας»*, Αγροπεριβαλλοντική Ομάδα Βιοκαλλιεργητών Δικτύου Δυτικής Ελλάδας, Αργίνιο, σελ. 31-49.
34. Σωτηρόπουλος Ι, και Ντεμούσης Μ. 2004. Η διεθνοποίηση και βιομηχανοποίηση της ζήτησης και προσφοράς κτηνοτροφικών προϊόντων στην Ελλάδα. *Διεθνές Συνέδριο με θέμα: «Προβλήματα και προοπτικές της βιολογικής αιγοπροβατοτροφίας»*, Αγροπεριβαλλοντική Ομάδα Βιοκαλλιεργητών Δικτύου Δυτικής Ελλάδας, Αργίνιο, 185-200.
35. Φωτόπουλος χ., Παντζιος Χ., Τζουβελέκας Ε. 2001. Συγκριτικό κόστος παραγωγής επιλεγμένων βιοκαλλιεργειών στην Ελλάδα, *Πρακτικά ημερίδας Δικτύου Βιολογικής Γεωργίας*, Θεσσαλονίκη, 2 Φεβρουαρίου 2001, σελ.155-172..
36. Fotopoulos C. and Pantzios C. 1998. A comparative analysis of organic and conventional cotton production in Viotia – Greece. *Proceedings of the world cotton research conference -2: New frontiers in cotton research*, Athens, Greece, September 6 -12 1998, p. 1141-1147.

(107)

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΜΙΑΣ ΒΑΜΒΑΚΟΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ε. Γρ. Μυγδάκος

Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων Αγροτικών Προϊόντων και
Τροφίμων, Σεφέρη 2, Αγρίνιο 30100, Τηλ 26410 39524, e-mail: emygdak@cc.uoi.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή ερευνώνται οι παράγοντες που επηρεάζουν την έκταση βαμβακιού που εξυπηρετεί μια βαμβakoσυλλεκτική μηχανή και το κόστος συγκομιδής στη χώρα μας. Χρησιμοποιήθηκε γι' αυτό ένα μοντέλο προσομοίωσης και στοιχεία από τη Θεσσαλία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τη σημαντικότερη επίδραση ασκούν: οι βροχές, το εύρος της συλλεκτικής περιόδου, το επίπεδο υγρασίας του βαμβακιού, η αξιοπιστία της μηχανής, η επιδότηση και οι απώλειες χρόνου για μετακινήσεις της μηχανής.

FACTORS AFFECTING PICKER CAPACITY, AREA HARVESTED AND HARVESTING COST UNDER GREEK CONDITIONS

E. Gr. Mygdakos

University of Ioannina, Department of Agribusiness Management, Agrinio 30 100,
Greece. email: emygdak@cc.uoi.gr

ABSTRACT

In this study an attempt has been made to determine the factors affecting the efficiency of a cotton picker and the harvesting cost, under Greek conditions. For that purpose, a given machine with certain specifications has been employed and a simulation model incorporating the relevant factors, stochastically, has been developed and used to simulate the harvesting process and calculate the cotton area and cost. The results obtained have shown that picker efficiency is primarily affected by precipitation, rainfall amount, harvesting period, crop moisture content, machine reliability, subsidy and time loss for moving from field to field.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια η διαχείριση αγροτικών μηχανημάτων έχει αποκτήσει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, λόγω του υψηλού κόστους αγοράς και λειτουργίας τους αλλά και της σημαντικής απώλειας χρόνου και προϊόντος από τη μη σωστή χρήση τους, ιδιαίτερα των μηχανών υψηλής απόδοσης, βαμβakoσυλλεκτικών, τευτλοεξαγωγικών, θερίζο-αλωνιστικών κλπ. Οι ιδιοκτήτες και οι υποψήφιοι αγοραστές τέτοιων μηχανημάτων (συνεταιρισμοί, ομάδες παραγωγών κλπ.) πριν την αντικατάσταση ή αγορά των, θα πρέπει να απαντήσουν σε βασικά ερωτήματα, αναφορικά με τον τύπο του μηχανήματος, τη δυναμικότητα και αποδοτικότητά του, την τιμή αγοράς του, στους τεχνικούς και εδαφοκλιματικούς παράγοντες της χώρας κλπ., ώστε να έχουν το καλύτερο οικονομικό αποτέλεσμα [1]. Οι απαντήσεις και οι σχετικές αποφάσεις πρέπει να παρθούν μέσα σε ένα αβέβαιο περιβάλλον όπου διάφοροι παράγοντες μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές απώλειες των προϊόντων (ποσοτικές και ποιοτικές), να αυξήσουν το κόστος συλλογής των και να επηρεάσουν αρνητικά τα αποτελέσματα. Είναι συνεπώς ανάγκη να βρεθεί μια διαδικασία που θα βοηθήσει όλους αυτούς στη λήψη των αποφάσεών τους για αριστοποίηση του αποτελέσματος.

Η τεχνική της προσομοίωσης (simulation technique), που εφαρμόστηκε αρχικά σε διαστημικά προγράμματα, θεωρείται η καταλληλότερη και ευρύτατα χρησιμοποιούμενη για την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων στα οποία εμπλέκονται πολλοί παράγοντες, ιδιαίτερα στοχαστικοί, κάτω από συνθήκες κινδύνου και αβεβαιότητας [2,3,4,1,5]. Σύμφωνα με τον Καθηγητή Shannon [6], η τεχνική της προσομοίωσης είναι μια δυναμική μέθοδος που δίνει τη δυνατότητα πειραματισμού και μελέτης πολύπλοκων συστημάτων, τα οποία δεν είναι δυνατόν να ερευνηθούν διαφορετικά. Ο ίδιος Καθηγητής δίνει έναν ορισμό της προσομοίωσης λέγοντας ότι:

«Προσομοίωση είναι η διαδικασία (μεθοδολογία) σχεδιασμού ενός μοντέλου ενός πραγματικού συστήματος και η διεξαγωγή πειραμάτων με τη βοήθεια αυτού είτε για την κατανόηση της συμπεριφοράς του συστήματος είτε για την εκτίμηση διαφόρων τεχνικών λειτουργίας του συστήματος».

Η μέθοδος της προσομοίωσης είναι ιδιαίτερα χρήσιμη και εφαρμόσιμη για θέματα γεωργικού προγραμματισμού και διαχείρισης γεωργικών μηχανημάτων [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13]. Πολλοί ερευνητές χρησιμοποίησαν την τεχνική της προσομοίωσης για τη μελέτη θεμάτων σχετικών με την επιλογή γεωργικών μηχανημάτων σε διάφορες χώρες του κόσμου και για διάφορες καλλιέργειες, όπως: βαμβάκι, αραβόσιτο, πατάτες, τεύτλα, κλπ. [14,15,16,7,8,9,10,1,11,17,12,13].

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός μοντέλου προσομοίωσης για τη μελέτη της συγκομιδής βαμβακιού στη Θεσσαλία και τον προσδιορισμό των παραγόντων οι οποίοι μεταβάλλονται στοχαστικά και επηρεάζουν την απόδοση της βαμβakoσυλλεκτικής μηχανής, την εξυπηρετούμενη έκταση βαμβακιού και το κόστος συλλογής, κάτω από τις συνθήκες της περιοχής και τις εξής προϋποθέσεις:

1. Διάρκεια συλλεκτικής περιόδου 52 ημερών, δηλαδή, 25 Σεπτεμβρίου (συνηθέστερη ημερομηνία έναρξης της συγκομιδής) με 15 Νοεμβρίου (έναρξη σποράς σιτηρών).

2. Έναρξη συλλογής το πρωί όταν η περιεχόμενη υγρασία του βαμβακιού πέφτει στο 10% και λήξει το βράδυ όταν η υγρασία ανεβαίνει στο ίδιο επίπεδο, δεδομένου ότι με υψηλότερη υγρασία υποβαθμίζεται η ποιότητα του αποθηκευμένου προϊόντος.

3. Αριθμός αγροτεμαχίων και συγκομιζόμενη έκταση αυξάνουν προοδευτικά αρχίζοντας από τα 10 τεμάχια ή 270 στρέμματα έως τα 50 τεμάχια ή 1100 στρέμματα, διαφορετικής έκτασης και απόστασης μεταξύ τους, στοχαστικά προσδιοριζόμενης σύμφωνα με τα δεδομένα της περιοχής.

4. Συλλογή βαμβακιού δυο φορές σε κάθε χωράφι, εκτός εάν η εναπομένουσα παραγωγή από την πρώτη συγκομιδή είναι μικρότερη από 17 κιλά το στρέμμα οπότε δεν είναι συμφέρουσα η δεύτερη συγκομιδή.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

2.1. Περιγραφή του συστήματος

Το μελετώμενο σύστημα συγκομιδής του βαμβακιού μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από τέσσερα υποσυστήματα τα οποία είναι: 1) Η μηχανή, 2) Τα χωράφια βαμβακιού γύρω από το χωριό, 3) Οι καιρικές συνθήκες (βροχή, ύψος βροχής) και 4) Η συγκομιζόμενη έκταση, η παραγωγή και το κόστος συγκομιδής του βαμβακιού.

α) Το πρώτο υποσύστημα περιλαμβάνει μια μηχανή 155 ίππων, δύο σειρών, με χωρητικότητα καλαθιού 1500 κιλά βαμβακιού. Από τη διαδικασία της συγκομιδής μόνο η κίνηση της μηχανής πάνω στις γραμμές με κάποια ταχύτητα συγκομίζοντας βαμβάκι, θεωρείται παραγωγική, ενώ όλες οι άλλες όπως: οι στροφές της μηχανής, οι μετακινήσεις της μηχανής για άδειασμα του καλαθιού, το καθάρισμα, οι ρυθμίσεις κλπ., αν και απαραίτητες, θεωρούνται μη παραγωγικές. Είναι συνεπώς φανερό ότι η σωστή διαχείριση της όλης διαδικασίας της συγκομιδής μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στην απόδοση της μηχανής, στην έκταση και παραγωγή βαμβακιού και στο κόστος συγκομιδής.

β) Τα αγροτεμάχια βαμβακιού αποτελούν το δεύτερο υποσύστημα και όπως αναφέρθηκε συγκομίζονται δύο φορές. Η πρώτη συγκομιδή αρχίζει όταν το ποσοστό ανοιγμένων καρυδιών φτάνει στο 70% με 80% και η δεύτερη στο 100%.

γ) Οι καιρικές συνθήκες, το τρίτο υποσύστημα, παίζουν σημαντικό ρόλο κατά τη συγκομιδή. Η βροχή και το ύψος βροχής εμποδίζουν τη συλλογή για διάστημα ανάλογο των χιλιοστών βροχής. Έτσι μέσα στις 52 ημέρες της περιόδου συγκομιδής οι κατάλληλες ημέρες για εργασία περιορίζονται ανάλογα με τις βροχοπτώσεις, επηρεάζοντας σημαντικά την απόδοση της μηχανής. Πλέον αυτού η υγρασία πάνω στα φυτά προκαλεί «μπουκώματα» και καθυστερήσεις, ενώ το υγρό έδαφος συντελεί στην ολίσθηση των τροχών, στην απώλεια συγχρονισμού με το συλλεκτικό και στην απώλεια πράσινων καρυδών, δηλαδή απώλεια παραγωγής [18].

δ) Το τέταρτο υποσύστημα του μοντέλου αφορά στην ημερησίως συγκομιζόμενη έκταση και παραγωγή, στην εναπομένουσα έκταση, καθώς και στην ετησίως συγκομιζόμενη έκταση και παραγωγή και στο αντίστοιχο κόστος συγκομιδής. Τα τελευταία αυτά στοιχεία αποτελούν τα τελικά αποτελέσματα του μοντέλου για κάθε έτος και για μια σειρά ετών. Με τη βοήθεια του μοντέλου αυτού και την ανάλυση της ευαισθησίας μπορούμε να διαπιστώσουμε την επίδραση κάθε μεταβλητής πάνω στη συγκομιζόμενη έκταση, στην ποσότητα του προϊόντος, στο κόστος συγκομιδής κλπ. στοιχεία χρήσιμα και σημαντικά της έρευνας.

2.2. Στοιχεία του μοντέλου

2.2.1 Κατασκευή του μοντέλου

Με τη βοήθεια του μοντέλου συγκομιδής είναι δυνατός ο προσδιορισμός της συγκομιζόμενης έκτασης, η διερεύνηση εναλλακτικών στρατηγικών και πολιτικών, καθώς και η εκτίμηση των επιπτώσεων των μεταβολών διαφόρων μεταβλητών, με βάση το κόστος συλλογής, για διαφορετικές συνθήκες κάθε φορά [19]. Έχοντας ορίσει τα όρια του συστήματος και τους αντικειμενικούς στόχους του, το επόμενο βήμα είναι η κατασκευή του μοντέλου. Συμβολικά το μοντέλο μπορεί να παρουσιαστεί με την παρακάτω εξίσωση:

$$C_{min} = f(X, Y) \quad (1)$$

όπου:

C_{min} = ελαχιστοποίηση του κόστους συλλογής μιας στρατηγικής – πολιτικής, X = ελεγχόμενες μεταβλητές, Y = μη ελεγχόμενες μεταβλητές, f = σχέση μεταξύ των μεταβλητών X και Y και της μεταβλητής C_{min} (κόστος συγκομιδής).

Η ελαχιστοποίηση του κόστους συγκομιδής προϋποθέτει ότι $X \geq 0$ και $Y \geq 0$ [20].

2.2.2 Υποσύστημα της βαμβakoσυλλεκτικής μηχανής

Η απόδοση μιας μηχανής εξαρτάται από τις προδιαγραφές της όπως: ιπποδύναμη, πλάτος συγκομιδής κλπ. Επηρεάζεται όμως και από άλλους παράγοντες που είναι: το εύρος της περιόδου συγκομιδής, οι κατάλληλες ημέρες για εργασία, η διάρκεια της ημέρας, οι μετακινήσεις μεταξύ των χωραφιών, ο χρόνος εκφόρτωσης του καλαθιού, ο χρόνος για τις στροφές, ο χρόνος για τις επισκευές λόγω βλαβών κλπ.

Το μήκος της ημέρας μειούμενο προοδευτικά συμπεριελήφθη στο μοντέλο προσδιοριστικά. Πολλές άλλες μεταβλητές συμπεριελήφθησαν στοχαστικά, όπως: Οι βροχές και το ύψος βροχής, οι μετακινήσεις της μηχανής από χωράφι σε χωράφι, οι βλάβες και οι απώλειες χρόνου για επισκευές, ο χρόνος αδειάσματος του καλαθιού, ο χρόνος για τις στροφές, ο χρόνος καθαρισμού καθώς και η ταχύτητα συγκομιδής, η οποία εξαρτάται κυρίως από την παραγωγή. Όλες οι παραπάνω μεταβλητές προσδιορίστηκαν από πραγματικά στοιχεία παρατηρήσεων της περιοχής και συμπεριελήφθησαν στο μοντέλο, σύμφωνα με τις ευρεθείσες συναρτήσεις [21].

2.2.3 Υποσύστημα προϊόντος βαμβακιού

Όπως είναι γνωστό, αμέσως μετά το άνοιγμα των καρδιών αρχίζουν οι απώλειες της παραγωγής και η υποβάθμιση της ποιότητας του προϊόντος από διάφορες αιτίες [22,23,24]. Οι απώλειες της παραγωγής μελετήθηκαν από πολλούς ερευνητές και διαπιστώθηκε ότι κυμαίνονται από 0,3 % μέχρι 0,64% ανά ημέρα καθυστέρησης της συγκομιδής, ενώ οι δείκτες υποβάθμισης της ποιότητας προσδιορίστηκαν σε 0,028 βαθμούς ανά ημέρα για τις έξη πρώτες εβδομάδες από το άνοιγμα των καρδιών και σε 0,187 βαθμούς ανά ημέρα το υπόλοιπο διάστημα.

2.2.4 Υποσύστημα καιρικών συνθηκών

Οι καιρικές συνθήκες και κυρίως οι βροχοπτώσεις και η υγρασία είναι οι βασικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν δυσμενώς την παραγωγή και ποιότητα του βαμβακιού. Επηρεάζουν όμως ακόμη περισσότερο τον αριθμό των κατάλληλων ημερών και ωρών για εργασία κατά τη συλλεκτική περίοδο, καθώς και την απόδοση της μηχανής. Λόγω των δυσκολιών αυτών και των προβλημάτων, το θέμα της συγκομιδής αγροτικών προϊόντων έχει ερευνηθεί διεξοδικά από πολλούς ερευνητές αναφορικά με την επιλογή μηχανημάτων με βάση τις κλιματικές συνθήκες συγκεκριμένων περιοχών [25,26,27,28,29,30,31,32,14,15,16].

Οι καιρικές συνθήκες (βροχοπτώσεις και ύψος βροχής), μπορούν να περιληφθούν σε ένα μοντέλο προσομοίωσης είτε αυτούσια ως ιστορικά στοιχεία, [30,33], είτε στοχαστικά, όπως προτείνει ο Καθηγητής Shannon [6]. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ένα απλό μοντέλο προσομοίωσης (Markov Chain probability model), που αναπαρήγαγε συχνότητα βροχοπτώσεων και ύψος βροχής βασισμένο στα ιστορικά στοιχεία της περιοχής. Ανάλογα μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν και από άλλους ερευνητές [34,7,35].

2.2.5 Υποσύστημα του κόστους συγκομιδής

Οι δαπάνες συγκομιδής βαμβακιού αφορούν δύο μεγάλες κατηγορίες: Πρώτον, τις δαπάνες ή το κόστος της μηχανής (machine cost), που διακρίνεται σε σταθερό κόστος ή σταθερές δαπάνες και σε μεταβλητό κόστος ή μεταβλητές δαπάνες. Δεύτερον, το κόστος που σχετίζεται με τις απώλειες (ποσοτικές και ποιοτικές) του προϊόντος (crop loss or timeliness cost, quality loss cost and penalty cost), που προκύπτουν λόγω καθυστέρησης της συγκομιδής του βαμβακιού ή αδυναμίας της μηχανής να φέρει σε πέρας το προγραμματισμένο έργο στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα [36,5].

Τα παραπάνω στοιχεία κόστους αποδίδονται με τις αντίστοιχες μερικές εξισώσεις, μπορούν να αποδοθούν συνολικά με την παρακάτω εξίσωση (2) [5,37,38,39,40].

$$THCOST = FMCOST + VRMCST + CTYLOS \quad (2)$$

όπου:

$THCOST$ = συνολικό κόστος συγκομιδής, $FMCOST$ = σταθερό κόστος της μηχανής, $VRMCST$ = μεταβλητό κόστος της μηχανής, $CTYLOS$ = συνολικό κόστος απωλειών παραγωγής σε όλη την περίοδο συγκομιδής (ποσοτική απώλεια, ποιοτική απώλεια και πέναλτι)

Από την παραπάνω εξίσωση μπορεί να υπολογιστεί το μέσο κόστος ανά κιλό βαμβακιού με την παρακάτω εξίσωση (3)

$$CSTPKG = THCOST / TCN \quad (3)$$

όπου:

$CSTPKG$ = μέσο κόστος συγκομιδής ανά κιλό βαμβακιού, TCN = συνολική συγκομισθείσα παραγωγή.

Τελικά το μέσο κόστος ανά κιλό βαμβακιού για μια σειρά ετών προσομοίωσης μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση (4)

$$AMTCST = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{j=n} CSTPKG_{ij} \quad (4)$$

όπου:

$AMTCST$ = μέσο κόστος ανά κιλό βαμβακιού για μια σειρά ετών προσομοίωσης,

n = αριθμός ετών προσομοίωσης, $CSTRKG_{ij}$ = μέσο κόστος του i th έτους και της j th έκτασης βαμβακιού.

Το μοντέλο (πρόγραμμα) ξεκινάει την προσομοίωση διαβάζοντας πρώτα τα αρχικά δεδομένα και στη συνέχεια εισέρχεται στο κυρίως αντικείμενο της συγκομιδής από τις 25 Σεπτεμβρίου μέχρι τις 15 Νοεμβρίου, παρουσιάζοντας ανά 6 λεπτά της ώρας την επικρατούσα κατάσταση και στο τέλος της περιόδου τα ετήσια στοιχεία αναφορικά με τη συγκομισθείσα έκταση, το κόστος συγκομιδής κλπ. και τα ίδια στοιχεία προσομοίωσης ως μέσους όρους στο τέλος της εικοσαετίας.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το παραπάνω μοντέλο προσομοίωσης αξιολογήθηκε με τα κατάλληλα τεστ, χ^2 και το Kolmogorov-Smirnov τεστ, τα οποία έδειξαν τη σωστή κατασκευή και λογική του [19,41,6]. Έγινε, επίσης, ανάλυση της ευαισθησίας του και έδειξε ότι ανταποκρίνεται σωστά [2,6]. Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση διαφόρων στρατηγικών αναφορικά με τη συγκομιδή βαμβακιού. Οι διαφορετικές περιπτώσεις που μελετήθηκαν με τη βοήθεια του μοντέλου ήταν:

1. Αξιοποίηση ολόκληρης της περιόδου συγκομιδής, 52 ημέρες, υποθέτοντας ότι δεν θα υπάρξουν βροχές και εναλλακτικά η περίπτωση περιορισμένου αριθμού ημερών λόγω βροχών, όπως προέκυψαν από τα στοιχεία της περιοχής.
2. Πολλά χωράφια (από 10 έως 50) διαφορετικών εκτάσεων, διάσπαρτα γύρω από το χωριό και αντίστοιχα ένα χωράφι αυξανόμενης έκτασης.
3. Διαφορετικό εύρος συλλεκτικής περιόδου, ήτοι 52 ημέρες αρχικά και εναλλακτικά 57 ημέρες.
4. Μια μηχανή με τις συνήθεις βλάβες, όπως προέκυψαν από τα στοιχεία έρευνας των μηχανών της περιοχής και εναλλακτικά μια αξιόπιστη μηχανή χωρίς βλάβες.
5. Εναρξη και λήξη της συγκομιδής όταν το επίπεδο της περιεχόμενης υγρασίας του βαμβακιού είναι στο 10% και εναλλακτικά για επίπεδο περιεχόμενης υγρασίας 12%.
6. Αγορά μηχανής χωρίς επιδότηση και εναλλακτικά με επιδότηση 50% της αξίας αγοράς.

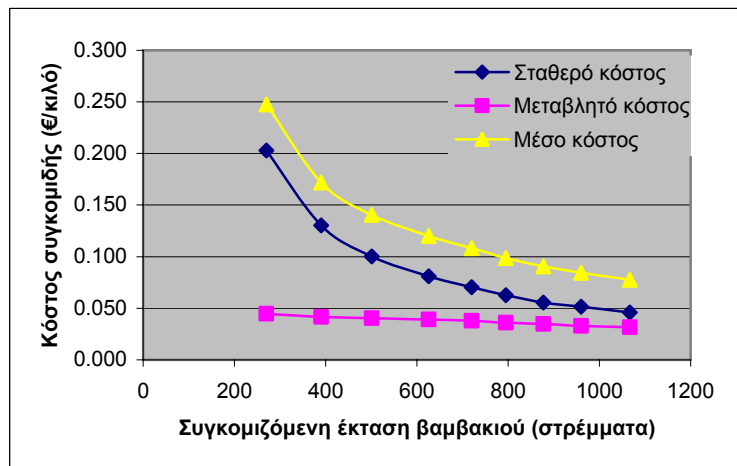
Για διευκόλυνση της σύγκρισης του κόστους συγκομιδής για διάφορα επίπεδα έκτασης, υπενθυμίζεται ότι οι απώλειες από τη μη έγκαιρη συγκομιδή, την επίδραση των καιρικών συνθηκών κλπ θεωρούνται ως πρόσθετο κόστος αποδιδόμενο στην αδυναμία της μηχανής και στο επίπεδο της συγκομιζόμενης έκτασης βαμβακιού. Με το σκεπτικό αυτό οι διαφοροποιήσεις της προσόδου εκλείπουν και αυτή γίνεται σταθερή για κάθε επίπεδο συγκομιζόμενης έκτασης, ενώ η καμπύλη της μέσης προσόδου, η οποία ισούται με την οριακή πρόσοδο παίρνει τη μορφή ευθείας γραμμής. Θεωρώντας τη μέση πρόσοδο ανά μονάδα έκτασης ως σταθερή, μπορεί να αγνοηθεί τελείως και να εστιαστεί η σύγκριση των μελετώμενων περιπτώσεων μόνο με το κόστος συγκομιδής για τα διαδοχικά επίπεδα συγκομιζόμενης έκτασης [26,42]. Λόγω της στοχαστικής φύσης ενός μεγάλου αριθμού μεταβλητών του μοντέλου το κόστος συγκομιδής για κάθε επίπεδο συγκομιζόμενης έκτασης διαφοροποιείται από έτος σε έτος. Συνεπώς η σύγκριση των διαφόρων περιπτώσεων γίνεται με βάση την καμπύλη του μέσου κόστους της εικοσαετίας, ώστε να υπάρχουν αξιόπιστα στοιχεία.

3.1 Επίδραση των καιρικών συνθηκών (βροχής)

Μεταξύ των παραγόντων που επηρεάζουν τη συγκομιδή βαμβακιού, οι βροχές θεωρούνται ο πιο σημαντικός, διότι, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αυξάνουν τις απώλειες (ποσοτικές και ποιοτικές) της παραγωγής και περιορίζουν τον αριθμό των ημερών και ωρών κατάλληλων για συγκομιδή.

Για τον προσδιορισμό των συνεπειών της βροχής πάνω στη συγκομιζόμενη έκταση και στο κόστος συλλογής χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα, το οποίο έτρεξε για μια εικοσαετία, υποθέτοντας αρχικά παντελή έλλειψη βροχών στις 52 ημέρες και μη ύπαρξη απωλειών του προϊόντος. Άλλες προϋποθέσεις που τέθηκαν ήταν: Το επίπεδο της περιεχόμενης υγρασίας για έναρξη και λήξη της συγκομιδής 10%, αυξανόμενη έκταση βαμβακιού και αριθμού χωραφιών και μια μηχανή της οποίας η αξιοπιστία προέκυψε από τα στοιχεία έρευνας της περιοχής. Στο παραπάνω γράφημα 1 φαίνονται τα αποτελέσματα του μοντέλου με τις τεθείσες προϋποθέσεις.

Το γράφημα 1, δείχνει ότι με τις προϋποθέσεις αυτές η μηχανή συγκομίζει περισσότερα από 1100 στρέμματα ετησίως και έχει μέσο κόστος συλλογής ανά κιλό προϊόντος συνεχώς χαμηλότερο, λόγω του επιμερισμού των σταθερών δαπανών σε όλο και περισσότερα στρέμματα βαμβακιού.

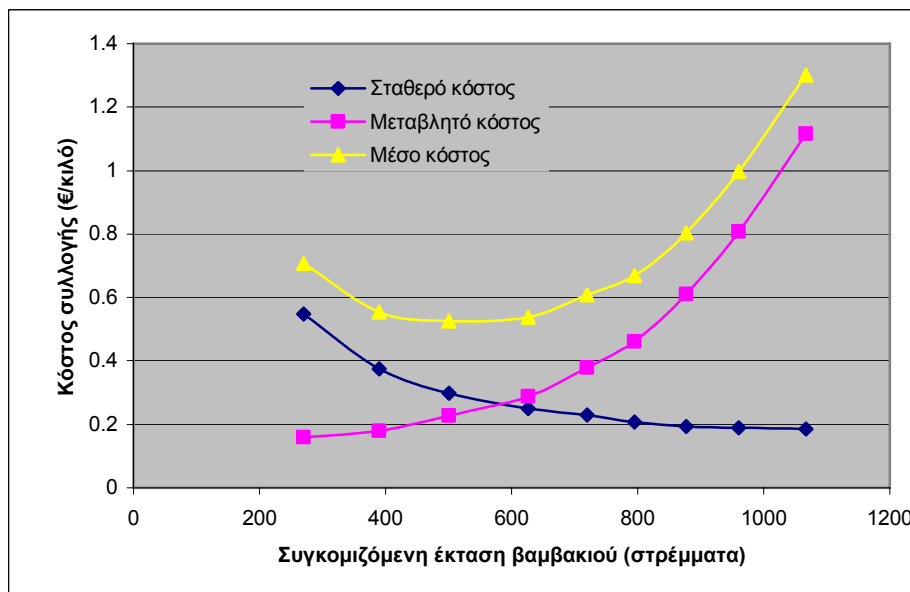


Γράφημα 1. Εξέλιξη του κόστους συγκομιδής βαμβακιού σε συνάρτηση της συγκομιζόμενης έκτασης (Υποθέσεις: όχι βροχές, όχι απώλειες προϊόντος).

Αν ληφθούν υπόψη οι βροχές και το ύψος βροχής στην περιοχή κατά τη συλλεκτική περίοδο, καθώς και οι απώλειες ποιότητας και ποσότητας του προϊόντος και το πέναλτι (penalty cost) για την ασυγκόμιστη έκταση μετά τη λήξη της περιόδου συγκομιδής, τότε η κατάσταση διαφοροποιείται σημαντικά.

Τα στοιχεία της βροχής που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο προέκυψαν από πραγματικά στοιχεία της περιοχής μιας εικοσαετίας, τα οποία με τη βοήθεια ενός μοντέλου προσομοίωσης αναλύθηκαν και στη συνέχεια αναπαράχθηκαν στοχαστικά νέα στοιχεία μιας εικοσαετίας. Με βάση τα στοχαστικά στοιχεία των βροχών, του ύψους των βροχών και τις παραπάνω προϋποθέσεις, το μοντέλο έτρεξε για 20 χρόνια και ελήφθησαν τα αποτελέσματα που φαίνονται στο παραπάνω γράφημα.

Από το γράφημα 2 διαπιστώνεται ότι η καμπύλη του σταθερού κόστους ακολουθεί παρόμοια πορεία όπως και στο προηγούμενο γράφημα φθίνοντας συνεχώς. Αντίθετα η καμπύλη του μεταβλητού κόστους, λόγω των απωλειών και ιδιαίτερα του penalty cost, παρουσιάζει ανοδική πορεία από την αρχή φτάνοντας σε πολύ υψηλά επίπεδα αυξανόμενης της έκτασης. Η καμπύλη του μέσου κόστους, τέλος, αρχικά φθίνει μέχρι τα 500 στρέμματα, λόγω της ταχύτερης μείωσης του σταθερού κόστους σε σχέση με την άνοδο του μεταβλητού και μετά ανέρχεται απότομα επηρεαζόμενη από τη μεγάλη αύξηση του μεταβλητού κόστους. Με τις παραπάνω προϋποθέσεις η μηχανή μπορεί να εξυπηρετήσει τώρα μια έκταση 500 στρεμμάτων με το ελάχιστο μέσο κόστος 0,52 €/κιλό. Πέρα από την έκταση αυτή το κόστος ανεβαίνει προοδευτικά σε υψηλό επίπεδο δείχνοντας πόσο σημαντική είναι επίδραση των βροχοπτώσεων τόσο στην έκταση βαμβακιού που περιορίζεται στα 500 στρέμματα από τα 1100, μια μείωση κατά 120%, όσο και στο ελάχιστο κόστος συγκομιδής, το οποίο από τα 0,27 €/κιλό στην προηγούμενη περίπτωση ανεβαίνει στα 0,52 €/κιλό, δηλαδή αυξάνει κατά 92,6%.



Γράφημα 2. Εξέλιξη του κόστους συλλογής βαμβακιού σε συνάρτηση της συγκομιζόμενης έκτασης βαμβακιού (Υποθέσεις: βροχές και απώλειες)

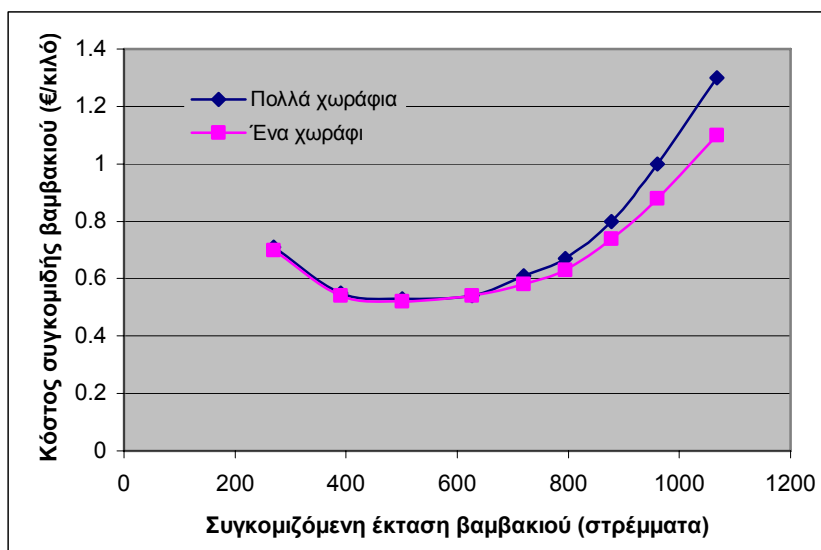
3. 2. Επίδραση του χρόνου απωλειών από τις μετακινήσεις της μηχανής

Για να εκτιμηθεί η επίδραση της απώλειας χρόνου από τις μετακινήσεις της μηχανής μεταξύ των χωραφιών, το πρόγραμμα έτρεξε ξανά με τις εξής δύο υποθέσεις: Αρχικά με

πολλά χωράφια (από 10 μέχρι 50 τεμάχια), διάσπαρτα και στη συνέχεια με ένα μόνο χωράφι αυξανόμενης έκτασης. Οι άλλες υποθέσεις παρέμειναν ίδιες. Όπως φαίνεται στο γράφημα 3 οι δύο καμπύλες ταυτίζονται μέχρι την έκταση των 500 στρεμμάτων, που είναι το ελάχιστο κόστος συγκομιδής, καθώς και μέχρι τα 600 στρέμματα. Πέρα από εκεί η καμπύλη που αντιστοιχεί σε πολλά τεμάχια κινείται υψηλότερα αυτής του ενός αγροτεμαχίου. Αυτό οφείλεται στην απώλεια χρόνου από τις μετακινήσεις της μηχανής μεταξύ των χωραφιών με αποτέλεσμα να εργάζεται λιγότερες ώρες, να συγκομίζει λιγότερη παραγωγή και να έχει υψηλότερο κόστος συγκομιδής για έκταση μεγαλύτερη των 600 στρεμμάτων.

3.3 Επίδραση του εύρους της συλλεκτικής περιόδου

Η επίδραση του εύρους της συλλεκτικής περιόδου, 52 ημερών και 57 ημερών φαίνεται στο γράφημα 4. Το πρώτο συμπέρασμα που προκύπτει από το γράφημα αυτό είναι ότι, για περίοδο 52 ημερών το ελάχιστο κόστος αντιστοιχεί στα 500 στρέμματα. Για περίοδο 57 ημερών, ήτοι, έναρξη της συγκομιδής 5 ημέρες νωρίτερα, η έκταση με το ελάχιστο κόστος ανέρχεται στα 650 στρέμματα, μια αύξηση κατά 25%. Το δεύτερο συμπέρασμα είναι ότι το ελάχιστο κόστος συγκομιδής για 52 ημέρες είναι 0,55 €/κιλό, ενώ για 57 ημέρες κατεβαίνει στα 0,40 €/κιλό, δηλαδή μειώνεται κατά 27%. Η διαφορά γίνεται πολύ μεγαλύτερη για μεγαλύτερες εκτάσεις, καθώς μειώνεται σημαντικά το πέναλτι (penalty cost), αφού υπάρχει περισσότερος χρόνος για συγκομιδή μεγαλύτερης παραγωγής, με συνέπεια τη μείωση του κόστους συγκομιδής.

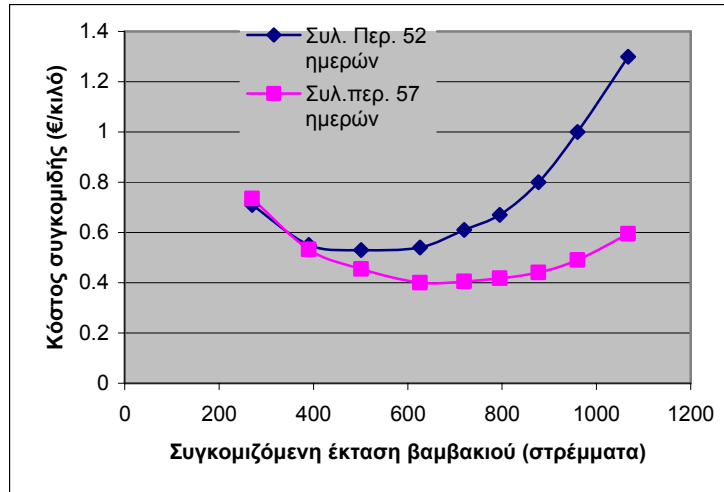


Γράφημα 3. Επίδραση της απώλειας χρόνου για μετακινήσεις της μηχανής από χωράφι σε χωράφι (Υποθέσεις: Πολλά χωράφια, ένα χωράφι).

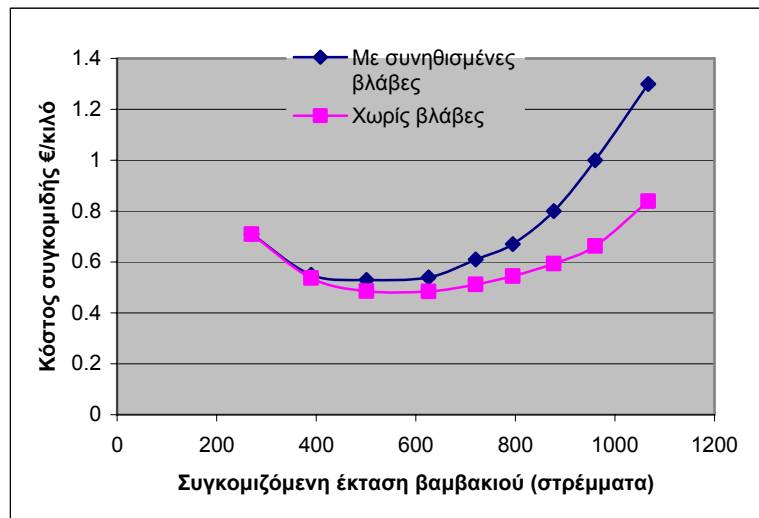
3.4. Επίδραση της αξιοπιστίας της βαμβakoσυλλεκτικής μηχανής

Σχετικά με την επίδραση της αξιοπιστίας της μηχανής στην έκταση και στο κόστος ερευνηθήκαν οι εξής δύο περιπτώσεις: Μια μηχανή με τις συνηθισμένες βλάβες, όπως βρέθηκαν από την έρευνα και μια χωρίς βλάβες. Όπως φαίνεται από το γράφημα 5, η καμπύλη με τις συνηθισμένες βλάβες έχει ελάχιστο κόστος συγκομιδής 0,53 €/κιλό στην έκταση των 500 στρεμμάτων. Πέρα από τη έκταση αυτή η κλίση της γίνεται απότομη λόγω των απωλειών της παραγωγής. Η καμπύλη που αντιστοιχεί στη μηχανή χωρίς

βλάβες έχει ελάχιστο κόστος συγκομιδής 0,50 €/κιλό, δηλαδή, μια μείωση κατά 6% σε σχέση με πριν, για επίπεδο έκτασης βαμβακιού 550 στρεμμάτων. Αυτό σημαίνει ότι μία μηχανή με υψηλό βαθμό αξιοπιστίας συγκομίζει την ίδια περίοδο 50 στρέμματα περισσότερα, δηλαδή μια έκταση κατά 10% μεγαλύτερη [21].



Γράφημα 4. Επίδραση του εύρους της συλλεκτικής περιόδου (Υποθέσεις: Συλλεκτική περίοδος 52 ημερών, συλλεκτική περίοδος 57 ημερών)



Γράφημα 5. Επίδραση της αξιοπιστίας της μηχανής (Υποθέσεις: Συνηθισμένες βλάβες μηχανής, καμία βλάβη της μηχανής)

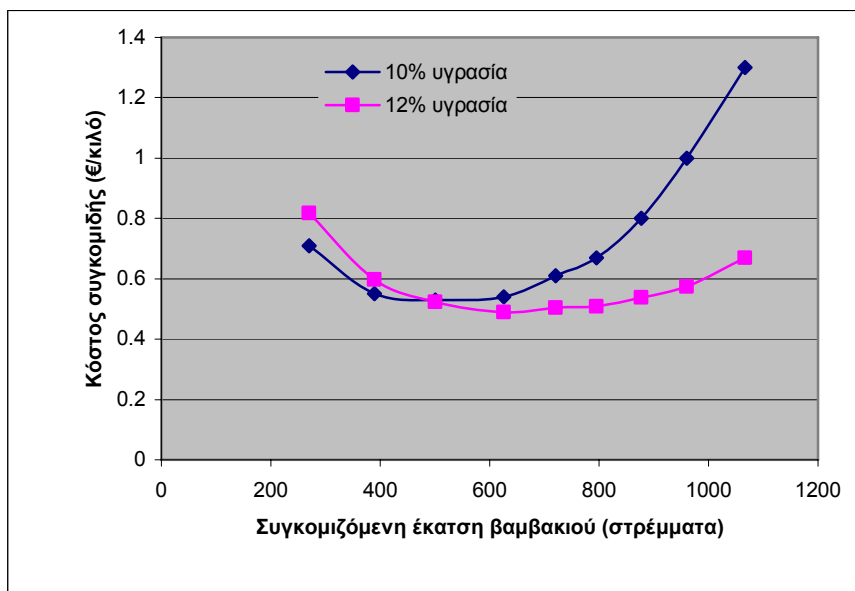
3. 5. Επίδραση της περιεχόμενης υγρασίας του βαμβακιού

Για να διαπιστωθεί η επίδραση της περιεχόμενης υγρασίας του βαμβακιού για την έναρξη και λήξη της συγκομιδής έτρεξε το μοντέλο με τις εξής δύο υποθέσεις:

Αρχικά με βάση την υγρασία 10% και εναλλακτικά με υγρασία 12%. Στη δεύτερη περίπτωση η συγκομιδή αρχίζει ενωρίτερα το πρωί και τελειώνει αργότερα το βράδυ, δηλαδή, διαρκεί περισσότερες ώρες ημερησίως. Τα αποτελέσματα των δύο περιπτώσεων φαίνονται στο παρακάτω γράφημα. Από το γράφημα 6 προκύπτει ότι σε μικρές

εκτάσεις, μέχρι 500 στρέμματα, η καμπύλη του μέσου κόστους για υγρασία 12% βρίσκεται υψηλότερα τις αντίστοιχες καμπύλης για επίπεδο υγρασίας 10%.

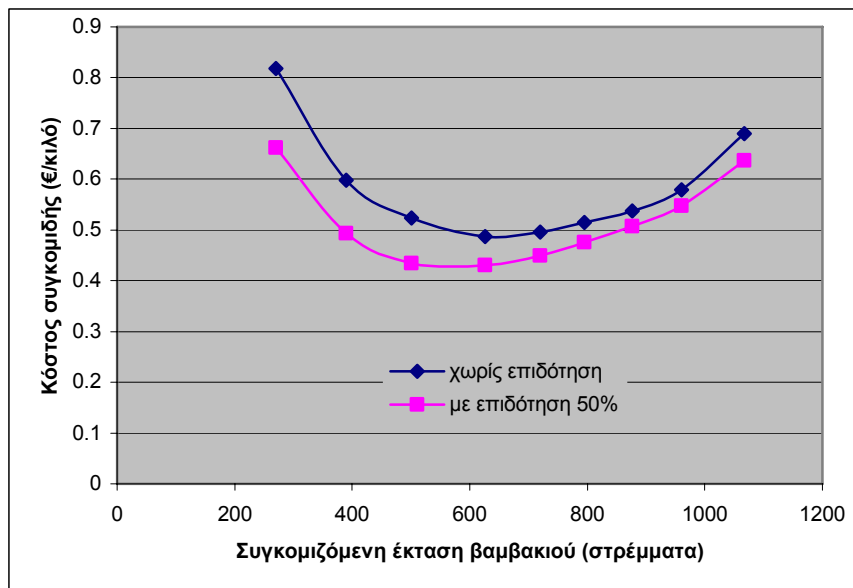
Η εξήγηση είναι ότι με τις περισσότερες ώρες καθημερινής λειτουργίας της μηχανής, η δεύτερη συγκομιδή στις μικρές εκτάσεις, γίνεται ενωρίτερα από ότι στην περίπτωση με υγρασία 10% και δεν προλαβαίνουν να ανοίξουν όλα τα καρύδια ώστε να συγκομιστεί ολόκληρη η παραγωγή, όπως στην περίπτωση υγρασίας 10%. Έτσι, η συγκομιζόμενη έκταση είναι ίδια, η παραγωγή, όμως, είναι λιγότερη με συνέπεια το υψηλότερο κόστος. Πέρα από την έκταση των 500 στρεμμάτων, που αντιστοιχεί και στο ελάχιστο κόστος συγκομιδής για υγρασία 10%, η καμπύλη υγρασίας 12% βρίσκεται χαμηλότερα αυτής για υγρασία 10% και συνεχίζει σχεδόν οριζόντια, με ελάχιστο κόστος στα 650 στρέμματα. Αυτό συμβαίνει διότι το πέναλτι (penalty cost) για υγρασία 12% είναι ελάχιστο. Η έναρξη και λήξη της συγκομιδής με βάση το 12% της υγρασίας, αυξάνει τη συγκομιζόμενη έκταση κατά 150 στρέμματα ή ποσοστό 25% και μειώνει το κόστος συγκομιδής κατά 0,05 €/κιλό ή ποσοστό 10,4%.



Γράφημα 6. Επίδραση της περιεχόμενης υγρασίας του βαμβακιού (Υποθέσεις: Περιεχόμενη υγρασία 10%, περιεχόμενη υγρασία 12%).

3. 6. Επίδραση της επιδότησης της μηχανής

Οι παραπάνω υπολογισμοί έγιναν με βάση ολόκληρη την αξία αγοράς της μηχανής που είναι 130.000 €. Αν ληφθεί υπόψη μια επιδότηση 50% της αξίας της, τα πράγματα αλλάζουν. Με το σκεπτικό αυτό έτρεξε πάλι το πρόγραμμα με τις εξής δύο υποθέσεις: Πρώτα με ολόκληρη την αξία της μηχανής και μετά με επιδότηση 50%. Όπως φαίνεται στο γράφημα 7, η καμπύλη του κόστους με επιδότηση είναι χαμηλότερα αυτής χωρίς επιδότηση. Αυτό συμβαίνει διότι μειώθηκαν οι συνολικές δαπάνες, λόγω μείωσης της απόσβεσης και του τόκου με ανάλογη μείωση του κόστους συγκομιδής. Η μείωση του κόστους είναι μεγαλύτερη στα μικρότερα επίπεδα εκτάσεων, διότι η μείωση των δαπανών επιμερίζεται σε μικρότερη παραγωγή, ενώ σε μεγαλύτερες εκτάσεις το ίδιο ποσό επιμερίζεται σε μεγαλύτερες ποσότητες προϊόντος οπότε η επίπτωση είναι μικρότερη, με αποτέλεσμα οι καμπύλες να πλησιάζουν περισσότερο. Η καμπύλη με επιδότηση έχει ελάχιστο κόστος 0,43 €/κιλό, ενώ αυτή χωρίς την επιδότηση 0,49 €/κιλό, μια διαφορά 14%.



Γράφημα 7. Επίδραση της επιδότησης της μηχανής (Υποθέσεις: Χωρίς επιδότηση, με επιδότηση 50%).

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία χρησιμοποιήθηκε ένα μοντέλο προσομοίωσης (simulation) με πολλές στοχαστικές μεταβλητές και μελετήθηκαν οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση μιας βαμβακοσυλλεκτικής μηχανής στο χώρο της Θεσσαλίας με βάση την εξυπηρετούμενη έκταση βαμβακιού και το κόστος συγκομιδής του προϊόντος.

Μεταξύ των διαφόρων παραγόντων τη σημαντικότερη επίδραση ασκούν οι βροχές και το ύψος βροχής περιορίζοντας κατά 120% την έκταση και αυξάνοντας κατά 92,6% το κόστος συγκομιδής. Ακολουθεί το εύρος της συλλεκτικής περιόδου, όπου διαφορά 5 ημερών αυξάνει την συγκομιζόμενη έκταση κατά 25% και μειώνει το κόστος κατά 37,5. Έπεται η περιεχόμενη υγρασία του βαμβακιού για την έναρξη και λήξη της συγκομιδής καθημερινά, όπου διαφορά 2% της υγρασίας αυξάνει την έκταση κατά 25% και μειώνει το κόστος κατά 10,4%. Στη συνέχεια έρχεται η αξιοπιστία της μηχανής η οποία αυξάνει κατά 10% την έκταση και μειώνει κατά 6% το κόστος. Η επιδότηση κατά 50% της αξίας της μηχανής μειώνει το κόστος κατά 14% αλλά δεν επηρεάζει την έκταση. Τέλος, η απώλεια χρόνου για τις μετακινήσεις της μηχανής επηρεάζει την έκταση και το κόστος για επίπεδα μεγαλύτερα των 600 στρεμμάτων.

Τα αποτελέσματα αυτά είναι σημαντικά και χρήσιμα για τους ιδιοκτήτες βαμβακοσυλλεκτικών μηχανών, συνεταιρισμούς, διεπαγγελματικές οργανώσεις, ομάδες παραγωγών, κλπ. αλλά και για τους υπεύθυνους της αγροτικής πολιτικής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Chen, L., Ahmad, T., Willcutt M., 1992. Simulation model for cotton harvesting machinery, Transactions of the ASAE 35(3), May–June, pp.1071-1077.
2. Anderson J. 1974. Simulation: Methodology and application of simulation in agricultural economics, Review of Marketing and Agricultural Economics Vol. 42 (1).

3. Carrod P. and Aslam M. 1977. Models of agricultural production: Methods and conclusions, Agricultural Experimental Station, University of Hawaii, Research Bulletin, No. 159.
4. Harrison S. 1977. Optimal growth strategies for pastoral firms in the Fitzroy Basin land Scheme, Unpublished PhD Thesis, Department of Economics, University of Queensland, Australia.
5. Hunt, D. 2001. Farm Power and Machinery Management, tenth edition, Iowa state university press, Ames, Iowa.
6. Shannon, R. 1975. Systems Simulation: the ART and Science, Prentice-Hall Inc., New Jersey.
7. Jones, J., Colwick, D., Wanjura, D., Hudpeth, E. 1975. HARVSIM: A simulation of cotton harvesting and ginning. Computer simulation of a cotton production system, users manual, A-R-S-S-52, USDA.
8. Jones, J., Colwick, R., Barker, G., McClendon, R. 1977. Optimum time for harvesting cotton: A new concept. ASAE paper no. 77-1020 St Joseph, MI: ASAE.
9. Baskin, G., and Sistler, F. 1979. Trailer optimization in a cotton harvesting system. ASAE Paper No. 79-1528, St Joseph, MI: ASAE.
10. Chen, L., Baker, G., Colwick, R. 1980. Simulation of cotton harvesting and ginning, MAFES Technical Bulletin 100.
11. McCledon, R., Baker, G., Jones, J., Colwick, R. 1981. Simulation of cotton harvesting to maximize returns, Transactions of the ASAE, 24 (6), p. 1436-1440.
12. de Toro, A., Hansson, A. 2004a. Analysis of field machinery performance based on daily soil workability status using discrete event simulation or on average workday probability, Agricultural Systems, 79, p.109-129
13. de Toro, A., Hansson, A. 2004b. Machinery cooperatives-a case study in Sweden, Biosystems Engineering, 87 (10), p. 13-25.
14. Witney, B. 1995. Choosing and Using Farm Machines, Land Technology, Edinburgh, Scotland.
15. Parmar, R., McClendon, R., Potter, W. 1996. Farm machinery selection using simulation and genetic algorithms, Transactions of the ASAE, 39 (5), p.1905-1909.
16. Siemens, J. 1998. Field machinery selection using simulation and optimization, In: Agricultural Systems Modelling and Simulation (Peart R M, Curry R B, eds), pp. 534-566, Marcell Dekker, Inc. New York, USA.
17. Ozkan, H., He, B., Holms, R., 1990. Determining machinery timeliness cost in corn planting using DRAINMOD, Transactions of the ASAE, Vol. 33(3), May-June, p.718-724.
18. John Deere 1987. Operator's Manual, No. 159409, Issue B6.
19. Mihram G. 1972. Simulation, Statistical Foundation and Methodology, Academic Press, NY. USA.
20. Ackoff R and Sasieni 1968. Fundamentals of Operation Research, Wiley and Sons Inc., NY. USA.
21. Mygdakos E. and Gemtos T. 2002. Reliability of cotton pickers and its effect on harvesting cost, Biosystems Engineering (Journal of Agricultural Engineering Research), Vol 82, No 4, August , pp.381-391.
22. Stapleton H., Cannon M., LePori W. 1965. Cotton harvest-defoliation scheduling, ASAE paper, No. 65-165.
23. Barker G., McClendopn R., Colwick R., Jones J. 1979. Relationship between cotton lint color and weather exposure, Transactions of the ASAE 22(3), p. 470-474.
24. Williford J. 1992. Influence of harvest factors on cotton yield and quality, Transactions of the ASAE, Vol. 35 (4), p. 1103-1107.

25. Donaldson G. 1968. Allowing weather risk in assessing harvesting machinery capacity, American Journal of Agricultural Economics, Vol. 50, No. 1.
26. Donaldson G. 1970. Optimum harvesting system for cereals, Wye College, University of London.
27. Danok A., McCarl B., White T. 1980. Machinery selection modeling; incorporation of weather variability, American Journal of Agricultural Economics, 62 (4), p. 700-708.
28. Russell H. and MacHardy F. 1970. Optimum combine time for minimum cost, Canadian Agricultural Engineerinf, Vol.12, No.1.
29. Van Kampen J. 1971. Farm Machirery Selection and Weather Uncertainty, in Dent J. and Anderson J., (eds), System Analysis in Agricultural Management, Willey, Sydney.
30. Edwards W., Boehlje M. 1980. Machinery selection considering timeliness losess, Transactions of the ASAE, 23 (4), p. 810-815,821.
31. Whitson R., Kay R., LePori W., Rister E. 1981. Machinery and crop selection with weather risk, Transactions of the ASAE, 24 (2), p. 288-291, 295.
32. Witney B., Eradat O. 1982. The basis of tractor selection on arable farms, Journal of Agricultural Engineering Research, 27, p. 513-527.
33. Bell W. 1977. The cost of combine breakdowns and delayed harvesting, Farm Management Quarterly, Issue No. 16, June.
34. Jones J. 1970, A Simulated Environmental Model Involving Temperature, Evaporation, Rainfall, and Soil Moisture, M Sc, Thesis, State College, Mississippi.
35. Douglas H., Christensen, R., Fuol;er, E. 1971. Considaration of weather risk in forage machinery selection, Canadian Journal of Agricultural Economics, Vol. 19, No.1.
36. Kumar R. and Goss J. 1980. Total Combine Harvester Cost Optimization in Alfalfa Seed Harvesting, Transactions of the ASAE, Vol. 22(2).
37. Barnard, C., and Nix, J. 1979. Farm Planning and Control , second edition, Cambridge University Press, London, UK.
38. Kitsopanidis G. 2006. Economics of Animal Production, Principles, Applications, Technoeconomic Analysis, ZHTH Publications, Thessalonica, Greece.
39. Kitsopanidis G. 2003. Agricultural Economics, ZHTH Publications, Thessalonica, Greece.
40. Dent J. and Blackie J. 1979. Systems Simulation in Agriculture, Applied Science, London UK.
41. Ihnen L. and Heady E. 1964. Cost functions in relation to farm size and machinery technology in southern Iowa, Iowa State University, Research Bulletin No. 527, Ames, Iowa.

(111)

ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕΤΡΗΤΗ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ

**Ι. Γράβαλος^α, Θ. Γιαλαμάς, Ζ. Κουτσοφίτης, Α. Αυγουστής,
Δ. Κατέρης, Π. Ξυραδάκης, Ζ. Τσιρόπουλος**

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας,
Τμήμα Γεωργικών Μηχανών και Αρδεύσεων, Τ.Κ. 411 10, Λάρισα. ^αe-mail:
gravalos@in.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εγκατάσταση μετρητή στο σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου των ελκυστήρων, θα βοηθούσε στον έλεγχο της κατανάλωσης. Η εγκατάσταση ενός τέτοιου μετρητή προκαλεί υδραυλική αντίσταση. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη και η αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργούνται από την εγκατάσταση του μετρητή κατανάλωσης. Για την πειραματική επαλήθευση της επιλογής αυτής, χρησιμοποιήθηκε ένας ελκυστήρας 160 HP και οι δοκιμές έγιναν σε πραγματικές συνθήκες. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι παράλληλα με την εγκατάσταση του μετρητή θα πρέπει να τοποθετείται ψυγείο καυσίμου πριν από την αντλία εκτόξευσης.

TECHNICAL PROBLEMS CONFRONTED BY THE INSTALLATION OF FUEL CONSUMPTION METER ON THE FUEL INJECTION SYSTEM

**I. Gravalos^a, Th. Gialamas, Z. Koutsofitis, A. Augoustis
D. Kateris, P. Xyradakis, Z. Tsiropoulos**

Technological Educational Institute of Larissa, Faculty of Agricultural Technology,
Department of Agricultural Machinery & Irrigation, 41110, Larissa, Greece.
^ae-mail: gravalos@in.gr

ABSTRACT

The installation of a flow meter in the fuel system of an agricultural tractor, it will help in the control of fuel consumption. The installation of this device may cause hydraulic resistance to the fuel flow. The aim of this paper is to study and solve the technical problems caused by the installation of fuel consumption meter. For the experimental verification of this choice a 160 HP agricultural tractor, it was used. The tests were done in real working conditions. From the test results, it is evident that when a consumption meter is used, it is better to put a fuel refrigerator before the injection pump.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η χώρα μας, όσον αφορά στον αριθμό των γεωργικών ελκυστήρων και στη συνολική εγκατεστημένη ισχύ, βρίσκεται σε ικανοποιητικά επίπεδα σε σύγκριση με τις υπόλοιπες χώρες της Ε.Ε., όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Σύμφωνα με τον Τσατσαρέλη [1], η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των διαξονικών και μοναξονικών ελκυστήρων υπολογίζεται περίπου σε $11 \cdot 10^6$ kW και η συνολική ετήσια ενέργεια, που καταναλώνεται από τους ελκυστήρες, αγγίζει το 1/3 της παραγόμενης, ανά έτος, ηλεκτρικής ενέργειας από τη ΔΕΗ. Οι αυξημένες ενεργειακές ανάγκες σε συνδυασμό με τη διεθνή άνοδο των τιμών του πετρελαίου καθιστούν την Ελληνική γεωργία εύαλπη, αυξάνοντας το συνολικό κόστος παραγωγής και μειώνοντας την ανταγωνιστικότητα των αγροτικών προϊόντων. Επομένως, η ορθολογική χρήση και η εξοικονόμηση των υγρών καυσίμων είναι πρωταρχικής σημασίας.

Απαραίτητα στοιχεία, για τον ακριβή υπολογισμό της αναλίσκόμενης ποσότητας καυσίμου, είναι η ισχύς που αναπτύσσει ένας κινητήρας και η ειδική κατανάλωση καυσίμου. Η ισχύς που αναπτύσσεται εξαρτάται από το είδος της εργασίας που εκτελείται και προσδιορίζεται με μεθοδευμένες μετρήσεις. Η ειδική κατανάλωση είναι συνάρτηση του φορτίου που δέχεται ο κινητήρας την κάθε στιγμή [2]. Οι γεωργικοί ελκυστήρες εκ των πραγμάτων είναι αναγκασμένοι να εργάζονται κάτω από αντίξοες συνθήκες με διαρκώς μεταβαλλόμενο φορτίο και όπως γίνεται αντιληπτό ο προσδιορισμός με σχετική ακρίβεια της αναλίσκόμενης ποσότητας καυσίμου δεν είναι εφικτός. Ο πιο εύχρηστος τρόπος για να μετρήσουμε την κατανάλωση καυσίμου σε έναν ελκυστήρα είναι να εγκαταστήσουμε ένα μετρητή κατανάλωσης στο κύκλωμα τροφοδοσίας.

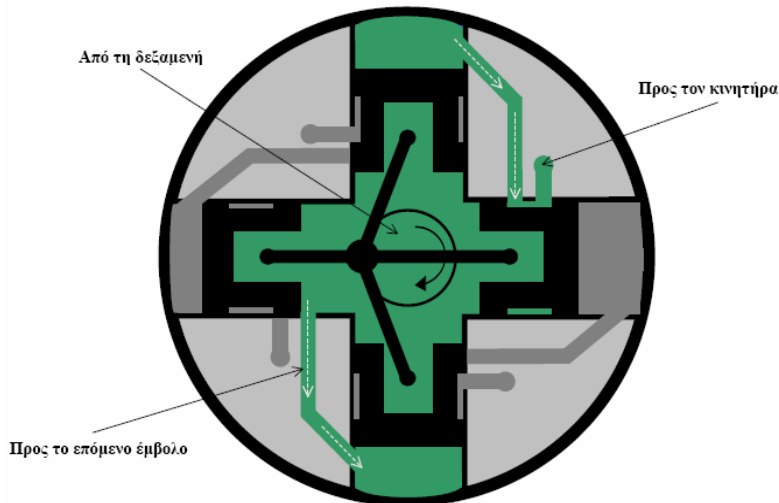
Στη διεθνή βιβλιογραφία συναντούμε διαφορετικούς μετρητές κατανάλωσης καυσίμου (fuel consumption meters), οι οποίοι βασίζονται σε διαφορετικές αρχές λειτουργίας. Οι μετρητές που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι οι εμβολοφόροι (piston-type) και οι μετρητές στροβίλου (turbine meters). Όσον αφορά τους εμβολοφόρους, πρόκειται για μετρητές θετικού εκτοπίσματος, οι οποίοι παρουσιάζουν τη μικρότερη τριβή και αδράνεια. Οι μετρητές στροβίλου προκαλούν πτώση πίεσης, παρουσιάζουν μεγαλύτερη τριβή και είναι σχετικά υψηλότερου κόστους [3].

Η εγκατάσταση μετρητή κατανάλωσης στο σύστημα τροφοδοσίας προκαλεί υδραυλική αντίσταση, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του καυσίμου. Σύμφωνα με τους Watson και Janota [4] και Heywood [5], η αυξημένη θερμοκρασία καυσίμου επηρεάζει αρνητικά την απόδοση του κινητήρα και κατ' επέκταση ολόκληρου του μηχανήματος. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη και η αντιμετώπιση των προβλημάτων που δημιουργούνται από την εγκατάσταση μετρητή κατανάλωσης στο κύκλωμα τροφοδοσίας καυσίμου. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αύξησης της θερμοκρασίας καυσίμου, λόγω υδραυλικής τριβής, αποφασίστηκε ότι θα έπρεπε στο κύκλωμα τροφοδοσίας να τοποθετηθεί ψυγείο καυσίμου και στη συνέχεια να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητά του και η καταλληλότητα της επιλεγόμενης θέσης του.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για τις ανάγκες της πειραματικής διαδικασίας επιλέχτηκε ο εμβολοφόρος μετρητής κατανάλωσης καυσίμου της Mera-Poltik [6], ο οποίος εκτός του κύριου μετρητή περιλαμβάνει ένα βοηθητικό φίλτρο, ένα «ταν» και μία βαλβίδα αντεπιστροφής. Πρόκειται για ένα σύστημα από τέσσερα έμβολα γνωστού εκτοπίσματος, των οποίων η κίνηση, με τη βοήθεια ενός παλινδρομικού μηχανισμού, μετατρέπεται σε περιστροφική κίνηση ενός αξονίσκου (Σχήμα 1). Στη συνέχεια, η περιστροφική κίνηση του αξονίσκου

ανιχνεύεται από ένα μαγνητικό λήπτη και μεταφέρεται σε έναν απαριθμητή. Ο συγκεκριμένος μετρητής έχει εύρος τιμών μέτρησης $1 \div 130 \text{ dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, με μέγιστο σφάλμα 2% και επιτρεπόμενα όρια πίεσης 0.3 MPa και θερμοκρασίας από -25 έως $+70$ °C.

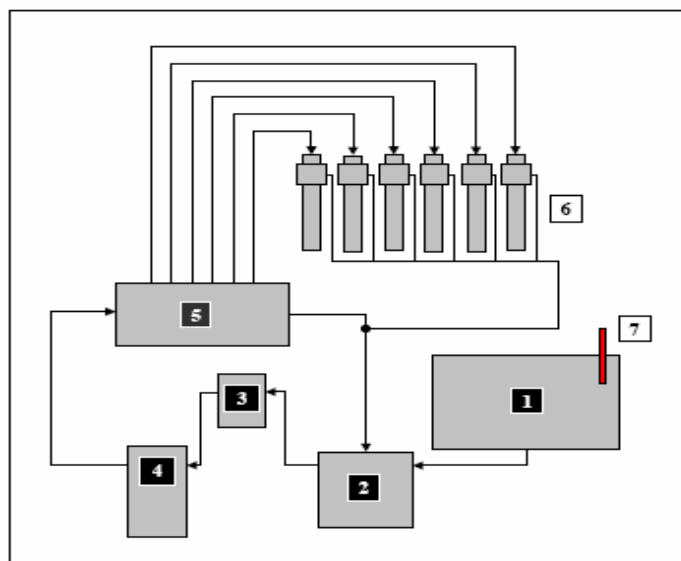


Σχήμα 1. Αρχή λειτουργίας του εμβολοφόρου μετρητή κατανάλωσης καυσίμου.

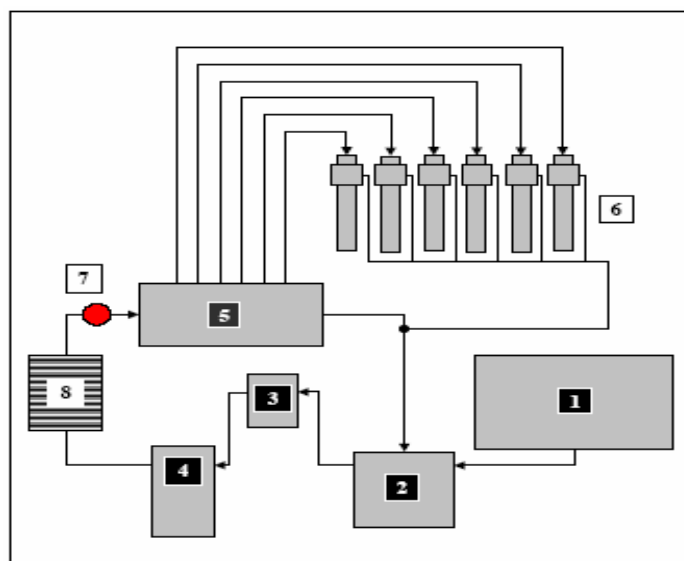
Το ψυγείο καυσίμου σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε σύμφωνα με τις απαιτήσεις του συγκεκριμένου κυκλώματος τροφοδοσίας και οι διαστάσεις του επιτρέπουν την εύκολη τοποθέτηση μπροστά από το ψυγείο νερού. Ο μετρητής κατανάλωσης και το ψυγείο καυσίμου τοποθετήθηκαν σε ένα γεωργικό ελκυστήρα μεγάλης ισχύος (160 HP), ο οποίος ήταν σε άριστη τεχνική κατάσταση.

Η θερμοκρασία του καυσίμου μετρήθηκε σε διαφορετικά σημεία του συστήματος τροφοδοσίας με σκοπό να εντοπιστεί η κατάλληλη θέση του ψυγείου στο σύστημα τροφοδοσίας και να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα της απόδοσής του. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη μέτρηση της θερμοκρασίας καυσίμου, ήταν η εξής:

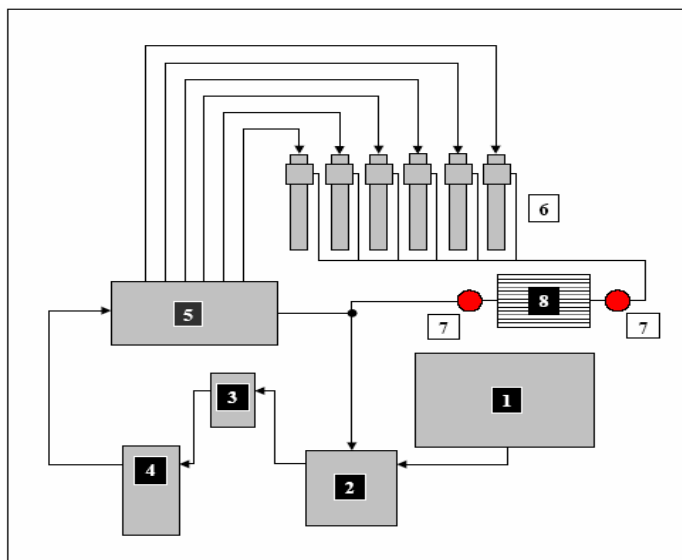
- Μέτρηση της θερμοκρασίας στη δεξαμενή καυσίμου, αρχικά χωρίς το μετρητή κατανάλωσης και στη συνέχεια μετά την τοποθέτηση του μετρητή στο σύστημα τροφοδοσίας σύμφωνα με το Σχήμα 2.
- Μέτρηση της θερμοκρασίας πριν την είσοδο του καυσίμου στην αντλία εκτόξευσης, αρχικά χωρίς το μετρητή κατανάλωσης, στη συνέχεια μετά την τοποθέτηση του μετρητή και τέλος όταν στο κύκλωμα εκτός του μετρητή τοποθετήθηκε το ψυγείο καυσίμου σύμφωνα με το Σχήμα 3.
- Μέτρηση της θερμοκρασίας καυσίμου στο κύκλωμα επιστροφής, πριν και μετά το ψυγείο καυσίμου σύμφωνα με το Σχήμα 4.



Σχήμα 2. Μέτρηση της θερμοκρασίας στη δεξαμενή καυσίμου. 1). Δεξαμενή, 2). Μετρητής κατανάλωσης, 3). Αντλία τροφοδοσίας, 4). Φίλτρο, 5). Αντλία εκτόξευσης, 6). Εγχυτήρες, 7). Θερμόμετρο.



Σχήμα 3. Μέτρηση της θερμοκρασίας πριν την είσοδο του καυσίμου στην αντλία εκτόξευσης. 1). Δεξαμενή, 2). Μετρητής κατανάλωσης, 3). Αντλία τροφοδοσίας, 4). Φίλτρο, 5). Αντλία εκτόξευσης, 6). Εγχυτήρες, 7). Θερμόμετρο, 8). Ψυγείο.



Σχήμα 4. Μέτρηση θερμοκρασίας στο κύκλωμα επιστροφής καυσίμου. 1) Δεξαμενή, 2) Μετρητής κατανάλωσης, 3) Αντλία τροφοδοσίας, 4) Φίλτρο, 5) Αντλία εκτόξευσης, 6) Εγχυτήρες, 7) Θερμόμετρα, 8) Ψυγείο.

Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας καυσίμου έγιναν σε πραγματικές συνθήκες εργασίας του ελκυστήρα, κατά τη διάρκεια βαθιάς άρωσης. Η λήψη των μετρήσεων στη δεξαμενή έγιναν με τη βοήθεια ενός υδραργυρικού θερμόμετρου με εύρος μέτρησης από -10 έως $+110^{\circ}\text{C}$. Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας στα άλλα σημεία του κυκλώματος τροφοδοσίας χρησιμοποιήθηκε ένα θερμόμετρο ηλεκτρικής αντίστασης με εύρος μέτρησης από -100 έως $+200^{\circ}\text{C}$ και ακρίβεια $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Για την ασφαλέστερη εξαγωγή συμπερασμάτων, κάθε μέτρηση επαναλήφθηκε 10 φορές, η δειγματοληψία γινόταν ανά διαστήματα των 5 min και ακολούθησε στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

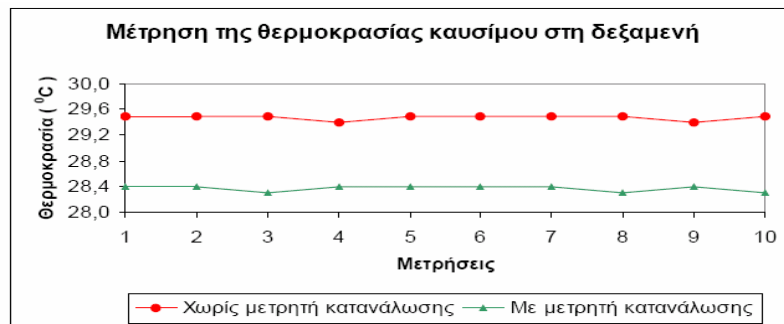
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της θερμοκρασίας καυσίμου στη δεξαμενή παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 και απεικονίζονται στο γράφημα του Σχήματος 5. Η μέση τιμή της θερμοκρασίας καυσίμου, όταν στο κύκλωμα δεν είχε τοποθετηθεί ο μετρητής κατανάλωσης, ήταν 29.48°C και μετά την εγκατάστασή του έγινε 28.37°C . Αυτή η διαφορά θερμοκρασίας των 1.11°C οφείλεται στο γεγονός ότι, το επιστρεφόμενο καύσιμο δεν καταλήγει πίσω στη δεξαμενή, αλλά επιστρέφει στο κύκλωμα διαμέσου του μετρητή.

Στη συνέχεια μετρήθηκε η θερμοκρασία του καυσίμου πριν την είσοδό του στην αντλία εκτόξευσης. Τα αποτελέσματα αυτά δίνονται στον Πίνακα 2 και στο γράφημα του Σχήματος 6. Η μέση τιμή της θερμοκρασίας καυσίμου, όταν στο κύκλωμα δεν είχε τοποθετηθεί ο μετρητής κατανάλωσης, ήταν 39.47°C . Μετά την εγκατάσταση του μετρητή έγινε 52.66°C . Είναι προφανές ότι η αύξηση της θερμοκρασίας καυσίμου κατά 13.19°C οφείλεται αφενός στην υδραυλική αντίσταση, λόγω της εγκατάστασης του μετρητή καυσίμου στο κύκλωμα τροφοδοσίας και αφετέρου στα επιστρεφόμενα. Η μέση τιμή της θερμοκρασίας καυσίμου μετά και την εγκατάσταση του ψυγείου έπεσε στους

38.32°C. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι η τοποθέτηση ψυγείου βοήθησε ουσιαστικά στην εξάλειψη των αρνητικών αυτών επιπτώσεων στο κύκλωμα τροφοδοσίας καυσίμου.

Πίνακας 1. Θερμοκρασία καυσίμου στη δεξαμενή.

Αριθμός Μέτρησης	Θερμοκρασία καυσίμου στη δεξαμενή [°C]	
	Χωρίς μετρητή κατανάλωσης	Με μετρητή κατανάλωσης
1	29.5	28.4
2	29.5	28.4
3	29.5	28.3
4	29.4	28.4
5	29.5	28.4
6	29.5	28.4
7	29.5	28.4
8	29.5	28.3
9	29.4	28.4
10	29.5	28.3
Μέση τιμή	29.48	28.37
Τυπική απόκλιση	0.042164	0.048305
Συντελεστής Μεταβλητότητας	0.143025	0.170266



Σχήμα 5. Μέτρηση της θερμοκρασίας καυσίμου στη δεξαμενή.

Τέλος, το ψυγείο τοποθετήθηκε στο κύκλωμα επιστροφής και μετρήθηκε η θερμοκρασία καυσίμου στην είσοδο και στην έξοδο του ψυγείου. Τα αποτελέσματα αυτών των μετρήσεων δίνονται στον Πίνακα 3 και στο γράφημα του Σχήματος 7. Η μέση τιμή της θερμοκρασίας καυσίμου πριν το ψυγείο είναι 65.65°C και μετά από αυτό είναι 51.15°C, ήτοι έχουμε πτώση της θερμοκρασίας κατά 14.5°C. Ωστόσο, η θερμοκρασία του καυσίμου που επιστρέφει στο κύκλωμα τροφοδοσίας παραμένει σε υψηλά επίπεδα. Επομένως η εγκατάσταση του ψυγείου στη διακλάδωση της επιστροφής καυσίμου δε θα βοηθούσε ουσιαστικά στην αντιμετώπιση του προβλήματος.

Πίνακας 2. Θερμοκρασία πριν την είσοδο του καυσίμου στην αντλία εκτόξευσης.

Αριθμός Μέτρησης	Θερμοκρασία καυσίμου πριν την είσοδό του στην αντλία εκτόξευσης [°C]		
	Χωρίς μετρητή κατανάλωσης	Με μετρητή κατανάλωσης	Με μετρητή κατανάλωσης και ψυγείο καυσίμου
1	39.5	52.6	38.3
2	39.5	52.6	38.4
3	39.4	52.7	38.3
4	39.5	52.7	38.3
5	39.5	52.7	38.3
6	39.5	52.6	38.4
7	39.4	52.7	38.3
8	39.4	52.7	38.3
9	39.5	52.7	38.3
10	39.5	52.6	38.3
Μέση τιμή	39.47	52.66	38.32
Τυπική απόκλιση	0.048305	0.05164	0.042164
Συντελεστής Μεταβλητότητας	0.122383	0.098063	0.110031

Πίνακας 3. Θερμοκρασία καυσίμου στο κύκλωμα επιστροφής.

Αριθμός Μέτρησης	Θερμοκρασία καυσίμου στο κύκλωμα επιστροφής [°C]	
	Πριν το ψυγείο καυσίμου	Μετά το ψυγείο καυσίμου
1	65.7	51.2
2	65.6	51.1
3	65.6	51.1
4	65.7	51.2
5	65.7	51.2
6	65.6	51.1
7	65.7	51.2
8	65.6	51.1
9	65.6	51.1
10	65.7	51.2
Μέση τιμή	65.65	51.15
Τυπική απόκλιση	0.052705	0.052705
Συντελεστής Μεταβλητότητας	0.080281	0.103039



Σχήμα 6. Μέτρηση της θερμοκρασίας στην είσοδο της αντλίας εκτόξευσης.



Σχήμα 7. Μέτρηση της θερμοκρασίας καυσίμου στο κύκλωμα επιστροφής.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Ο μετρητής κατανάλωσης είναι ένα συμπληρωματικό εξάρτημα του συστήματος τροφοδοσίας, το οποίο εξασφαλίζει τον ακριβή έλεγχο της κατανάλωσης καυσίμου.
- Η εγκατάσταση μετρητή κατανάλωσης στο κύκλωμα τροφοδοσίας προκαλεί υδραυλική τριβή με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας καυσίμου.
- Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού (ιδίως τους καλοκαιρινούς μήνες), προτείνεται η τοποθέτηση ψυγείου καυσίμου στο κύκλωμα τροφοδοσίας.
- Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων, ως καταλληλότερη θέση για την εγκατάσταση του ψυγείου κρίνεται η θέση μπροστά από την αντλία εκτόξευσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Τσατσαρέλης, Κ., 1997. *Γεωργικοί Ελκυστήρες*. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη.
2. Σταθόπουλος, Γ., 1991. *Κριτήρια εκλογής γεωργικών μηχανημάτων*. Αγροτική Τράπεζα της Ελλάδος. Τμήμα Εκδόσεων και Εντύπων.
3. Doebelin, E., O., 1990. *Measurement Systems. Application and Design*. McGraw-Hill International Editions.
4. Watson, N., Janota, M., S., 1982. *Turbocharging the internal combustion engine*. MacMillan Press Ltd. London.
5. Heywood, J., B., 1992. *Combustion Internal Engine Fundamentals*. McGraw-Hill International Editions.
6. Mera-Poltik, 2001. *Positive Displacement Flowmeters*. Instruction Manual.

(114)

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΣΕ ΔΑΣΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Ε. Λάμπου^{1α}, Κ. Ζάννης^{1β} και Ε. Καραγιάννης^{1γ}

¹Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,
Σχολή Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, 54 124 Θεσσαλονίκη,
^αelampou@for.auth.gr, ^βzannis@act.edu, ^γeakarag@for.auth.gr,

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να μελετηθεί η εφαρμογή και η απόδοση των γεωργικών ελκυστήρων σε δασικές εργασίες. Υπολογίστηκε η συνολική ποσότητα του ξύλου που μετατοπίστηκε από τους γεωργικούς και δασικούς ελκυστήρες, για την περίοδο 2000-2005 και συγκρίθηκε η συνολική τους απόδοση (m³/h) για κάθε έτος. Από την ανάλυση των στοιχείων προέκυψε ότι η μέση απόδοση των πρώτων κυμάνθηκε από 1,47-1,82 m³/h ενώ η αντίστοιχη των δεύτερων από 1,20-1,22 m³/h και για την περίοδο έρευνας χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο οι γεωργικοί ελκυστήρες, ισχύος περίπου 150 hp, σε σχέση με τους δασικούς ελκυστήρες ίδιας ιπποδύναμης.

APPLICATIONS OF AGRICULTURAL TRACTORS IN FORESTRY WORKS

E. Lampou^{1α}, K. Zannis^{1β} and E. Karagiannhs^{1γ}

¹ Aristotle University of Thessaloniki,
School of Forestry and Natural Environment, 54124 Thessaloniki,
^αelampou@for.auth.gr, ^βzannis@act.edu, ^γeakarag@for.auth.gr

ABSTRACT

The aim of this paper was the application and performance of agricultural tractors in forest works. The total amount of wood that was skidding by agricultural and forest tractors, was calculated over a period of 5 years (2000-2005) and their total output (m³/h) for each year was then compared. The analysis of the data showed that the average performance of the agricultural tractors fluctuated between 1,47-1,82 m³/h whereas the performance of the forest tractors relatively was measured between 1,20-1,22 m³/h and the tractors mostly used, during the study were agricultural's tractors of 150 hp in relatively with forest tractors of the same horsepower.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο γεωργικός ελκυστήρας είναι ένα αυτοκινούμενο όχημα που χρησιμοποιείται για την έλξη, ώθηση και ανάρτηση γεωργικών εργαλείων και μηχανημάτων καθώς και για τη λειτουργία των μηχανισμών τους είτε εν κινήσει είτε εν στάσει. Οι πρώτοι ελκυστήρες ήταν ατμοκίνητοι και τοποθετούνται χρονολογικά περίπου 100 χρόνια πριν την ανακάλυψη των κινητήρων εσωτερικής καύσης. Μετά το 1900, άρχισαν ουσιαστικά οι προσπάθειες για την κατασκευή ελκυστήρων με βάση αρχές που χρησιμοποιούνται και σήμερα και η εφαρμογή τους έγινε απαραίτητη σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας [6]. Τα τελευταία χρόνια μάλιστα κατασκευάστηκαν σύγχρονοι ελκυστήρες εφοδιασμένοι με ηλεκτρονικά συστήματα, με αποτέλεσμα την αύξηση της απόδοσής τους και την καλύτερη ποιότητα της εργασίας.

Η χρησιμοποίηση των γεωργικών ελκυστήρων σε συγκεκριμένες δασικές εργασίες ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1930 όταν εμφανίστηκαν οι πρώτοι αυτοκινούμενοι γεωργικοί ελκυστήρες και η εκμηχάνιση των εργασιών έλαβε επαναστατική μορφή [4]. Οι τροχοφόροι ελκυστήρες αποτελούν σήμερα για τη γεωργία και Δασοπονία τα πλέον εύχρηστα μηχανήματα έλξης και κίνησης [3]. Στη χώρα μας, από το 1990 μέχρι και το 2000, το σύνολο των μονοαξονικών ελκυστήρων αυξήθηκε από 123.097 σε 133.806 και των διαξονικών από 215.755 σε 254.527 δηλαδή έχουμε μία αύξηση της τάξεως του 8% και 15% αντίστοιχα. Από τους 133.806 μονοαξονικούς ελκυστήρες που βρίσκονται σε χρήση το 2001, το 45,68% απασχολείται σε πεδινές εκτάσεις, το 28,96% σε ημιορεινές εκτάσεις και το 25,36% σε ορεινές εκτάσεις ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά για τους διαξονικούς ελκυστήρες είναι 67,04%, 22,85% και 10,11% [2]. Γενικότερα οι ελκυστήρες που βρίσκονται σε χρήση, αυξήθηκαν από το 1965 μέχρι το 2000 κατά 335.280, δηλαδή έχει επέλθει μία αύξηση της τάξεως του 87% [1].

Το υψηλό κόστος λειτουργίας των μηχανημάτων μετατόπισης ήταν μία από τις βασικές αιτίες που οδήγησε στη χρησιμοποίηση των γεωργικών ελκυστήρων σε δασικές εργασίες. Η δυνατότητα προσαρμογής ελκόμενων και φερόμενων μηχανισμών, στους γεωργικούς ελκυστήρες, τους καθιστά μηχανήματα πολλαπλών εφαρμογών [3].

Οι γεωργικοί ελκυστήρες παρουσιάζουν σε σχέση με τους δασικούς, τη δυνατότητα πολλαπλών χρήσεων σε δασικές εργασίες, γιατί οι δεύτεροι ναι μεν φέρουν το σύστημα μετάδοσης της κίνησης (Power-take-off, PTO), αλλά δεν έχουν την κατάλληλη υποδομή για να έλξουν π.χ. άροτρα ή κάποια άλλα παρελκόμενα εργαλεία και μηχανήματα.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να μελετηθεί η εφαρμογή και η απόδοση των γεωργικών ελκυστήρων, μεγάλης ισχύος (περίπου 150 hp), σε δασικές εργασίες και να συγκριθεί η απόδοσή τους με τους δασικούς ελκυστήρες. Χρησιμοποιήθηκαν ως αντιπροσωπευτικοί οι: α) ο γεωργικός ελκυστήρας της εταιρείας New Holland ισχύος 150 hp και β) ο δασικός ελκυστήρας της εταιρείας Caterpillar.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

Για τις ανάγκες της έρευνας αυτής χρησιμοποιήθηκαν:

1. Έντυπα που στάλθηκαν σε 27 παραγωγικά Δασαρχεία και Διευθύνσεις Δασών της χώρας μας, προκειμένου να συγκεντρωθούν στοιχεία που αφορούν την εφαρμογή και την απόδοση των γεωργικών ελκυστήρων σε δασικές εργασίες (Πίνακας 1). Το έντυπο του πίνακα 1 αφορά μηχανήματα που ανήκουν στο Δασαρχείο ή σε Συνεταιρισμούς και ιδιώτες και χρησιμοποιούνται από τα Δασαρχεία για τις διάφορες δασικές εργασίες. Τα δασαρχεία τα οποία λειτουργούν με το σύστημα της Κρατικής Εκμετάλλευσης Δασών (ΚΕΔ) επιλέχθηκαν με κριτήριο την παραγωγικότητά τους. Όπως δείχνει ο πίνακας 1 όλα τα στοιχεία κατανεμήθηκαν κατά κατηγορίες σύμφωνα με το είδος του μηχανήματος και τη μέθοδο εργασίας.

Πίνακας 1. Έντυπο αποστολής στα Δασαρχεία και Διευθύνσεις Δασών

A/A	Κατηγορία μηχανήματος	Χρόνος εργασίας (h)	Παραγωγή έργου (m ³)	Απόδοση εργασίας (m ³ /h)
1	Γεωργικοί ελκυστήρες	-	-	-
2	Δασικοί ελκυστήρες	-	-	-
3	Ερπυστ/ροι ελκυστήρες	-	-	-
4	Unimog	-	-	-
5	Σχοιν/νοί	-	-	-

2. Τεχνικά στοιχεία των αντιπροσωπευτικών γεωργικών και δασικών ελκυστήρων που χρησιμοποιήθηκαν στις δασικές εργασίες, κατά την περίοδο έρευνας (Πίνακες 2 και 3).

Πίνακας 2. Τεχνικά χαρακτηριστικά γεωργικού ελκυστήρα τύπου New Holland

Μέγιστη ισχύς [Kw/hp(CV)]	106/144	Συνολικό μήκος (χιλ.)	4532
Στροφές κινητήρα σ.α.λ.	2200	Ελάχιστο συνολικό πλάτος (χιλ.)	1913
Κυβισμός	6728	Συνολικό ύψος (χιλ.)	2920
Διάμετρος/διαδρομή (mm/mm)	104x132	Ελάχιστο εμπρόσθιο μετατρόχιο (χιλ.)	1407
Μέγιστη ροπή στις 1400 σ.α.λ. (Nm)	612	Μέγιστο εμπρόσθιο μετατρόχιο (χιλ.)	2108
Διαθέσιμη ροπή (%)	41	Οπίσθιο ελάχιστο-μέγιστο μετατρόχιο (χιλ.)	1430/2030

Πίνακας 3. Τεχνικά χαρακτηριστικά δασικού ελκυστήρα τύπου Holder

Μέγιστη ισχύς [Kw/hp(CV)]	51,5/70	Υδραυλικό ρεζερβουάρ πετρελαίου (L)	160
Λειτουργικό βάρος (Kg)	9800	Δεξαμενή καυσίμων (L)	220
Υδραυλική πίεση συστήματος (psi)	3000	Ανώτατη προσιτότητα (m)	5,6
Υδρ/κη ροή πετρελαίου (L/min)	105	Προσιτότητα βραχίονα (m)	4,8

Συγκεντρώθηκαν όλα τα στοιχεία από τα έντυπα που στάλθηκαν στα 27 Δασαρχεία και Διευθύνσεις Δασών της χώρας μας και επεξεργάστηκαν με ένα πρόγραμμα που συντάχθηκε στον Η/Υ. Κωδικοποιήθηκαν όλα τα στοιχεία που αφορούν τα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν, τον ξυλώδη όγκο που μετατοπίστηκε και το χρόνο εργασίας των μηχανημάτων που απαιτήθηκε για τη μετατόπιση τους. Μετά από επεξεργασία και ανάλυση όλων των στοιχείων προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

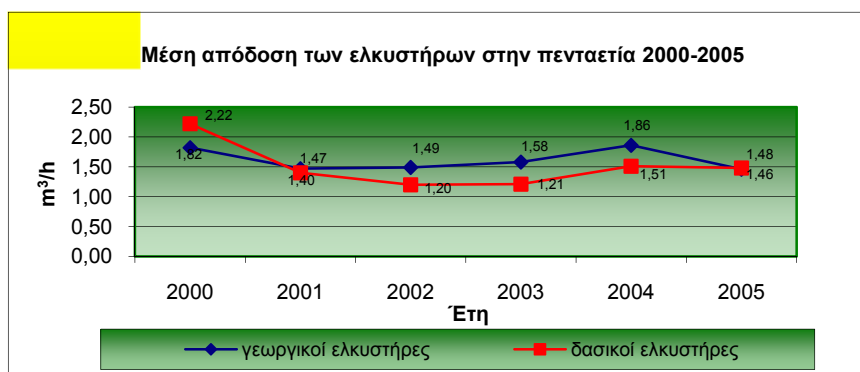
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη των στοιχείων του πίνακα 1 και την επεξεργασία τους στον Η/Υ προέκυψε ο πίνακας 4 που δείχνει τη συνολική ποσότητα του ξύλου που μετατοπίστηκε με τα διάφορα μέσα μετατόπισης, (δασικοί ελκυστήρες, γεωργικοί ελκυστήρες,) για την περίοδο μελέτης 2000-2005. Στον πίνακα 4 φαίνεται η συνολική ποσότητα του ξυλώδους όγκου που μετατοπίστηκε, κατά έτος και κατά κατηγορία μηχανήματος.

Πίνακας 4. Συνολική απόδοση των δασικών και γεωργικών ελκυστήρων για την περίοδο έρευνας (2000-2005)

	Έτη	Συνολικός χρόνος μετατόπισης (h)	Συνολικός όγκος μετατοπιζόμενου ξύλου (m ³)	Απόδοση ελκυστήρα (m ³ /h)
Γεωργικοί ελκυστήρες	2000	967	1.760	1,82
	2001	2207	3.244	1,47
	2002	1192	1.776	1,49
	2003	1352	2.136	1,58
	2004	1326	2.466	1,86
	2005	1538	2.276	1,48
	Σύνολο	8582	13.658	1,59
Δασικοί ελκυστήρες	2000	1339	2.972	2,22
	2001	1959	2.743	1,40
	2002	1538	1.846	1,20
	2003	1048	1.792	1,21
	2004	1706	2.576	1,51
	2005	1786	2.607	1,46
	Σύνολο	9376	14.536	1,55

Από την επεξεργασία των στοιχείων του πίνακα 4 στον Η/Υ, προέκυψαν τα σχήματα 1, 2 και 3. Στο σχήμα 1 φαίνεται η μέση απόδοση των ελκυστήρων για την πενταετία 2000-2005. Στα σχήματα 2 και 3 φαίνεται η χρήση των δασικών και γεωργικών ελκυστήρων με βάση το μετατοπιζόμενο όγκο, αντίστοιχα για την ίδια χρονική περίοδο.

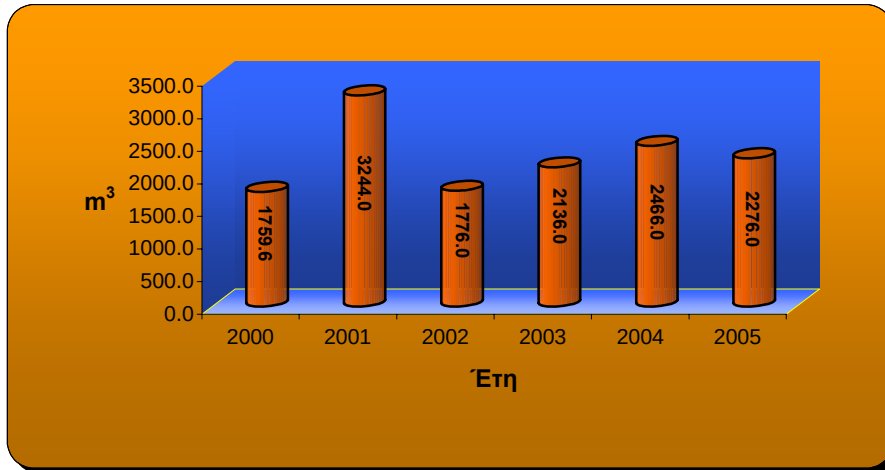


Σχήμα 1. Μέση απόδοση των γεωργικών και δασικών ελκυστήρων.

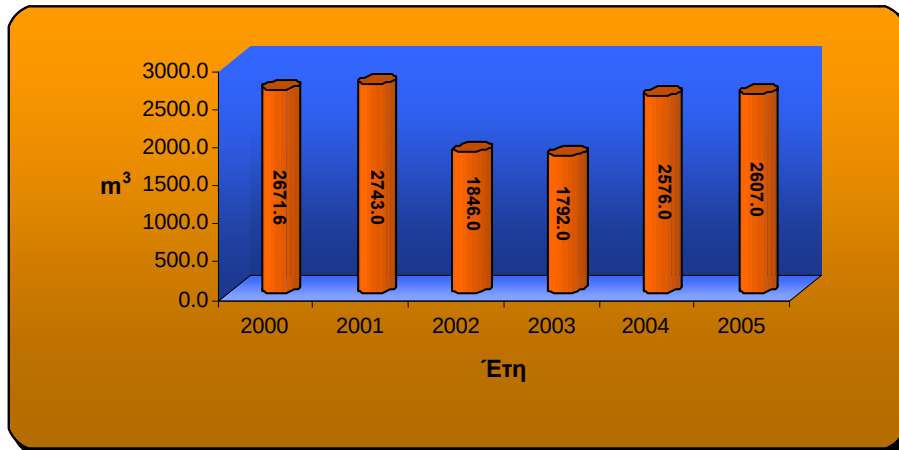
Μετά από την επεξεργασία και ανάλυση των στοιχείων των σχημάτων 1, 2 και 3 προκύπτει ότι:

α) Η μέση απόδοση των δασικών ελκυστήρων, για την πενταετία 2000-2005 είναι 1,55 m³/h ενώ για κάθε έτος χωριστά είναι 2,22 m³/h, 1,40 m³/h, 1,20 m³/h, 1,21 m³/h, 1,51 m³/h και 1,46 m³/h αντίστοιχα. Η μέση απόδοση των γεωργικών ελκυστήρων, για την ίδια περίοδο μελέτης είναι 1,59 m³/h. Για κάθε έτος χωριστά είναι 1,82 m³/h, 1,47 m³/h, 1,49 m³/h, 1,58 m³/h, 1,86 m³/h και 1,48 m³/h αντίστοιχα. Η μέση απόδοση λοιπόν των γεωργικών ελκυστήρων είναι κατά 2,6 % μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των δασικών ελκυστήρων για την ίδια περίοδο και για κάθε ένα έτος χωριστά φαίνεται ότι το 2000 είναι μεγαλύτερη η μέση απόδοση των δασικών ελκυστήρων κατά 18,1% έναντι

των γεωργικών ενώ για τα έτη 2001, 2002, 2003, 2004 και 2005 είναι μεγαλύτερη η μέση απόδοση των γεωργικών ελκυστήρων έναντι των δασικών κατά 4,96%, 19,46%, 23,42%, 18,82% και 1,35% αντίστοιχα.



Σχήμα 2. Χρήση των δασικών ελκυστήρων με βάση με το μετατοπιζόμενο όγκο για τα έτη 2000-2005



Σχήμα 3. Χρήση των γεωργικών ελκυστήρων με βάση με το μετατοπιζόμενο όγκο για τα έτη 2000-2005

β) Από τα σχήματα 2 και 3 προκύπτει ότι ο μέσος όρος του ξυλώδη όγκου που μεταφέρθηκε από τους γεωργικούς ελκυστήρες στην πενταετία 2000-2005, είναι 2.276,27 m³ και ο αντίστοιχος όγκος για τους δασικούς ελκυστήρες είναι 2.372,60 m³. Πιο αναλυτικά όσον αφορά το ξυλώδη όγκο που μετατοπίστηκε για το 2000 οι δασικοί ελκυστήρες χρησιμοποιήθηκαν κατά 34,14% περισσότερο σε σχέση με τους γεωργικούς. Ανάλογη είναι η εφαρμογή των γεωργικών ελκυστήρων για τα έτη 2002, 2004 και 2005. Δηλαδή το 2002 ο ξυλώδης όγκος που μετατοπίστηκε από τους δασικούς ελκυστήρες είναι 3,8% μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο όγκο που μετατοπίστηκε από τους γεωργικούς ελκυστήρες, το 2004 είναι 4,2% μεγαλύτερος και το 2005 είναι 12,7% μεγαλύτερος. Για τα έτη 2001 και 2003 ο ξυλώδης όγκος που μετατοπίστηκε από τους

δασικούς ελκυστήρες είναι αντίστοιχα 15,4% και 16,1% μικρότερος από τον όγκο που μετατοπίστηκε από τους γεωργικούς ελκυστήρες.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων του πίνακα 4 και των σχημάτων 1, 2 και 3 προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

1) Η μέση απόδοση των γεωργικών ελκυστήρων (m^3/h) για την περίοδο έρευνας είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη των δασικών. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διαφοροποίηση της απόδοσης των γεωργικών ελκυστήρων σε σχέση με τους δασικούς είναι ότι οι σύγχρονοι γεωργικοί ελκυστήρες έχουν βελτιώσει, τα τελευταία χρόνια, αισθητά τα τεχνικά χαρακτηριστικά καθώς και την ταχύτητά τους. Συγκεκριμένα στην παρούσα εργασία ο γεωργικός ελκυστήρας ο οποίος χρησιμοποιήθηκε ήταν διπλάσιος ισχύος από τον δασικό, γεγονός το οποίο επηρεάζει τόσο την παραγωγή έργου όσο και το κόστος. Συνεπώς οι γεωργικοί ελκυστήρες μπορούν να κινηθούν γρηγορότερα και με μεγαλύτερη ασφάλεια, όχι μόνο σε επίπεδα εδάφη όπως συμβαίνει κατά κύριο λόγο στις αγροτικές εκτάσεις, αλλά και σε κεκλιμένα, και μάλιστα σε μερικές περιπτώσεις ιδιαίτερα επικλινή εδάφη, όπως συμβαίνει με τις δασικές εκτάσεις.

2) Η χρήση των γεωργικών ελκυστήρων σε δασικές εργασίες, και συγκεκριμένα στις εργασίες μετατόπισης του ξύλου, για την πενταετία 2000-2005, ήταν σημαντική. Από το συνολικό όγκο του ξύλου που μετατοπίστηκε κάθε χρόνο, με μηχανικά μέσα, το μεγαλύτερο ποσοστό μετατοπίστηκε με τη χρήση γεωργικών ελκυστήρων μέσης περίπου ισχύος. Η χρήση ενός ελκυστήρα αποκλειστικά και μόνο σε εργασίες μετατόπισης του ξύλου, είναι οικονομικά ασύμφορη, μιας και οι υλοτομίες στην Ελλάδα είναι επιλογικές και όχι αποψιλωτικές. Ο όγκος δηλαδή του ξύλου που συγκομίζεται κάθε χρόνο (λήμμα) είναι μικρός έτσι ώστε να μην δικαιολογείται η αγορά δασικών ελκυστήρων σε διάφορες δασικές περιοχές της χώρας μας, αποκλειστικά και μόνο για τις εργασίες μετατόπισης. Από την άλλη η σύγχρονη βιομηχανία γεωργικών ελκυστήρων δίνει τη δυνατότητα εφαρμογής τους, σε διάφορες εργασίες και όχι αποκλειστικά και μόνο σε γεωργικές καλλιέργειες.

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η πρώτη συγγραφέας θα ήθελε να εκφράσει τις ευχαριστίες της προς το Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών (Ι.Κ.Υ.), του οποίου είναι υπότροφος. Η παραπάνω εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος υποτροφιών εσωτερικού μεταπτυχιακών σπουδών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γιακουμέτης, Γ., 1992. Ελκυστήρες και Γεωργικά Μηχανήματα, Εκδόσεις "ΙΩΝ" Στέλλα Παρίκου & ΣΙΑ Ο.Ε., Αθήνα, σελ.9.
2. Ε.Σ.Υ.Ε. Γεωργική Στατιστική της Ελλάδος 1990-2001.
3. Καραγιάννης, Ε., 2003. Σημειώσεις Διάνοιξης Δάσους και Μεταφοράς του Ξύλου, Διδακτικές σημειώσεις, Θεσσαλονίκη, σελ. 37.
4. Καραρίζος, Π., Καραγιάννης, Ε., Εσκίογλου, Π., 2003. Ελκυστήρες με σύγχρονο εξοπλισμό σε εργασίες κατασκευής δασικών δρόμων και μετατόπισης του ξύλου. 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, Θεσσαλονίκη-Μάιος 2003.
5. Λάμπου, Ε., 2003. Εφαρμογή των χωματοργικών μηχανημάτων και μέσων μετατόπισης στις δασικές εργασίες, Μεταπτυχιακή Διατριβή.
6. Τσατσαρέλης, Κ.Α., 1997. Γεωργικοί Ελκυστήρες, Διδακτικό βιβλίο, Εκδόσεις Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη, σελ. 35.

(116)

ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΙΣΟΠΕΔΩΣΗΣ ΣΕ ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Κ. Ζάννης^{1α}, Δ. Μπόχτης², Ε. Λάμπου^{1β} και Αθ. Καραγιάννης^{1γ}

¹Α.Π.Θ., Σχολή Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, 54 124 Θεσσαλονίκη,

²Α.Π.Θ., Γεωπονική Σχολή, 54 124 Θεσσαλονίκη,

^{1α}zannis@act.edu, ²dionmpo@agro.auth.gr, ^{1β}elampou@for.auth.gr,

^{1γ}athkarag@for.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή υπολογίστηκε η απόδοση δύο διαφορετικών ελκυστήρων, M.F.6290 και FORD TW-25 σε εργασίες ισοπέδωσης με λείζερ για τη σπορά ρυζιού στις περιοχές Αγ. Αθανασίου Θεσσαλονίκης και Σκούταρης Σερρών. Στην περιοχή Αγίου Αθανασίου χρησιμοποιήθηκε ο ελκυστήρας M.F.6290 ιπποδύναμης 135 Hp με λεπίδα μήκους 4 m για ισοπέδωση 0% αρχικής κλίσης ενώ στην περιοχή Σκούταρης ο ελκυστήρας FORD TW-25 ιπποδύναμης 155 Hp με λεπίδα μήκους 4,3 m για ισοπέδωση 0,5% αρχικής κλίσης. Από την επεξεργασία των στοιχείων προέκυψε ότι η απόδοση του πρώτου ελκυστήρα κυμάνθηκε από 4,14 - 4,6 στρ/h και του δεύτερου από 2,69 - 3,06 στρ/h.

MODERN LAND-LEVELING MACHINERY IN AGRICULTURAL WORKS

K. Zannis^{1α}, D. Bochtis², E. Lampou^{1β} and Ath. Karagiannhs^{1γ}

¹ Aristotle University of Thessaloniki,

School of Forestry and Natural Environment, 54124 Thessaloniki,

² Aristotle University of Thessaloniki, School of Agriculture, 54124 Thessaloniki,

^{1α}zannis@act.edu, ²dionmpo@agro.auth.gr, ^{1β}elampou@for.auth.gr,

^{1γ}athkarag@for.auth.gr

ABSTRACT

In this paper is calculated the performance of two different tractors M.F.6290 and FORD TW-25, in laser Land Leveling for rice production in the areas of Ag. Athanasios-Thessaloniki and Skoutari-Serres. In the area of Ag. Athanasios an M.F.6290 tractor of 135 Hp with a 4 m blade was used at an initial slope of 0%. However in the area of Skoutari a FORD TW-25 tractor of 155 Hp with a 4,30 m blade was used at an initial slope of 0,5%. The results showed that the performance of the first tractor fluctuated between 0.41 – 0.46 ha/h and the performance of the second one fluctuated between 0,27 – 0,31 ha/h.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα μηχανήματα ισοπέδωσης είναι αυτοκινούμενα ή παρελκόμενα από γεωργικούς ελκυστήρες και μετατρέπονται σε ημιφερόμενα κατά τη διάρκεια της εργασίας. Τα σύγχρονα ισοπεδωτικά μηχανήματα χρησιμοποιούνται σε πλήθος χωματουργικών εργασιών μεταξύ των οποίων και σε εργασίες ισοπέδωσης αγροτικών εκτάσεων.

Τα τελευταία χρόνια τα μηχανήματα αυτά είναι εξοπλισμένα με κατάλληλες ηλεκτρονικές διατάξεις και έχουν τη δυνατότητα να εργάζονται με μεγάλη ακρίβεια. Οι ηλεκτρονικές αυτές διατάξεις αν και πολύπλοκες παρουσιάζουν εξαιρετικό ενδιαφέρον όχι μόνο για την ισοπέδωση αλλά και για άλλες γεωργικές εργασίες [4].

Η ανάγκη χρησιμοποίησης αυτών των μηχανημάτων είναι αποτέλεσμα του συνεχούς αυξανόμενου όγκου των εργασιών εντός καθορισμένου χρονικού ορίου (μικρή διαθέσιμη περίοδος για την ισοπέδωση σε συνδυασμό με μεγάλες εκτάσεις) ο οποίος συνοδεύεται από την απαίτηση της ποιότητας του έργου καθώς και του χαμηλού κόστους παραγωγής [4].

Η ισοπέδωση σαν καλλιεργητική τεχνική αύξησης της στρεμματικής απόδοσης, άρχισε να υλοποιείται την δεκαετία του '20. Το 1935 παρουσιάστηκε το πρώτο μηχανήμα ισοπέδωσης στις Η.Π.Α. ενώ το 1960 ξεκίνησε η μαζική χρήση της ισοπέδωσης σαν καλλιεργητική πρακτική στις Η.Π.Α. [9].

Η χρήση του Laser σαν μέσο βελτίωσης της ισοπέδωσης πρωτοεμφανίστηκε στις Η.Π.Α. το 1970 ενώ η ευρεία χρήση αυτού ξεκίνησε στις Η.Π.Α. τη δεκαετία του '80 και λίγα χρόνια αργότερα στην Ευρώπη. Στην Ελλάδα οι πρώτοι ισοπεδωτικοί μηχανισμοί με τη χρήση Laser έκαναν την εμφάνισή τους στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης το 1990 και από τότε χρησιμοποιούνται ευρέως [7].

Η ισοπέδωση με Laser ή "ισοπέδωση ακρίβειας" όπως ονομάζεται είναι μία καλλιεργητική πρακτική που πλέον χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά στο σύνολο των εκτάσεων καλλιέργειας του ρυζιού και των εναλλασσόμενων αυτού καλλιεργειών (καλαμπόκι-βιομηχανική τομάτα-βαμβάκι-τριφύλλι) στις πεδιάδες των Νομών Θεσσαλονίκης και Σερρών [7].

Μελέτες που έγιναν σχετικά με την ισοπέδωση ακρίβειας έδειξαν τα εξής πλεονεκτήματα:

1) Καλύτερα ποσοστά φυτρωτικότητας του σπόρου, λόγω ομοιόμορφης σποράς και ομοιογενούς ωρίμανσης των καρπών [1].

2) Καλύτερο έλεγχο των ζιζανίων και αποτελεσματικότερη εφαρμογή των φαρμάκων και λιπασμάτων [8].

3) Αύξηση της διαθέσιμης καλλιεργούμενης έκτασης κατά 3-5% λόγω μείωσης των αναχωμάτων [9].

4) Μεγαλύτερη παραγωγή σε ορυζώνες με ισοπέδωση ακρίβειας κατά 40% σε σχέση με μη ισοπεδωμένους ορυζώνες [6].

5) Εδάφη με καλύτερα χαρακτηριστικά κατανομής του ύδατος, καλύτερη αποστράγγιση, καλύτερη κατανομή θρεπτικών στοιχείων και κατά συνέπεια καλύτερη θρέψη των φυτών και καλύτερα χαρακτηριστικά ξήρανσης [2].

6) Εξοικονόμηση νερού και μείωση του κόστους παραγωγής κατά 6,3-15,4% σε καλλιέργειες βαμβακιού, καλαμποκιού [3] με ταυτόχρονη αύξηση της αρδευτικής απόδοσης μέχρι 50% [7].

7) Μείωση των εργατικών χεριών σε ποσοστό 50% σε σχέση με την ισοπέδωση με συμβατικές μεθόδους [5].

Στην εργασία αυτή υπολογίστηκε η στρεμματική απόδοση δύο διαφορετικών ελκυστήρων σε εργασίες ισοπέδωσης για τη σπορά ρυζιού, στις περιοχές Αγ. Αθανασίου Θεσσαλονίκης και Σκούταρης Σερρών.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΣ

2.1 Υλικά

Τον Οκτώβριο του 2006 οριοθετήθηκαν και εγκαταστάθηκαν (4) τέσσερις πειραματικές επιφάνειες. Οι δύο (Α, Β) στην περιοχή Σκούταρης Σερρών και οι άλλες δυο (Γ, Δ) στην περιοχή Αγ. Αθανασίου Θεσσαλονίκης. Σε όλες τις πειραματικές επιφάνειες ήταν σε εξέλιξη εργασίες ισοπέδωσης για τη σπορά ρυζιού.

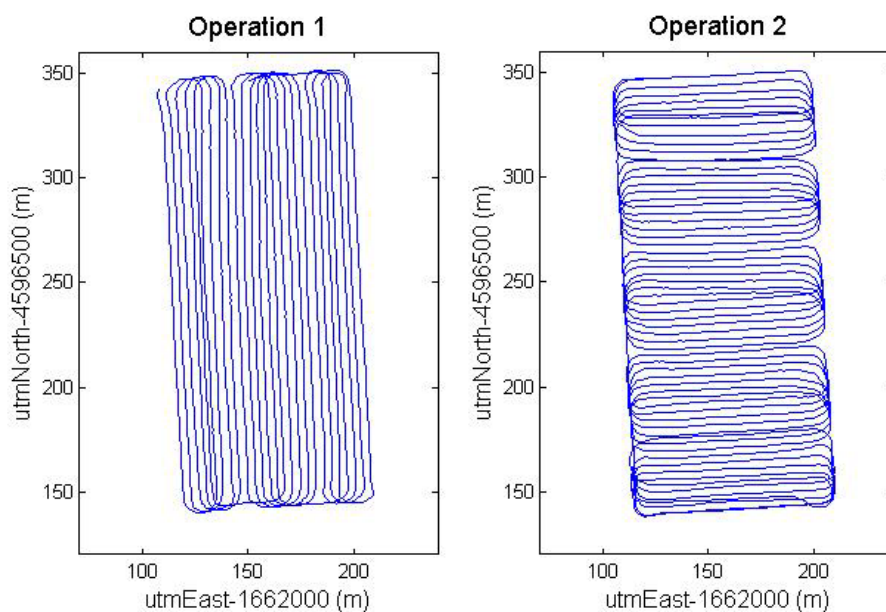
Συγκεκριμένα στην περιοχή Σκούταρης Σερρών οι πειραματικές επιφάνειες (Α, Β) που επιλέχθηκαν ήταν δύο μεμονωμένα γειτονικά αγροτεμάχια εκτάσεως 13.895 τ.μ και 9.705 τ.μ αντίστοιχα. Η κλίση του εδάφους των πειραματικών επιφανειών ήταν 0,5% λόγω της προηγούμενης καλλιέργειας καλαμποκιού και πριν την ισοπέδωση είχε προηγηθεί όργωμα. Η μηχανική σύσταση του εδάφους από δείγματα που ελήφθησαν και από τις δύο επιφάνειες έδωσε τα εξής αποτελέσματα α) άμμος 33,5% β) ιλύς 32,1% και γ) άργιλος 34,4%. Στις πειραματικές επιφάνειες Α και Β χρησιμοποιήθηκε ελκυστήρας τύπου FORD TW-25 ισχύος 155Hp. Στον ελκυστήρα προσαρμόστηκε συρόμενη σκαφίδα με λεπίδα μήκους 4,3m η οποία φέρει ηλεκτρονικό δέκτη ακτίνων Laser τύπου Spectra Physics. Ο διαβιβαστής των ακτίνων Laser τύπου R2S-SA τοποθετήθηκε σε σημείο όπου καλυπτόταν οπτικά όλη η πειραματική επιφάνεια.

Στις πειραματικές επιφάνειες (Γ, Δ) εμβαδού 19.344 τ.μ και 11.821 τ.μ αντίστοιχα της περιοχής Αγ. Αθανασίου, η κλίση του εδάφους ήταν 0% λόγω της προηγούμενης καλλιέργειας ρυζιού. Πριν την ισοπέδωση στην επιφάνεια (Γ) είχε προηγηθεί κατεργασία με καλλιεργητή, ενώ στην επιφάνεια (Δ) όργωμα και καλλιεργητής. Η μηχανική σύσταση του εδάφους από δείγματα που ελήφθησαν έδωσε τα εξής αποτελέσματα: πειραματική επιφάνεια (Γ): άμμος 58,2%, ιλύς 25,5% και άργιλος 16,3%, πειραματική επιφάνεια (Δ): άμμος 52,7%, ιλύς 39,3% και άργιλος 8%. Στις πειραματικές επιφάνειες Γ και Δ χρησιμοποιήθηκε ελκυστήρας ισχύος 135Hp τύπου Massey Ferguson. Στον ελκυστήρα προσαρμόστηκε σκαφίδα με λεπίδα μήκους 4m η οποία φέρει ηλεκτρονικό δέκτη ακτίνων Laser τύπου MIKROFYN. Ο διαβιβαστής ακτίνων Laser τύπου MIKROLASER ML-4 τοποθετήθηκε σε σημείο όπου καλυπτόταν οπτικά όλη η πειραματική επιφάνεια.

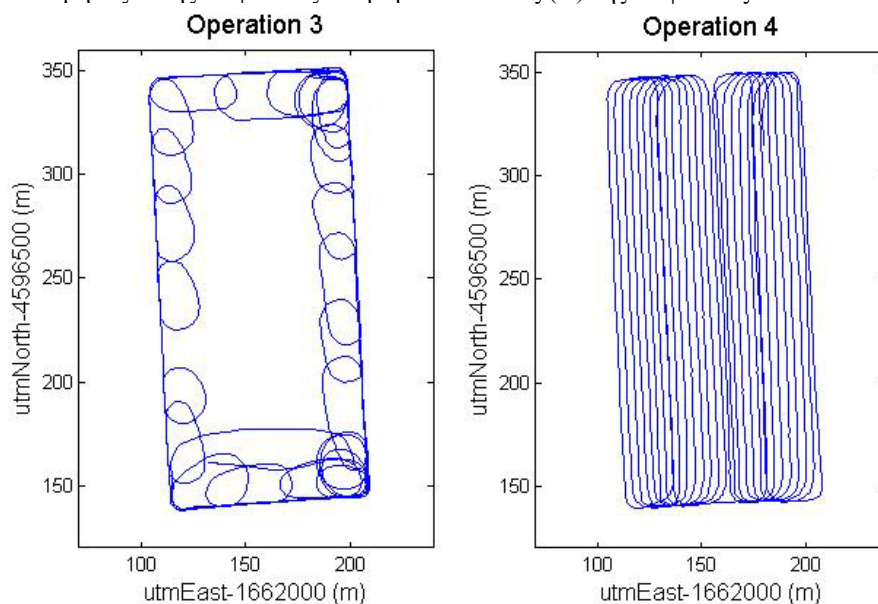
Για την εμβοδομέτρηση των πειραματικών επιφανειών (Α, Β, Γ, Δ) χρησιμοποιήθηκε Total Station τύπου Leica TC 805. Οι φάσεις ισοπέδωσης χρονομετρήθηκαν με χρονόμετρο χειρός τύπου Meridian, ενώ πλήρης καταγραφή της πορείας του ελκυστήρα έγινε στις επιφάνειες (Γ, Δ) με την εγκατάσταση σε αυτόν GPS ακρίβειας συνδεδεμένο με φορητό H/Y.

2.2 Μέθοδος εργασίας

Η λήψη των στοιχείων για τον υπολογισμό της ωριαίας πραγματικής απόδοσης σε όλες τις πειραματικές επιφάνειες (Α, Β, Γ, Δ) έγινε με τη μέθοδο των χρονικών σπουδών. Ο διαχωρισμός των φάσεων ισοπέδωσης έγινε με βάση τη διεύθυνση κίνησης του ελκυστήρα ο οποίος κινούμενος παράλληλα είτε κατά μήκος (X), είτε κατά πλάτος (Y) και κατά ορθογώνιες λωρίδες σάρωνε το σύνολο της επιφάνειας, (φάσεις 1,2,4) ενώ κινούμενος ενδιάμεσα σπειροειδώς (φάση 3) σάρωνε το περίγραμμα της πειραματικής επιφάνειας.



Σχήμα 1. Αρχική φάση ισοπέδωσης- κίνηση κατά μήκος X της επιφάνειας κίνηση κατά πλάτος (Y) της επιφάνειας



Σχήμα 3. Περιμετρική ισοπέδωση (Π) κίνηση κατά μήκος (Xτ) ή κατά πλάτος (Yτ)

Κάθε φάση κωδικοποιήθηκε και χρονομετρήθηκε χωριστά. Επιπλέον μετρήθηκαν ο συνολικός χρόνος των καθυστερήσεων καθώς και ο χρόνος ισοπέδωσης των γωνιών. Επιπρόσθετα μόνο στις πειραματικές επιφάνειες Γ και Δ μετρήθηκε και καταγράφηκε μέσω του GPS ακριβείας ο αριθμός των παράλληλων διαδρομών καθώς και η συνολική

διανυόμενη απόσταση κατά φάση. Η χρήση του GPS ακριβείας βοήθησε στον υπολογισμό της μέσης ταχύτητας του μηχανήματος κατά φάση ισοπέδωσης καθώς και στον προσδιορισμό της στρεμματικής απόδοσης του συγκεκριμένου μηχανήματος. Ο συνολικός αριθμός των φάσεων καθώς και ο χρονικός προσδιορισμός του τέλους της τελευταίας φάσης καθορίστηκε από το κριτήριο της “ελάχιστη αποδεκτής” ποιότητας της ισοπέδωσης. Σύμφωνα με αυτό το κριτήριο η σκαφίδα κινούμενη με τη βοήθεια του ελκυστήρα κατά μήκος της πειραματικής επιφάνειας δεν μεταβάλλει (πληρώνει ή εναποθέτει) τον όγκο των χωμάτων που μεταφέρει. Μετά το τέλος των εργασιών για την επαλήθευση του ανωτέρου κριτηρίου, χρησιμοποιήθηκε ψηφιακός δέκτης προσαρμοσμένος σε χειροκίνητο ιστό. Μετρώντας σε τυχαία σημεία της επιφάνειας βρέθηκε ότι η υψομετρική διαφορά δεν ξεπερνούσε τα $\pm 2\text{cm}$ όπως έχει οριστεί σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα [3]. Ο συνολικά απαιτούμενος χρόνος σαν αποτέλεσμα του αθροίσματος των επιμέρους χρόνων κατά φάση σε συνάρτηση με το εμβαδό της ισοπέδωσης, προσδιόρισε την ωριαία παραγωγική ικανότητα του κάθε ελκυστήρα.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από την επεξεργασία όλων των στοιχείων των χρονικών σπουδών στις πειραματικές επιφάνειες (Α, Β) και (Γ, Δ) προέκυψαν τα αποτελέσματα που φαίνονται στους πίνακες 1, 2 και 3.

Στον πίνακα 1 φαίνονται η χρονική διάρκεια των φάσεων καθώς και η συνολική και κατά φάση απόδοση.

Πίνακας 1. Απόδοση του ελκυστήρα FORD TW 25 στις πειραματικές επιφάνειες Α & Β (αρχικής κλίσης 0,5%-τελικής κλίσης 0%)

Προηγούμενη κατεργασία	Πειρ.Επιφάνεια Α (13.895 m ²)		Πειρ. Επιφάνεια Β (9.750 m ²)	
	Όργωμα		Όργωμα	
	Χρόνος (h)	Απόδοση (στρ/h)	Χρόνος (h)	Απόδοση (στρ/h)
Φάσεις				
1	1,18	11,77	0,83	11,74
2	1,25	11,17	0,85	11,47
3	0,7	-	0,43	-
4	1,33	10,44	0,87	11,20
Διαμόρφωση γωνιών	0,23	-	-	-
Καθυστερήσεις	0,46	-	0,21	-
Συνολικός χρόνος	5,16	-	3,19	-
Συνολική μέση απόδοση	-	- 2,69	-	- 3,06

Στους πίνακες 2 και 3 φαίνονται κατά φάσεις: η απόδοση, η διάταξη και ο αριθμός των διαδρομών, η διανυθείσα απόσταση, η μέση ταχύτητα καθώς και η συνολική μέση απόδοση

Πίνακας 2. Απόδοση του ελκυστήρα M.F. 6290 στη πειραματική επιφάνεια Γ (αρχικής κλίσης 0%-τελικής κλίσης 0%) *με χρήση GPS ακριβείας

Προηγούμενη κατεργασία				Πειραματική επιφάνεια Γ (19.344m ²)		
Φάσεις	Κίνηση	Χρόνος (h)	Διανυθείσα απόσταση (Km)	Μέση ταχύτητα (Km/h)	Αριθμός διαδρομών	Απόδοση (στρ/h)
1	X	1,03	5,7	5,53	26	18,78
2	Y	1,21	7,23	5,94	64	15,98
3	Π	0,63	3,42	5,44	-	-
4	Xτ	1,15	7,16	6,2	32	16,82
Διαμόρφωση γωνιών		-	-	-	-	-
Καθυστερήσεις		0,18	-	-	-	-
Σύνολα		4,2	23,51	5,6	-	-
Συνολική μέση απόδοση		-	-	-	-	4,6

Πίνακας 3. Απόδοση του ελκυστήρα M.F. 6290 στη πειραματική επιφάνεια Δ (αρχικής κλίσης 0%-τελικής κλίσης 0%) *με χρήση GPS ακριβείας

Προηγούμενη κατεργασία				Πειραματική επιφάνεια Δ (11.821m ²)		
Φάσεις	Κίνηση	Χρόνος (h)	Διανυθείσα απόσταση (Km)	Μέση ταχύτητα (Km/h)	Αριθμός διαδρομών	Απόδοση (στρ/h)
1	X	0,73	3,48	4,77	33	1619
2	Y	0,78	4,12	5,27	34	15,15
3	Π	0,33	4,16	6,50	-	-
4	Υτ	0,76	4,05	5,32	41	15,55
Διαμόρφωση γωνιών		0,13	-	-	-	-
Καθυστερήσεις		0,12	-	-	-	-
Σύνολα		2,85	13,81	4,82	-	-
Συνολική μέση απόδοση		-	-	-	-	4,1

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την μελέτη των στοιχείων των πινάκων 1, 2 και 3 προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

Επιφάνειες (Α και Β) :

1) Η συνολική μέση απόδοση του ελκυστήρα FORD-TW-25 φαίνεται να είναι μεγαλύτερη στην πειραματική επιφάνεια Β. Η διαφορά προέκυψε από τον χρόνο που απαιτήθηκε για τη διαμόρφωση των γωνιών στην επιφάνεια Α καθώς και από τον επιπλέον χρόνο των καθυστερήσεων του μηχανήματος, σε σχέση με την επιφάνεια Β.

2) Η συνολική μέση απόδοση του μηχανήματος επηρεάζεται σημαντικά από την προοδευτική αύξηση του χρόνου από τη φάση 1 έως και 4. Η φάση 4 είναι τελική και απαιτούνται περισσότερες περιφορές για την επιδιωκόμενη διαμόρφωση.

Επιφάνειες (Γ και Δ) :

1) Η συνολική μέση απόδοση του ελκυστήρα M.F. 6290 είναι μεγαλύτερη στην πειραματική επιφάνεια Γ. Η διαφορά που προκύπτει οφείλεται α) στη διαφορετική προηγούμενη κατεργασία των επιφανειών, β) στη διαφορετική διάταξη κίνησης (X ή Y) του ελκυστήρα κατά τις φάσεις (1, 2 και 4) και γ) στον επιπλέον χρόνο που απαιτήθηκε για τη διαμόρφωση των γωνιών.

2) Η διάρκεια του χρόνου εργασίας στη φάση 4 καθώς και η αύξηση των περιφορών του μηχανήματος είναι καθοριστικός παράγοντας για τον προσδιορισμό της απόδοσης.

Γενικότερα σε όλα τα πειράματα Α, Β, Γ και Δ μπορούμε να πούμε ότι:

1) Η κατηγορία του μηχανήματος (τύπος, ιπποδύναμη, μέγεθος λεπίδας) και ο συνολικός χρόνος που απαιτείται για το παραγόμενο έργο, είναι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση, στις εργασίες ισοπέδωσης.

2) Η ανάγκη ισοπέδωσης ή μη των γωνιών, οι καθυστερήσεις, καθώς και το είδος της κατεργασίας (όργωμα ή όργωμα και καλλιεργητής), επηρεάζουν την τελική απόδοση της ισοπέδωσης.

3) Ο προσδιορισμός της ταχύτητας ισοπέδωσης κατά φάση, σε συνάρτηση με την καταγραφή των διατάξεων των διαδρομών των φάσεων, δίνει τη δυνατότητα του σωστού προγραμματισμού της οικονομικά άριστης απόδοσης των μηχανημάτων στις εργασίες ισοπέδωσης.

4) Η χρήση του GPS ακριβείας σε συνδυασμό με το σύστημα πλοήγησης ασφαλώς μειώνει το ποσοστό αλληλοεπικάλυψης και αυξάνει την απόδοση της ισοπέδωσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Anbumonzhi, A., Yamazi, E. and Tabuchi, T., 1998. Rice crop growth and yield as influenced by changes in ponding water depth, water regime and fertilization level. *Agricultural water management* 37, p. 241-253.
2. Agarwal, M. C. and Goel, A.C., 1981. Effect of field levelling quality on irrigation efficiency and crop yield, *Agricultural Water Management* 4 (1981) p.457-464.
3. Fangmeier, D.D., Clemens, A.J., Ansary, M.Ei., 1999. Influence of Land Leveling Precision on level-basing advance and performance. *Translations of ASAE Vol. 42* (4) : 1019-1025.
4. Karagiannis, E., Kararizos, P. and Karagiannis, A., 2006. Application of modern automated machines in forest opening-up works. International Conference "Sustainable Management and Development of Mountainous and Island Areas", in Naxos Island, Department of Forestry and Management of the Environment and Natural Resources, *Proceedings Volume2*, P.241-246, Orestiada, Greece.
5. Laughlin, D., 2000. Rice Planning budgets Agric. Econ. Rep 118, Mississippi Agric and Forestry Exp., Mississippi State
6. Muhamad, Asif, Manzoor Ahmed, 2003. Wheat & Rice Productivity, Land and Water use efficiency by traditional Laser Land-leveling Techniques online *Journal of Biological Sciences* 3 (2): 141-146.
7. Πανώρας, Αθ., Μαυρουδής, Ι., Χατζηγιαννάκης., 1993. Εφαρμογή της ισοπέδωσης με Laser στην πεδιάδα Θεσσαλονίκης, *Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα*, Τόμος 4, Τεύχος 4.
8. Rickman, J.F., 2002. Manual for Laser Land leveling, National Agricultural Technology Project, Indian council of Agricultural Research.
9. Williams, J., 2004. Rice Land Formation, California Rice Production, Workshop, January.

(124)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΗΣ ΕΛΞΗΣ ΚΑΙ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΜΕ ΟΜΟΙΩΜΑ ΤΡΟΧΟΦΟΡΟΥ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ

**Θ.Α. Γιαλαμας^{1α}, Ι. Γραβαλος¹, Α. Ανδρέου¹, Σ. Τσάντζος¹,
Δ. Κατέρης¹, Κ.Α. Τσατσαρέλης², Θ. Α. Γέμτος³.**

¹Εργ. Μηχανικής Οχημάτων Ανωμάτων Εδαφών. Τομέας Γ. Μηχανικής Τμ. Γ. Μηχ. & Αρδεύσεων. Σ.Τ.Ε.Γ. Α.Τ.Ε.Ι. Λάρισα. Τ.Κ.41110 Λάρισα, " e-mail: gialamas@teilar.gr

²Εργ. Γεωργικής Μηχανολογίας. Σχ. Γεωπονίας. Α.Π.Θ., 54124, Θεσσαλονίκη.

³Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας, Φυτ. Παρ/γης και Αγρ. Περιβάλλοντος, Εργ. Γεωργικής Μηχανολογίας. Οδός Φυτόκου, Ν. Ιωνία Μαγνησίας, Τ.Κ.38446.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην πειραματική αυτή εργασία γίνεται εφαρμογή της μεθόδου της στρεπτικής καταπόνησης (πίεσης) του εδάφους, με τη βοήθεια διατμητικού κιβωτίου, με σκοπό την πρόβλεψη των αναπτυσσομένων διατμητικών δυνάμεων, αλλά και της ολίσθησης που παρατηρείται κατά τη διάρκεια της έλξης γεωργικών μηχανημάτων, από τους γεωργικούς ελκυστήρες. Ο προσδιορισμός του συντελεστή παραμόρφωσης του εδάφους (K) πραγματοποιείται με την εκτέλεση δοκιμών σε εδαφολεκάνη, όπου τοποθετείται έδαφος στο οποίο έχει γίνει προηγουμένως προσδιορισμός της περιεχόμενης υγρασίας, της μηχανικής σύστασης και του φαινομένου ειδικού βάρους.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF SHEARING FORCE AND SLIPPING BY TEMPLATE OF WHEELED TRACTOR

**TH. A. Gialamas^{1α}, I. Gravalos¹, A. Andreou¹, S. Tsantzios¹,
D.L. Kateris¹, K.A. Tsatsarelis², TH. A. Gemtos³.**

¹Lab. of Off-Road Equipment, Sect. of Agr. Mechanics, Dept. of Agr. Eng. & Irrigation, Sch. of Agr., TEI of Larissa, 41110, Larissa, Greece, " e-mail: gialamas@teilar.gr

² Laboratory for Agricultural Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki.

³Laboratory of Farm Mechanization Dep. Of Agriculture, Crop Production and Rural Environment, Univ.of Thessaly.

ABSTRACT

In this experimental study the method of torsional stress (pressure) of the soil is applied with the contribution of shearing box, aiming at the prediction of the developing shearing forces and the slipping that is observed during the traction of agricultural machinery, by the tractors. Determination of the distortion coefficient (K) of a specific type of soil is actualized with the implementation of tests in a soil bin where the mechanical composition, the bulk density and the moisture of the soil is previously specified.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να προσδιοριστεί ο συντελεστής παραμόρφωσης του εδάφους, το μέγεθος της ελκτικής δύναμης που αναπτύσσει ένας τροχοφόρος γεωργικός ελκυστήρας, η τριβή κύλισης, η ολίσθηση καθώς και να γίνει πρόβλεψη των αναπτυσσόμενων διατμητικών δυνάμεων κατά την εκτέλεση της εργασίας του με παρελκόμενα γεωργικά μηχανήματα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη βοήθεια δοκιμών με πειραματικό όχημα σε εδαφολεκάνη με καθορισμένο έδαφος [1,2] και με εφαρμογή της μεθόδου της στρεπτικής καταπόνησης (πίεσης) του εδάφους, με τη βοήθεια διατμητικού κιβωτίου [1,2,3]. Στο έδαφος γίνεται ανάλυση για τον προσδιορισμό της μηχανικής του σύστασης, του φαινομένου ειδικού βάρους και της περιεχόμενης υγρασίας του [4, 9]. Συγκεκριμένα στο έδαφος που θα πραγματοποιηθούν οι δοκιμές είναι αργιλοπηλώδες. Η πρόβλεψη του μεγέθους της ελκτικής δύναμης σε ένα τροχοφόρο γεωργικό ελκυστήρα ο οποίος κινείται σε καθορισμένο έδαφος, μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη μέθοδο του διατμητικού κιβωτίου [6, 8, 9] και να περιγραφεί από απλές μαθηματικές εξισώσεις οι οποίες στηρίζονται στις ιδιότητες του εδάφους, με προσδιορισμό της μέγιστης διατμητικής τάσης που εφαρμόστηκε από τη σχέση (1), του Coulomb.

$$\tau_m = c_a + \sigma \cdot \tan \varphi \quad (1)$$

όπου: τ_m = μέγιστη διατμητική τάση σε (N/m^2), c_a = συντελεστής συνάφειας, σ = αναπτυσσόμενη τάση στο έδαφος από το βάρος του τροχοφόρου ελκυστήρα, $\tan \varphi$ = συντελεστής τριβής μεταξύ του επιφάνειας του τροχού και του εδάφους. Για τον προσδιορισμό της διατμητικής τάσης, χρησιμοποιείται η εξίσωση (2), η οποία είναι εκθετικής μορφής και παρουσιάζει μεγάλη προσέγγιση στα χαρακτηριστικά της δύναμης προς την παραμόρφωση του εδάφους.

$$\tau = \tau_m (1 - e^{-j/K}) \quad (2)$$

όπου: τ_m = μέγιστη διατμητική τάση σε (N/m^2), $j = \Delta l / l$ = ανηγμένη μετατόπιση, Δl = μετατόπιση των τροχών λόγω πρόσθετης δύναμης στην έλξη, l = μήκος κίνησης του τροχού και K = συντελεστής παραμόρφωσης του εδάφους.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ο προσδιορισμός του συντελεστή παραμόρφωσης του εδάφους με τη βοήθεια πειραματικού οχήματος τροχοφόρου γεωργικού ελκυστήρα (γ.ε.), πραγματοποιείται σε μία εδαφολεκάνη η οποία έχει τις εξής διαστάσεις: πλάτος 1,10 m, μήκος 5,0 m, και ύψος 0,30 m. Στην εδαφολεκάνη τοποθετείται εδαφικό υπόστρωμα (έδαφος) στο οποίο πραγματοποιείται ανάλυση για τον προσδιορισμό της μηχανικής σύστασης του φαινομένου ειδικού βάρους και της περιεχόμενης υγρασίας. Το έδαφος θρυμματίζεται κατάλληλα, τοποθετείται στην εδαφολεκάνη μέχρι ύψος 0,15 m, ισοπεδώνεται και συμπιέζεται με τη χρήση κατάλληλων εργαλείων πριν από κάθε δοκιμή, ώστε να διατηρηθεί η κατάσταση του σταθερή σε όλες τις διαδοχικές δοκιμές. Πάνω στο έδαφος τοποθετείται το ομοίωμα ενός πειραματικού τροχοφόρου ελκυστήρα ο οποίος έχει διαστάσεις πλάτος 0,65 m, μήκος 1,05 m, ύψος 0,33 m και κινείται με τη βοήθεια ενός ηλεκτροκινητήρα. Το βάρος του είναι 90 kg, Η περίμετρος των τροχών είναι 1,04 m και το πλάτος του κάθε τροχού είναι 0,105 m. Στο πρόσθιο τμήμα του τροχοφόρου ελκυστήρα, υπάρχει ειδική μεταλλική βάση για την τοποθέτηση πρόσθετου φορτίου βάρους 8,0 kg. Το φορτίο αυτό έχει την δυνατότητα μετατόπισης σε οριζόντια απόσταση από 0 μέχρι 0,35 m, με σκοπό να μεταβάλλεται η κατανομή της δύναμης πίεσης στον πρόσθιο άξονα του τροχού κατά τη διάρκεια των δοκιμών. Ο τροχοφόρος ελκυστήρας φορτίζεται κατά τις δοκιμές, μέσω συστήματος συρματόσχοινου και τροχαλιών, με βάρη από 10 έως 50 Kg. Τα βάρη θεωρούνται ως αντιστάσεις στην κίνηση του, δηλαδή

προσομοιάζουν την αντίσταση που εξασκεί το έδαφος στην κίνηση παρελκομένων γεωργικών μηχανημάτων. Στο πίσω μέρος του τροχοφόρου ελκυστήρα υπάρχει ειδικός καταγραφικός μηχανισμός. Η καταγραφή βοηθά στον προσδιορισμό της ολίσθησης. Η πρώτη διαδρομή των δοκιμών πραγματοποιείται χωρίς φόρτιση και καταγράφεται το διανυόμενο μήκος. Στις επόμενες διαδρομές τοποθετούνται διαδοχικά βάρη τόσο στο πρόσθιο όσο και στο οπίσθιο μέρος, επιτυγχάνοντας έτσι διαφορετική φόρτιση του τροχοφόρου ελκυστήρα και καταγράφονται τα διανυόμενα μήκη. Για τον υπολογισμό της σταθεράς K η μέθοδος που χρησιμοποιείται είναι η μέθοδος της στρεπτικής πίεσης [1,2.]. Τα όργανα που απαιτούνται είναι: α) ρολόμετρο, β) γωνιόμετρο και γ) το διατμητικό κιβώτιο. Το ρολόμετρο αποτελείται από μια ράβδο κατακόρυφη κυκλικής διατομής η οποία στο ένα άκρο συνδέεται με μια επίπεδη επιφάνεια για την τοποθέτηση των βαρών και μία οριζόντια ράβδο κυκλικής διατομής συνδεδεμένη κάθετα στην κατακόρυφη ράβδο στο επάνω μέρος της. Η οριζόντια ράβδος έχει στο άκρο της προσαρμοσμένο ένα ειδικό δυναμόμετρο και το μήκος της είναι $l = 0,5 \text{ m}$. Το ρολόμετρο τοποθετείται σε ειδική υποδοχή στο κέντρο του διατμητικού κιβωτίου που είναι τοποθετημένο μέσα στο έδαφος. Η εξωτερική ακτίνα, του διατμητικού κιβωτίου είναι $r_e = 0,077 \text{ m}$ και η εσωτερική ακτίνα του είναι $r_i = 0,062 \text{ m}$.

3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ο υπολογισμός του συντελεστή παραμόρφωσης του εδάφους K, εξαρτάται από την επιφάνεια επαφής των τροχών, από το έδαφος, καθώς και από τη συμπίεση που έχει υποστεί.

3.1. Υπολογισμός της δύναμης στρέψης συναρτήσει της γωνίας διάτμησης και του κατακόρυφου φορτίου στο διατμητικό κιβώτιο

Γίνεται εφαρμογή της μεθόδου του διατμητικού κιβωτίου στο έδαφος της εδαφολεκάνης με επαναληπτικές δοκιμές. Τα τελικά αποτελέσματα των μετρήσεων των δοκιμών παρατίθενται στους πίνακες 1 και 2.

Πίνακας 1. Μέτρηση της αναπτυσσόμενης δύναμης στρέψης συναρτήσει της γωνίας διάτμησης και του κατακόρυφου φορτίου στο διατμητικό κιβώτιο.

α/α	Βάρος συσκευής (Kg)	Γωνία A (Θ°)	Δύναμη A (N)	Γωνία B (Θ°)	Δύναμη B (N)
1	14,10	5°	26,192	10°	28,449
2	24,10	5°	43,850	10°	45,420
3	34,10	5°	53,268	10°	59,154
4	44,10	5°	57,879	10°	67,002
5	54,10	5°	71,907	10°	80,736

Στη συνέχεια υπολογίζεται η ροπή (M_D) για κάθε περίπτωση, η ανηγμένη ροπή στρέψης B η οποία δίνεται από την σχέση: $B = M_{Di} / M_{Dmax}$, όπου: M_{Di} είναι οι επιμέρους ροπές δοκιμής και M_{Dmax} είναι η μέγιστη ροπή διάτμησης και ο παράγοντας J_θ με την βοήθεια του οποίου μπορεί να υπολογιστεί ο συντελεστής παραμόρφωσης του εδάφους K. Όλοι οι προηγούμενοι παράμετροι υπολογίζονται για κάθε ένα από τα φορτία που τοποθετήθηκαν στην έλξη (πίνακας 1). Τα αποτελέσματα των δοκιμών παρουσιάζονται στους πίνακες 3, 4 και 5.

Πίνακας 2. Μέτρηση της γωνίας και της δύναμης διάτμησης στο διατμητικό κιβώτιο.

α/α	Γωνία Γ (Θ°)	Δύναμη Γ (N)	Γωνία Διάτμησης (Θ°)	Μέσος Όρος Γωνίας Διάτμησης	Μέσος Όρος Δύναμης Διάτμησης (N)
1	15°	31,392	18° 18°	18,0°	32,373
2	15°	46,107	20° 19°	19,0°	54,445
3	15°	64,451	22° 21°	21,5°	66,021
4	15°	70,920	22° 22°	22,0°	75,242
5	15°	92,900	24° 23°	23,0°	97,119

Πίνακας 3. Υπολογισμός του συντελεστή παραμόρφωσης του εδάφους Κ.

A/A	Για Θ=5° (A)	Για Θ=10° (B)
	M _D (Nm) B J _θ K	M _D (Nm) B J _θ K
1	13,096 0,7999 2,30 0,134	14,224 0,8698 2,95 0,210
2	21,925 0,8054 2,35 0,131	22,710 0,8342 2,60 0,238
3	26,634 0,8068 2,35 0,131	29,577 0,8960 3,35 0,185
4	28,939 0,7468 1,95 0,158	35,501 0,8645 2,90 0,213
5	35,953 0,7404 1,90 0,163	40,368 0,8313 2,55 0,243

Πίνακας 4. Υπολογισμός του συντελεστή παραμόρφωσης του εδάφους Κ, συναρτήσει της μέγιστης γωνίας διάτμησης.

α/α	Για Θ=15° (Γ)	Για Θ=Γωνία Διάτμησης (m)	M.O
	M _D (Nm) B J _θ K	M _{Dm} (Nm) B J _θ K	ki
1	15,696 0,9587 5,00 0,186	16,371 1 10 0,111	0,160
2	23,053 0,8468 2,70 0,344	27,222 1 10 0,136	0,212
3	32,225 0,9762 6,20 0,150	33,010 1 10 0,117	0,145
4	35,463 0,9151 3,70 0,251	28,749 1 10 0,133	0,188
5	46,450 0,9565 4,90 0,189	48,559 1 10 0,177	0,193

3.2. Υπολογισμός των δυνάμεων και μετατοπίσεων

Μετά την προετοιμασία του εδάφους τίθεται σε κίνηση ο τροχοφόρος ελκυστήρας ώστε να κινηθεί στο στίβο της εδαφολεκάνης τρεις έως τέσσερις φορές. Το χρησιμοποιούμενο φορτίο στην έλξη τοποθετείται σε άγκιστρο που βρίσκεται μέσα σε μεταλλικό δικτυωτό πλαίσιο. Μετά από συγκεκριμένο χρόνο κίνησης $t = 10 \text{ s}$, ο τροχοφόρος ελκυστήρας ακινητοποιείται και γίνεται η επόμενη δοκιμή. Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των τροχών και του εδάφους είναι διατμητικές και υπολογίζονται από την σχέση 3:

$$\tau = F/A \quad (3)$$

όπου: τ η διατμητική τάση σε N/m^2 , F η δύναμη έλξεως (N) και A η ενεργός επιφάνεια των κινητήριων τροχών η οποία υπολογίζεται από την σχέση $A=4bL \times 0,78$, όπου: b το

πλάτος του τροχού $b = 0,105 \text{ m}$ και L το ενεργό μήκος επαφής του τροχού $L=0,145 \text{ m}$.
 Η ανηγμένη μετατόπιση j υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

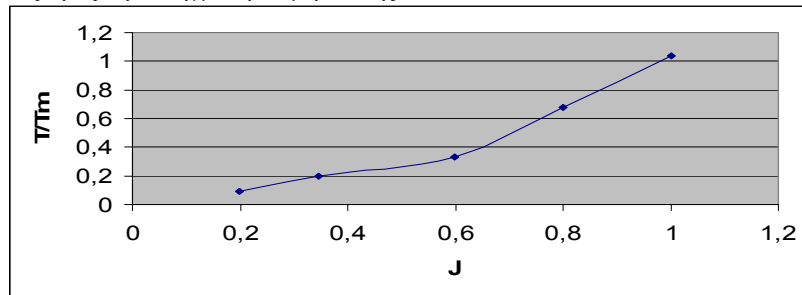
$$j = \Delta l / l \quad (4)$$

όπου: Δl είναι η ολική μετατόπιση του τροχού λόγω της πρόσθετης δύναμης στην έλξη
 και l είναι το διανυόμενο ενεργό μήκος του τροχού.

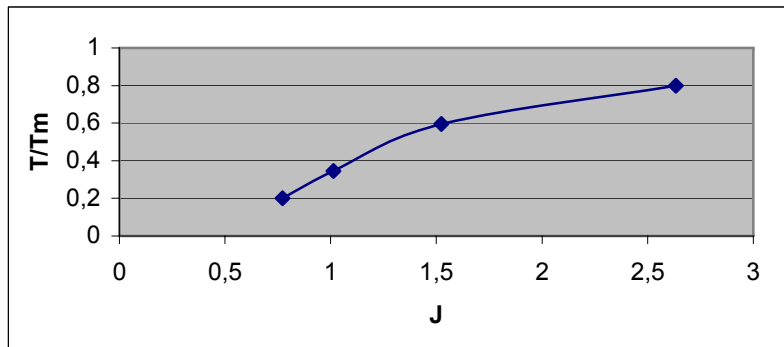
Πίνακας 5. Αποτελέσματα δοκιμής αντοχής του εδάφους σε διάτμηση με τη μέθοδο του διατμητικού κιβωτίου.

Κατ'ρ/υφα Φορτία (N)	$\Theta=5^\circ$		$\Theta=10^\circ$		$\Theta=15^\circ$		Γωνία διάτμησης	
	T (N/m ²)	J _Θ	T (N/m ²)	J _Θ	T (N/m ²)	J _Θ	T (N/m ²)	J _{Θm}
138,2	26249,6	2,30	28510,5	2,95	31461,0	5,00	32814,03	10
236,4	43946,4	2,35	45519,9	2,60	46207,4	2,70	54563,7	10
334,5	53385,1	2,35	59224,5	3,35	64591,7	6,20	66165,2	10
432,6	58005,3	1,95	71158,2	2,90	71082,0	3,70	77668,4	10
530,7	72064,1	1,90	80913,6	2,55	93104,3	4,90	97331,6	10
(N)	Μερικές Δυνάμεις στροφής (N)						Δυνάμεις Διάτμησης	Γων. Διατ
138,2	26,192		28,449		31,392		32,373	18,0°
236,4	43,850		45,420		46,107		54,445	19,0°
334,5	53,268		59,154		64,451		66,021	21,5°
432,6	57,879		67,002		70,926		77,499	22,0°
530,7	71,907		80,736		92,900		97,119	23,0°

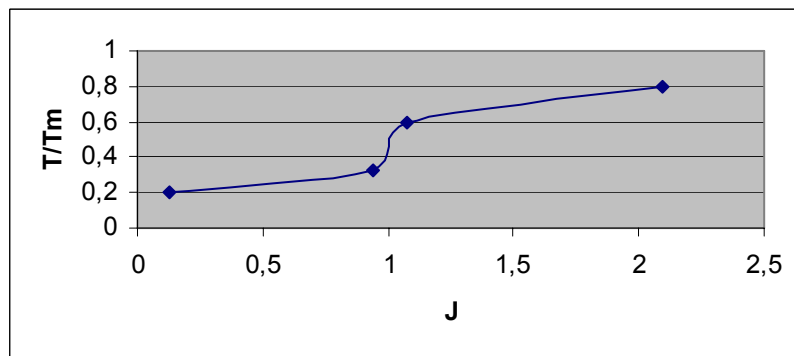
Στις εικόνες 1, 2, 3, και 4 φαίνεται η μεταβολή του λόγου της διατμητικής τάσης (T/T_m) ως προς την ανηγμένη επιμήκυνση j .



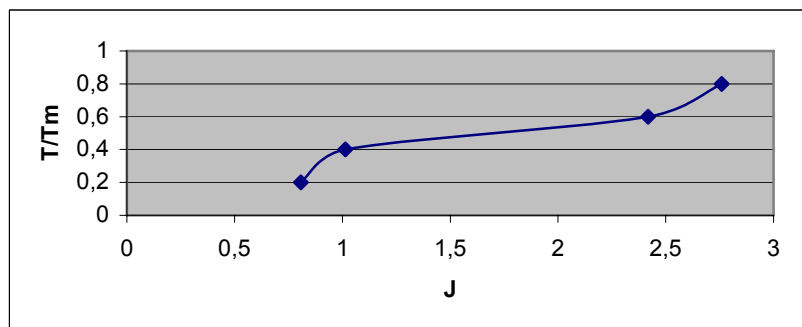
Εικόνα 1. Κατανομή διατμητικής τάσης και ανηγμένης επιμήκυνσης χωρίς πρόσθετο κατακόρυφο φορτίο εμπρός και φορτίο στην έλξη.



Εικόνα 2. Κατανομή διατμητικής τάσης και ανηγμένης επιμήκυνσης με πρόσθετο κατακόρυφο φορτίο 8 Kg εμπρός σε απόσταση 0,11 m και φορτίο στην έλξη.



Εικόνα 3. Κατανομή διατμητικής τάσης και ανηγμένης επιμήκυνσης με πρόσθετο κατακόρυφο φορτίο 8 Kg εμπρός σε απόσταση 0,22 m και φορτίο στην έλξη.



Εικόνα 4. Κατανομή διατμητικής τάσης και ανηγμένης επιμήκυνσης με πρόσθετο κατακόρυφο φορτίο 8 Kg εμπρός σε απόσταση 0,33 m και φορτίο στην έλξη.

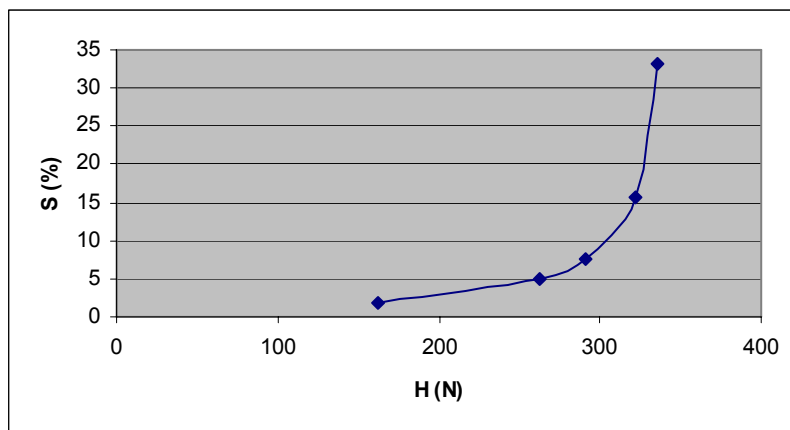
3.3. Μέτρηση ολίσθησης

Προσδιορίζεται η ολίσθηση του τροχοφόρου γεωργικού ελκυστήρα χωρίς κατακόρυφο φορτίο και με κατακόρυφο φορτίο στο πρόσθιο μέρος του, σε τρεις διαφορετικές θέσεις. Συνολικά θα υπάρχουν τέσσερις περιπτώσεις δοκιμών για τον υπολογισμό της ολίσθησης. Για κάθε περίπτωση τοποθετούνται διαδοχικά φορτία στην οριζόντια έλξη του τροχοφόρου ελκυστήρα τα οποία αυξάνονται διαδοχικά [4,5,6]. Τα

διαφορετικά φορτία που χρησιμοποιούνται στην έλξη για κάθε δοκιμή επηρεάζουν το μέγεθος της αντίδρασης R στο σημείο επαφής των τροχών με το έδαφος.



Εικόνα 5. Ομοίωμα τροχοφόρου ελκυστήρα κατά τη διάρκεια των δοκιμών.



Εικόνα 6. Ωθηση και ολίσθηση του ελκυστήρα κατά τη διάρκεια δοκιμών με πρόσθιο φορτίο $W=8\text{kg}$ σε απόσταση $Z=0$,

4. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης της πρόβλεψης του συντελεστή παραμόρφωσης του εδάφους K , με τη μέθοδο του διατμητικού κιβωτίου και τις καμπύλες των διαγραμμάτων που προέκυψαν από τις δοκιμές του πειραματικού τροχοφόρου ελκυστήρα με τετμημένη τον λόγο της διατμητικής τάσης T/T_m και τεταγμένη τον λόγο της ανηγμένης μετατόπισης j .

- Από τον Πίνακα 3, διαπιστώνεται ότι: α) για γωνία διάτμησης $\Theta=5^0$ προκύπτει συντελεστής παραμόρφωσης του εδάφους $K=0,134$, με αναπτυσσόμενη ροπή στρέψης $M_D=13,096$ Nm. β) για γωνία διάτμησης $\Theta=10^0$ προκύπτει συντελεστής παραμόρφωσης του εδάφους $K=0,213$, με αναπτυσσόμενη ροπή στρέψης $M_D=35,501$ Nm.
- Από τον Πίνακα 4, διαπιστώνεται ότι για γωνία διάτμησης $\Theta=15^0$ προκύπτει συντελεστής παραμόρφωσης του εδάφους $K=0,251$, με αναπτυσσόμενη ροπή στρέψης $M_D=35,463$ Nm.
- Υπάρχει δυνατότητα καθορισμού του συντελεστή παραμόρφωσης K του εδάφους, με τη μέθοδο του διατμητικού κιβωτίου, για πραγματικές συνθήκες σε αγρό.
- Από την εικόνα 6 διαπιστώνεται ότι υπάρχει στο πρόσθιο μέρος φορτίο $W=8$ kg σε απόσταση $Z=0$ και παρατηρείται μία γραμμική μεταβολή της ολίσθησης μέχρι 8% περίπου, με φορτίο στην έλξη από 150N, μέχρι 300N. Για φορτία > 300 N, υπάρχει απότομη αύξηση της ολίσθησης, που φθάνει το 35%, γεγονός που ο ελκυστήρας παρασύρεται από το φορτίο.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γιαλαμάς Α.Θ. 1990. Μηχανική Οχημάτων Ανωμάτων Εδαφών. Διδακτικές σημειώσεις. Τμήμα Γεωργικών Μηχανών & Αρδεύσεων. Τ.Ε.Ι. Λάρισας. Λάρισα.
2. Γιαλαμάς Α.Θ. κ.α. 2005. Προσδιορισμός του συντελεστή παραμόρφωσης του εδάφους με τη βοήθεια ομοιώματος πειραματικού ερπυστριοφόρου ελκυστήρα. Πρακτικά 4^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής.
3. Τσατσαρέλης. Α.. Κ.. 1997. Γεωργικοί Ελκυστήρες. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη.
4. Smith. M.. J.. 1981. Soil Mechanics. George Godwin. England.
5. Barger. E.. L.. Liljedahl. J.B.. Carleton. W.. M.. McKibben. E.. G.. 1963. Tractors and their power units. John Wiley & Sons. Inc.. USA.
6. Shrinivasa. U.. K.. William. C.. J.. Perumpral. J.. V.. Schafer. R.. L.. Gill. W.. R.. VandenBerg. G.. E.. 1994. Advances in soil dynamics. Pamela DeVore-Hansen. USA.
7. Bekker. M.. G.. 1960. Off-the-Road Locomotion. University of Michigan Press. USA.
8. Wills. B.. D.. 1963. Measurement of soil shear strength and deformation moduli and a comparison of the actual and theoretical performance of a family of rigid tracks. J. Agric.Engng.. Res. 8 (2).
9. Reece. A. R.. 1965. Principles of Soil/Vehicle Mechanics. Auto Div. I.Mech.E..

(125)

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΥ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

**Θ. Α. Γιαλαμάς^{1α}, Ε. Παπαχρήστου¹, Ι. Γραβαλός¹, Δ. Κατέρης¹,
Χ. Δημητριάδης¹, Κ.Α. Τσατσαρέλης²**

¹Εργαστήριο Μηχανικής Οχημάτων Ανωμάτων Εδαφών. Τομέας Γεωργικής Μηχανικής
ΤΓΜ&Α. ΣΤΕΓ. ΑΤΕΙ. Λάρισας. Τ.Κ.41110 Λάρισα. " e-mail:gialamas@teilar.gr

²Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας. Σχολή Γεωπονίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο
Θεσσαλονίκης. 54124 Θεσσαλονίκη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αφορά ένα πρόγραμμα υπολογισμού και εκπόνησης της μηχανολογικής μελέτης, που απαιτείται για την εγκατάσταση υδραυλικών συστημάτων μεταφοράς ισχύος με υψηλή πίεση, κυρίως σε εφαρμογή υπολογισμού μελέτης και ελέγχου υδραυλικών ανελκυστήρων για τη μεταφορά καθ' ύψος συσκευασιών με αγροτικά προϊόντα π.χ. σε ψυγεία αγροτικών προϊόντων. Η λειτουργία των υδραυλικών ανελκυστήρων αγροτικών προϊόντων βασίζεται στην ανύψωση ενός υδραυλικού εμβόλου, το οποίο φέρει στο επάνω μέρος του το θάλαμο τοποθέτησης των προϊόντων.

A COMPUTER PROGRAM OF HYDRAULIC LIFTING SYSTEMS FOR AGRICULTURAL PRODUCTS PACKAGES

**Th.A. Gialamas¹, El. Ch. Papachristou, I. Gravalos, D. Kateris,
X. Dimitriadis, K.A. Tsatsarelis²**

¹Laboratory for Off-Road Equipment, Section of Agricultural Mechanics, Department of
Agricultural Engineering and Irrigation, School of Agriculture, Technological

Educational Institute of Larissa, 41110, Larissa, Greece. " e-mail:gialamas@teilar.gr

²Laboratory for Agricultural Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 54124
Thessaloniki.

ABSTRACT

The study concerns a program for the computation and elaboration of the mechanical study, necessary for the installation of high pressure hydraulic power lifting systems, especially in applications of calculation of the study and control of hydraulic elevators used for lifting agricultural products packages (i.e. in agricultural products refrigerators). The function of hydraulic lifting systems for agricultural products depends on the elevation of a hydraulic piston, on which is fastened the products' basket.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Η παρούσα εργασία έχει σκοπό να βοηθήσει τις αγροτικές επιχειρήσεις στον προγραμματισμό και την εκπόνηση της μηχανολογικής μελέτης, που απαιτείται για την εγκατάσταση υδραυλικών συστημάτων μεταφοράς αγροτικών προϊόντων.

Γνωρίζοντας ότι υπάρχει έλλειμμα στα προγράμματα υπολογισμού τέτοιων υδραυλικών συστημάτων μεταφοράς (αγροτικών προϊόντων), αποφασίστηκε από το εργαστήριο Υδραυλικών Μηχανισμών του Τ.Ε.Ι /Λάρισας να δημιουργήσει ένα απλό πρόγραμμα, υπολογισμού με τη χρήση της γνωστής εφαρμογής (Microsoft Excel), που να δίνει άμεσα αποτελέσματα.

Για τη δημιουργία του προγράμματος υπολογισμού ενός υδραυλικού συστήματος μεταφοράς, είναι απαραίτητη η πλήρης κατανόηση των στοιχείων εκείνων, τα οποία συγκροτούν ένα τέτοιο σύστημα καθώς και των τεχνικών στοιχείων, τα οποία υπόκεινται σε υπολογισμούς.

Για το λόγο αυτό η παρούσα εργασία, διαχωρίζεται σε δύο τμήματα. Στο πρώτο αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας ενός υδραυλικού συστήματος μεταφοράς, αγροτικών προϊόντων όπως επίσης και τα στοιχεία από τα οποία αυτό συγκροτείται. Στο δεύτερο παρουσιάζεται το πρόγραμμα που δημιουργήθηκε, καθώς και ορισμένα παραδείγματα, για την κατανόηση της λειτουργίας του σύμφωνα με τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να παραδίδεται μία μελέτη υπολογισμού υδραυλικών συστημάτων μεταφοράς προϊόντων.

Για την κατασκευή του προγράμματος, χρησιμοποιήθηκε το Microsoft Excel. Το πρόγραμμα είναι έτσι κατασκευασμένο, ώστε να επιτυγχάνεται ο αυτόματος υπολογισμός, όλων των στοιχείων, που συγκροτούν ένα υδραυλικό σύστημα μεταφοράς, εφόσον εισαχθούν από το χρήστη του προγράμματος τα επιθυμητά στοιχεία για το κατά περίπτωση εξεταζόμενο σύστημα.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.

2.1. Περιγραφή κατασκευής προγράμματος.

Το πρόγραμμα υπολογισμού υδραυλικών συστημάτων μεταφοράς αγροτικών προϊόντων, κατασκευάστηκε σε φύλλο εργασίας του Microsoft Excel, με την παράλληλη χρήση κάποιων λειτουργιών της γλώσσας προγραμματισμού Visual Basic. Για την επίτευξη των απαιτούμενων υπολογισμών, χρησιμοποιήθηκαν συναρτήσεις του Excel σε συνδυασμό μεταξύ των (π.χ. IF, VLOOKUP, SUM, CONCATENATE, FIXED, POWER, PI κ.τ.λ.). Οι πράξεις πραγματοποιούνται αυτομάτως από το πρόγραμμα, βάσει των σχέσεων, οι οποίες χρησιμοποιούνται στην διεκπεραίωση μελετών υδραυλικών ανελκυστήρων και καθορίζονται από ειδικό κεφάλαιο του Ευρωπαϊκού κανονισμού, περί εγκαταστάσεως και λειτουργίας υδραυλικών ανελκυστήρων (EN. 81.2.).

Οι τιμές, οι οποίες λαμβάνονται από πίνακες στη διαδικασία υπολογισμών, είναι τυποποιημένες. Πρόκειται για πίνακες είτε του Ελληνικού Οργανισμού Τυποποίησης (ΕΛΟΤ), είτε του Ευρωπαϊκού κανονισμού, περί εγκαταστάσεως και λειτουργίας υδραυλικών ανελκυστήρων (EN. 81.2.), είτε των εταιρειών κατασκευής των διαφόρων υδραυλικών στοιχείων, τα οποία χρησιμοποιούνται στους υδραυλικούς ανελκυστήρες.

Για την εκπόνηση μιάς μελέτης εγκαταστάσεως υδραυλικού ανελκυστήρα, απαιτείται ο υπολογισμός των τεχνικών στοιχείων του, βάσει των επιθυμητών γενικών του χαρακτηριστικών. Ο σκοπός του προγράμματος είναι ο αυτοματοποιημένος υπολογισμός των στοιχείων αυτών, με τη χρήση των τυποποιημένων πινάκων διαφόρων στοιχείων και των σχέσεων, σύμφωνα με τις βασικές αρχές του EN. 81. Για τον υπολογισμό των τεχνικών στοιχείων από το πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός των συναρτήσεων του Excel.

Αναλυτικότερα το πρόγραμμα διαχωρίζεται στα εξής τμήματα:

α. Γενικά Χαρακτηριστικά Ανελκυστήρα (όπου εισάγονται από το χρήστη τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του υπό κατασκευή ανελκυστήρα),

β. Τεχνικά Χαρακτηριστικά Ανελκυστήρα (στο τμήμα αυτό αναγράφονται οι τελικές τιμές, οι οποίες έχουν υπολογιστεί από το πρόγραμμα, βάσει των χαρακτηριστικών που εισήχθησαν στο προηγούμενο τμήμα. Οι τιμές αυτές, σε συνδυασμό με τα γενικά χαρακτηριστικά, αποτελούν και τα τελικά αποτελέσματα, που απαιτούνται για την εκπόνηση της μηχανολογικής μελέτης εγκατάστασης ανελκυστήρα).

γ. Υπολογισμοί (στο τμήμα αυτό πραγματοποιούνται αυτόματα όλες οι πράξεις, βάσει των ισχυουσών σχέσεων και τα γενικά χαρακτηριστικά που εισήχθησαν από το χρήστη). Αναλυτικότερα πραγματοποιούνται:

- i) Υπολογισμός εμβόλου σε λυγισμό,
- ii) Υπολογισμός αντοχής εμβόλου και κυλίνδρου σε στατική πίεση,
- iii) Επιλογή αντλίας – έλεγχος ταχύτητας,
- iv) Επιλογή κινητήρα – έλεγχος ισχύος,
- v) Επιλογή – υπολογισμός οδηγών,
- vi) Επιλογή – έλεγχος αντοχής συρματοσχοινών,
- vii) Υπολογισμός άξονα τροχαλίας,
- viii) Επιλογή διαμέτρου τροχαλίας,
- ix) Έλεγχος καταλληλότητας προσκρουστήρων – επικαθήσεων, και
- x) Επιλογή μπλοκ βαλβίδων – διακοπών – αγωγού τροφοδοσίας – βαλβίδας ασφαλείας.

Συγχρόνως, εκπονείται σε Microsoft Word η μελέτη εγκατάστασης υδραυλικού ανελκυστήρα, (υπολογισμός στοιχείων σε πίεση και τεχνική περιγραφή), σύμφωνα με τις προδιαγραφές έκδοσης οικοδομικών αδειών. Τα απαιτούμενα δεδομένα για την εκπόνηση της μελέτης, λαμβάνονται απευθείας από το πρόγραμμα υπολογισμού, μέσω ηλεκτρονικών συνδέσεων, ώστε να επιτυγχάνεται η άμεση απόδοση των αποτελεσμάτων και να μη απαιτείται οποιαδήποτε περαιτέρω διαδικασία.

Ακολούθως, γίνεται περιγραφή των κυριότερων βημάτων, που ακολουθήθηκαν για την υλοποίηση του προγράμματος, καθώς και ανάλυση των συναρτήσεων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την κατασκευή του. Ακόμη, αναφέρεται ο τρόπος λειτουργίας των πτυσσόμενων μενού επιλογής.

	A	B	C	D
1	Α. ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑ			
2				
3	ΕΙΔΟΣ ΑΝΕΛΚΥΣΤΗΡΑ :	ΦΟΡΤΙΩΝ, ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ		
4	ΩΦΕΛΙΜΟ ΦΟΡΤΙΟ :	2000	kp	
5	ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΤΑΣΕΩΝ :	3		
6	ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΘΑΛΑΜΟΥ :	6000	mm	
7	ΕΙΔΟΣ ΑΝΑΡΤΗΣΗΣ :	ΕΜΜΕΣΗ (2 : 1)		HADI
8	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΘΑΛΑΜΟΥ :	0,41	m/sec	HA HAS HAD
9	ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΜΒΟΛΩΝ :	2		HADI
10	ΘΥΡΕΣ ΦΡΕΑΤΟΣ :	ΑΥΤΟΜΑΤΕΣ	1000	HAI
11	ΘΥΡΑ 1η ΘΑΛΑΜΟΥ :	ΑΥΤΟΜΑΤΗ	1000	mm
12	ΘΥΡΑ 2η ΘΑΛΑΜΟΥ :	-	-	mm

Σχήμα 1. Γενικά χαρακτηριστικά ανελκυστήρα.

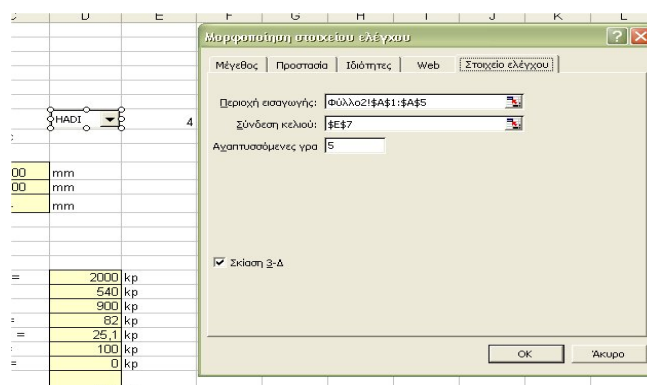
Αρχικά, ζητούνται τα γενικά χαρακτηριστικά του υπό μελέτη ανελκυστήρα, τα οποία είτε επιλέγονται από πτυσσόμενο μενού, είτε απαιτείται η πληκτρολόγησή τους.

Από πτυσσόμενο μενού επιλέγεται το είδος αναρτήσεως και θυρών, ενώ απαιτείται αριθμητική τιμή για το επιθυμητό ωφέλιμο φορτίο, τον αριθμό στάσεων, τη διαδρομή του θαλάμου και την επιθυμητή ταχύτητα κινήσεως του θαλάμου, τα οποία συνιστούν και τα μόνα ζητούμενα, και χρησιμοποιούνται από το πρόγραμμα για την εκτέλεση των απαιτούμενων υπολογισμών.

Για την εισαγωγή ενός πτυσσόμενου μενού σε ένα φύλλο εργασίας του Excel πρέπει να έχει ενεργοποιηθεί η γραμμή εργαλείων «φόρμες», από την οποία επιλέγεται η εντολή «σύνθετο πλαίσιο». Εν συνεχεία, σχεδιάζεται το σύνθετο αυτό πλαίσιο, στις επιθυμητές διαστάσεις. Εφόσον το σύνθετο πλαίσιο σχεδιαστεί, με δεξί κλικ του ποντικιού πάνω σε αυτό, επιλέγεται το μενού «μορφοποίηση στοιχείου ελέγχου», το οποίο φαίνεται στην Σχήμα 2. Στην καρτέλα «στοιχείο ελέγχου», δίνονται τα απαραίτητα για την λειτουργία αυτού στοιχεία, τα οποία είναι :

1. Η περιοχή εισαγωγής, δηλαδή η περιοχή κελιών του Excel, από τα οποία λαμβάνονται τα στοιχεία που θα εμφανίζονται στο μενού και μπορεί να βρίσκονται στο ίδιο ή σε διαφορετικό φύλλο εργασίας ή ακόμη και σε διαφορετικό βιβλίο εργασίας.

2. Η σύνδεση κελιού, δηλαδή το κελί, με το οποίο είναι συνδεδεμένο το στοιχείο ελέγχου ώστε να είναι δυνατή η λειτουργία του.



Σχήμα 2. Μορφοποίηση στοιχείου ελέγχου

Στο κελί αυτό εμφανίζεται ένας αριθμός, ο οποίος αντιστοιχεί σε κάθε επιλεγμένη τιμή ή δεδομένο του πτυσσόμενου μενού και αποτελεί ουσιαστικά την «πραγματική τιμή ή δείκτη» κάθε στοιχείου του μενού.

Οι τιμές αυτές λαμβάνονται υπόψη σε υπολογισμούς και συναρτήσεις και όχι οι «φαινομενικές», δηλαδή αυτές οι οποίες είναι ορατές στο χρήστη και οι οποίες επιλέγονται από το μενού. Επομένως, εάν έχει επιλεγεί η τιμή «HADI» από το πτυσσόμενο μενού, στο συνδεδεμένο κελί θα εμφανίζεται η τιμή «4», η οποία αντιστοιχεί στην επιλογή και αυτή χρησιμοποιείται σε οποιαδήποτε σχέση απαιτεί τον τύπο αναρτήσεως. Η τιμή «1» αντιστοιχεί στο πρώτο κελί, το οποίο επιλέχθηκε στην «περιοχή εισαγωγής» και όλες οι υπόλοιπες τιμές αντιστοιχούν σειριακά στα υπόλοιπα κελιά δεδομένων.

3. Οι αναπτυσσόμενες γραμμές, οι οποίες εξαρτώνται από τις τιμές τις οποίες περιέχει το πτυσσόμενο μενού.

Για τον υπολογισμό των τεχνικών στοιχείων, που απαιτούνται για την εκπόνηση της μηχανολογικής μελέτης εγκαταστάσεως υδραυλικού ανελκυστήρα, από το πρόγραμμα, χρησιμοποιούνται συναρτήσεις του Excel.

Πιο κάτω παρατίθενται μερικά αντιπροσωπευτικά παραδείγματα, ώστε να επιτευχθεί η κατανόηση του τρόπου λειτουργίας του προγράμματος.

Όπως είναι κατασκευασμένο το πρόγραμμα, η πρώτη τιμή, η οποία υπολογίζεται είναι αυτή των διαστάσεων των θυρών του φρέατος. Η συνάρτηση, η οποία χρησιμοποιείται, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.

C10		$f_x = \text{VLOOKUP}(B4; \text{Φύλλο2!G198:N204}; 7) / 2$	
A	B	C	D
ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΜΒΟΛΩΝ :	2		
ΤΥΡΕΣ ΦΡΕΑΤΟΣ :	ΑΥΤΟΜΑΤΕΣ	1000	mm
ΤΥΡΑ 1η ΘΑΛΑΜΟΥ :	ΑΥΤΟΜΑΤΗ	1000	mm

Σχήμα 3. Υπολογισμός διαστάσεων θυρών φρέατος

Η συνάρτηση VLOOKUP, είναι η συνάρτηση, η οποία επιτρέπει την αναφορά σε πληροφορίες, οι οποίες βρίσκονται αποθηκευμένες σε πίνακες.

Με τη συνάρτηση αυτή, μπορεί να βρεθεί η πρώτη ένδειξη με τον εντοπισμό της μεγαλύτερης τιμής της πρώτης στήλης, η οποία είναι μικρότερη ή ίση με το όρισμα «τιμή αναζήτησης», το οποίο έχει δοθεί και εν συνεχεία χρησιμοποιεί το όρισμα «αριθμός δείκτη στήλης» για τη δεύτερη ένδειξη, η οποία είναι και η ζητούμενη τιμή. Η «τιμή αναζήτησης», μπορεί να είναι καθαρός αριθμός ή κελί, όπως χρησιμοποιείται εν προκειμένω. Οι πίνακες οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τον ορισμό των τιμών στο πρόγραμμα βρίσκονται στο «Φύλλο 2» του βιβλίου εργασίας.

Η επόμενη τιμή η οποία υπολογίζεται, είναι το βάρος του σασί, όπως φαίνεται στην Σχήμα 4.

16			
17	Ωφέλιμο φορτίο :	P _{ωφ.} =	2000 kp
18	=IF(\$E\$7=1;(VLOOKUP(\$D\$17;Φύλλο2!A9:E31;2));IF(\$E\$7=2;(VLOOKUP(\$D\$17;Φύλλο2!S9:W25;2));IF(\$E\$7=4;(VLOOKUP(\$D\$17;Φύλλο2!G9:K26;2));IF(\$E\$7=5;(VLOOKUP(\$D\$17;Φύλλο2!M9:Q27;2));(VLOOKUP(\$D\$17;Φύλλο2!Y9:AC27;2))))))		
21			
22	Βάρος α' θύρας θαλάμου :		100

Σχήμα 4. Υπολογισμός βάρους σασί

Για τον υπολογισμό λοιπόν του βάρους σασί χρησιμοποιήθηκε ένας συνδυασμός των συναρτήσεων IF και VLOOKUP. Η συνάρτηση IF ελέγχει την «λογική συνθήκη» και επιστρέφει το πρώτο όρισμα αν είναι αληθής (TRUE) ή το δεύτερο εάν είναι ψευδής (FALSE) και μπορούν να ενσωματωθούν έως οκτώ συναρτήσεις IF. Εν προκειμένω έχουν ενσωματωθεί πέντε. Ο περιορισμός αυτός της συνάρτησης IF δημιούργησε την ανάγκη, σε ορισμένες περιπτώσεις της διαδοχικής χρήσης της σε διαφορετικά κελιά, για τον υπολογισμό κάποιου στοιχείου. Ως παράδειγμα αναφέρεται η επιλογή τύπου εμβόλου. Στο πρόγραμμα υπάρχει πτυσσόμενο μενού επιλογής τύπου εμβόλου, στο οποίο πρέπει να γίνει επιλογή ανάλογα με τα αποτελέσματα Ρολ και Lκ, εφόσον ο χρήστης ανατρέξει στα διαγράμματα επιλογής εμβόλου. Η λειτουργία του πτυσσόμενου μενού είναι η ίδια με αυτήν του μενού επιλογής τύπου αναρτήσεως, η οποία έχει περιγραφεί ανωτέρω.

Στο τμήμα των υπολογισμών υπάρχει πτυσσόμενο πλαίσιο επιλογής του τύπου του εμβόλου. Ανάλογα με την επιλογή, η οποία θα γίνει στο πτυσσόμενο μενού, εισάγεται ο τύπος του εμβόλου στο φύλλο των τεχνικών χαρακτηριστικών, όπου αναγράφονται όλα τα αποτελέσματα. Στα Σχήματα 5 – 7 φαίνονται οι συναρτήσεις οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν. Καθώς σε μία συνάρτηση IF μπορούν να ενσωματωθούν έως 8

συναρτήσεις, ενώ οι επιλογές του πτυσσομένου μενού επιλογής τύπου εμβόλου είναι 19, έπρεπε να διαχωριστούν οι συναρτήσεις αυτές ανά 8 ενσωματωμένες. Έτσι χρησιμοποιήθηκαν τρεις εξαρτώμενες μεταξύ τους συναρτήσεις σε τρία κελιά για την καταχώριση της διαμέτρου του εμβόλου και τρεις για την καταχώριση της διαφοράς εσωτερικής και εξωτερικής ακτίνας.

=IF(\$C\$151=1,70;IF(\$C\$151=2,80;IF(\$C\$151=3,90;IF(\$C\$151=4,90;IF(\$C\$151=5,100;IF(\$C\$151=6,100;IF(\$C\$151=7,100;IF(\$C\$151=8,100;IF(\$C\$151=9,100;IF(\$C\$151=10,110;IF(\$C\$151=11,110;IF(\$C\$151=12,110;IF(\$C\$151=13,120;IF(\$C\$151=14,120;IF(\$C\$151=15,130;IF(\$C\$151=16,130;IF(\$C\$151=17,130;IF(\$C\$151=18,150;IF(\$C\$151=19,150))))))))))))))					
μολ :	P88 =	100	kp		
μολ :	P88' =	0	kp		
τα :					
ων :	κ =	200	cm		
		Φ	x		
		110	5		
ρου :		St 52			

Σχήμα 5. Πρώτη συνάρτηση καταχωρίσεως διαμέτρου επιλεγμένου εμβόλου.

=IF(\$C\$151=9,100;IF(\$C\$151=10,110;IF(\$C\$151=11,110;IF(\$C\$151=12,110;IF(\$C\$151=13,120;IF(\$C\$151=14,120;IF(\$C\$151=15,130;IF(\$C\$151=16,130;IF(\$C\$151=17,130;IF(\$C\$151=18,150;IF(\$C\$151=19,150))))))))))))))					
μολ :	P88 =	100	kp		
μολ :	P88' =	0	kp		
τα :					
ων :	κ =	200	cm		
		Φ	x		
		110	5		
ρου :		St 52			

Σχήμα 6. Δεύτερη συνάρτηση καταχωρίσεως διαμέτρου επιλεγμένου εμβόλου.

Αρχικά, (Σχήμα 6), δόθηκε η συνάρτηση, η οποία αντιστοιχεί στις οκτώ πρώτες τιμές του πτυσσομένου μενού επιλογής τύπου εμβόλου,

=IF(\$C\$151=17,130;IF(\$C\$151=18,150;IF(\$C\$151=19,150))))					
	B	C	D	E	F
μολ :		P88 =	100	kp	
μολ :		P88' =	0	kp	
τα :					
ων :		κ =	200	cm	
			Φ	x	
			110	5	
ρου :			St 52		

Σχήμα 7. Τρίτη συνάρτηση καταχωρίσεως διαμέτρου επιλεγμένου εμβόλου.

Ως πρώτη «λογική συνθήκη» δίδεται η τιμή 1 του συνδεδεμένου με το πτυσσόμενο μενού κελιού (C151), η οποία όταν είναι αληθής αποδίδει την τιμή 70, ενώ εάν είναι ψευδής ελέγχεται η δεύτερη «λογική συνθήκη» (C151 = 2) και εάν είναι αληθής αποδίδεται η τιμή 80. Μετά την όγδοη ενσωματωμένη IF, σε περίπτωση κατά την οποία η «λογική συνθήκη» είναι ψευδής, το πρόγραμμα ανατρέχει στο κελί C26. Στο κελί αυτό χρησιμοποιείται παρόμοια συνάρτηση.

Η συνάρτηση του κελιού C26 ελέγχει ως πρώτη «λογική συνθήκη» την ισότητα του κελιού C151 με την τιμή 9 και συνεχίζεται για οκτώ ενσωματωμένες συναρτήσεις IF.

Στην περίπτωση κατά την οποία η όγδοη «λογική συνθήκη» είναι ψευδής, το πρόγραμμα ανατρέχει στο κελί C26. Στο κελί αυτό χρησιμοποιείται παρόμοια συνάρτηση.

Η συνάρτηση του κελιού C26 ελέγχει ως πρώτη «λογική συνθήκη» την ισότητα του κελιού C151 με την τιμή 17 και συνεχίζεται για τρεις ενσωματωμένες συναρτήσεις IF. Με παρόμοιες συναρτήσεις γίνεται και η καταχώριση της διαφοράς εσωτερικής και εξωτερικής ακτίνας. Οι συναρτήσεις αυτές παρατίθενται στη συνέχεια, χωρίς περαιτέρω ανάλυση, καθώς λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο.

Κατά την υλοποίηση του προγράμματος έπρεπε να μετατραπούν κάποιες σχέσεις υπολογισμού σε συναρτήσεις, ώστε να επιτευχθεί ο στόχος της λήψης άμεσων αποτελεσμάτων. Ενδεικτικά αναφέρονται μερικές από αυτές:

α) Το βάρος συρματοσχοίνου υπολογίζεται βάσει της σχέσεως :

$$P_{\text{συρ.}} = n * I_{\text{συρ.}} * \rho_{\text{συρ.}}$$

Το $I_{\text{συρ.}}$ είναι το μήκος του συρματοσχοίνου και υπολογίζεται γενικά από την σχέση:

$$I_{\text{συρ.}} = \text{Διαδρομή θαλάμου} + 6.5$$

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 8, τα συρματόσχοινα χρησιμοποιούνται μόνο σε έμμεση ανάρτηση. Έτσι χρησιμοποιείται η συνάρτηση IF με «λογική συνθήκη» την τιμή 1 ως τιμή του κελιού C7. Επομένως εάν η ανάρτηση είναι άμεση η τιμή του $I_{\text{συρ.}}$ είναι 0, ενώ εάν είναι έμμεση υπολογίζεται ως το άθροισμα του ενός χιλιοστού του κελιού B6 (η διαδρομή θαλάμου σε μέτρα) συν την σταθερά 6,5.

C120		=IF(\$C\$7=1;0;SUM((\$B\$6/1000)+6,5))
A	B	C
Μήκος συρματοσχοίνου σε m (1 τεμάχιο) :		
	I _{συρ.} = Διαδρομή θαλάμου + 6.5 =	0 m

Σχήμα 8. Υπολογισμός μήκους συρματοσχοίνου.

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το πρόγραμμα υπολογισμού υδραυλικών συστημάτων ανύψωσης αγροτικών προϊόντων είναι απολύτως αυτοματοποιημένο και εύχρηστο, γιατί έχει κατασκευαστεί σε φύλλο εργασίας της Microsoft Excel και είναι προσιτό σε οποιοδήποτε χρήστη. Το πρόγραμμα έχει σχεδιαστεί να χρησιμοποιείται από χρήστες με ελάχιστες γνώσεις Η/Υ.

Τα απαιτούμενα στοιχεία εισαγωγής του προγράμματος είναι ελάχιστα, έχει επίσης τη δυνατότητα των αυτοματοποιημένων ελέγχων για τον καθορισμό της αντοχής των υλικών καθώς και την εκλογή των απαιτούμενων υδραυλικών στοιχείων όπως είναι η υδραυλική αντλία, ο ηλεκτροκινητήρας, οι οδηγοί και άλλα εξαρτήματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γιαλαμάς, Α.Θ. 1995. Υδραυλικοί Μηχανισμοί. Διδακτικές σημειώσεις. Τμήμα Γεωργικών Μηχανών & Αρδεύσεων. Τ.Ε.Ι. Λάρισας. Λάρισα.
2. Γιαννακόπουλος Κ. 1999. Υδραυλική Ισχύς. Τόμος Β, σελ.221-261.
3. Κωστόπουλος Ν.Θ., 1997. Υδραυλικά και Πνευματικά Συστήματα, Εκδόσεις Συμεών Ο.Ε. ISBN 960-7346-28-9, σελ.130- 137.
4. Παναγιωτόπουλος Β. Ν., 1985. Υδροστατικές Μεταδόσεις Κίνησης. Εκδόσεις Ζήτη.

(126)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΟΝΗΣΕΩΝ ΣΤΟ ΘΑΛΑΜΟ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ

**Θ.Α. Γιαλαμάς^{1α}, Ι. Γράβαλος¹, Δ. Κατέρης¹, Π. Ξυραδάκης¹,
Κ.Α.Τσατσαρέλης², Θ.Α. Γέμτος³**

¹Εργ. Μηχανικής Οχημάτων Ανωμάτων Εδαφών. Τομέας Γεωργικής Μηχανικής Τμήμα Γεωργικών Μηχανών και Αρδεύσεων. Σ.Τ.Ε.Γ.Α.Τ.Ε.Ι. Λάρισας. Τ.Κ.41110 Λάρισα.

^ae-mail: gialamas@teilar.gr

²Εργαστήριο Γ. Μηχανολογίας. Σχολή Γεωπονίας. Α.Π.Θ. 54124 Θεσσαλονίκη.

³Εργαστήριο Γ. Μηχανολογίας Π.Θ. Τ.Γ.Φυτ. Παρ/γης και Αγρ. Περιβάλλοντος, Οδός Φυτόκου, Ν. Ιωνία Μαγνησίας, Τ.Κ.38446.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή είναι μια ερευνητική μελέτη προσδιορισμού και καταγραφής των μηχανικών δονήσεων στο χειρομοχλό διεύθυνσης και στο κάθισμα του χειριστή που προέρχονται: α) από την πηγής ισχύος, β) από τα ελαστικά επίσωτρα, γ) τις ανωμαλίες και την τραχύτητα των εδαφών και δ) από τις ταλαντώσεις των παρελκομένων μηχανημάτων. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν με διαφορετικές πιέσεις στα ελαστικά επίσωτρα, εμπρόσθια και οπίσθια, με διαφορετικό αριθμό στροφών της πηγής ισχύος και με διαφορετικές σχέσεις μετάδοσης.

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF MECHANICAL VIBRATIONS ON SAFETY CAB OF AGRICULTURAL TRACTORS

**Th.A. Gialamas^{1a}, I. Gravalos, D. Kateris, P. Xyradakis¹, K.A.
Tsatsarelis², Th. A. Gemtos³**

¹Laboratory for Off-Road Equipment, Section of Agricultural Mechanics, Department of Agricultural Engineering and Irrigation, School of Agriculture, Technological

Educational Institute of Larissa, 41110, Larissa, Greece. ^ae-mail: gialamas@teilar.gr

²Lab. of Agr. Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki.

³Lab. of Farm Mechanization, Dept. of Agr., Crop Pr. & Rural Env., Univ. of Thessaly.

ABSTRACT

This paper presents an experimental study of mechanical vibrations on steering wheel and driving seat of agricultural tractors resulting from: a) engine, b) tyres, c) surface irregularity and d) implement oscillation. Tests were performed with different pressure rates to the front and rear tyres, different engine rpm and different gear changes.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να προσδιοριστούν και να καταγραφούν οι πάσης φύσεως δημιουργούμενες δονήσεις και θόρυβοι κατά τη διάρκεια της εργασίας των αγροτών και κυρίως των χειριστών των γεωργικών ελκυστήρων, οι οποίοι είναι από τις πλέον επικίνδυνες ομάδες εργαζομένων, από την ένταση του θορύβου στη δημιουργούμενη πηγή [1,3,8]. Οι χειριστές πρέπει να λαμβάνουν ατομικά μέσα ακουοπροστασίας για να προστατεύσουν την υγεία τους η οποία απειλείται σοβαρά τόσο από τις δονήσεις, όσο και από το δημιουργούμενο θόρυβο.

Οι περισσότερες γεωργικές εργασίες εκτελούνται με τη βοήθεια των γεωργικών ελκυστήρων, όπως είναι η άροση, οι εργασίες περιποίησης των φυτών, οι μεταφορές, σε πολλές περιπτώσεις η μετάδοση της κίνησης από τον ελκυστήρα σε αρδευτικό συγκρότημα για την άρδευση των καλλιεργειών, οι ψεκασμοί, οι λιπάνσεις κ.λ.π.

Η διάρκεια σε όλες τις παραπάνω εργασίες κυμαίνεται από 12 μέχρι και 18 ώρες ημερησίως [2,4,9]. Η χρονική διάρκεια αυτή είναι πάρα πολύ μεγάλη αν θεωρηθεί ότι και τα επίπεδα θορύβου στις περισσότερες περιπτώσεις είναι πάνω από τα επιτρεπτά όρια. Στις περιπτώσεις αυτές εάν τα όρια των δονήσεων και του θορύβου δεν κυμαίνονται στα επιτρεπτά επίπεδα που έχουν καθοριστεί από τη Ε.Ε. καθώς και από άλλους οργανισμούς και πρόσφατα έχουν εφαρμοστεί και στην Ελλάδα, οι επιπτώσεις στην υγεία των χειριστών θα είναι πολύ σοβαρές. Οι βλάβες και οι διαταραχές που προέρχονται από τις δονήσεις και εμφανίζονται στον ανθρώπινο οργανισμό είναι πάρα πολλές, όπως Αναπνευστικές, Καρδιαγγειακές, Νευρολογικές κ.α.

Το ερέθισμα για την εργασία αυτή δόθηκε από συγκεκριμένους χειριστές γεωργικών ελκυστήρων, οι οποίοι μετά την εργασία των παραπονιόνταν ότι είχαν ημικρανίες, ένα συνεχή βουητό στα αυτιά τους καθώς και πόνους στη μέση και τη σπονδυλική στήλη και φυσικά μούδιασμα στα χέρια. Οι εργαζόμενοι στην αγροτική παραγωγή κυρίως στους θερινούς μήνες εργάζονται είτε με ελκυστήρες χωρίς θάλαμο ασφαλείας είτε με θάλαμο χωρίς ρύθμιση της θερμοκρασίας, έχοντας τα παράθυρα και τις πόρτες ανοιχτές, λόγω ζέστης, αλλά και για καλλίτερο έλεγχο της λειτουργίας των παρελκομένων γεωργικών μηχανημάτων [5,6,7]. Αυτές οι συνθήκες όμως προκαλούν μόνιμες βλάβες στο μηχανισμό της ακοής και κυρίως τη θορυβοεξαρτώμενη κώφωση. Στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει να ληφθούν ορισμένα μέτρα ασφαλείας για μείωση τόσο των δονήσεων όσο και του θορύβου.

Μερικά μέτρα που αναφέρονται στην προστασία των χειριστών είναι η τοποθέτηση στους σύγχρονους ελκυστήρες θαλάμων ασφαλείας οι οποίοι να εδράζονται σε αποσβεστήρες κραδασμών, τα καθίσματα των χειριστών να έχουν τη δυνατότητα ρύθμισης της ταλάντωσης που δέχονται από τις ανωμαλίες του εδάφους σε συνάρτηση με το βάρος του χειριστή. Η θέση του καθίσματος καθώς και στάση που κάθεται ο χειριστής θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, ώστε να επιτυγχάνεται η ελάχιστη κόπωση. Επίσης οι κατασκευάστριες εταιρίες πρέπει να τοποθετούν στο εσωτερικό των θαλάμων ειδικά μονωτικά υλικά επένδυσης τα οποία να αποσβένουν τους θορύβους ώστε να μειώνεται η ημερήσια δόση δόνησης και θορύβου και τέλος οι χειριστές να χρησιμοποιούν όπως αναφέρθηκε τα ατομικά μέσα ακουοπροστασίας [10,11]. Υπάρχει επίσης δυνατότητα στους σύγχρονους θαλάμους να τοποθετηθούν συστήματα ρύθμισης της θερμοκρασίας, (κλιματισμός) ώστε οι χειριστές να εργάζονται με άνεση, σε όλες τις καιρικές συνθήκες και να μην κουράζονται από τις δυσμενείς συνθήκες του περιβάλλοντος.

Οι έρευνες αναδεικνύουν ότι οι αγρότες έχουν αυξημένο κίνδυνο για απώλεια ακοής σε ποσοστό 92% που συμμετείχαν στην έρευνα. Ο θόρυβος λοιπόν αποτελεί μέγιστη προτεραιότητα στην υγεία των αγροτών.

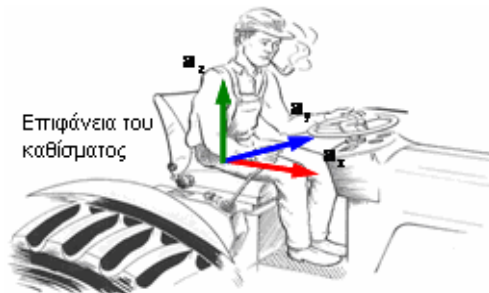
Ένας πολύ μεγάλος αριθμός αγροτών εκτίθενται στο θόρυβο. Μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το National Institute for Occupational Safety and Health εκτιμά ότι το 84% των ατόμων που εργάζονται σε γεωργικές εργασίες εκτίθενται στο θόρυβο σε επίπεδο υψηλότερο από το όριο των 85 dB(A), ένα επίπεδο στο οποίο η παρατεταμένη έκθεση προκαλεί απώλεια ακοής και άλλα προβλήματα υγείας.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ο πειραματικός προσδιορισμός των δονήσεων στο θάλαμο χειρισμού των γεωργικών ελκυστήρων, πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Μηχανικής Οχημάτων Ανωμάτων Εδαφών, του Τ.Ε.Ι. / Λάρισας. Χρησιμοποιήθηκαν οι ελκυστήρες του εργαστηρίου, καθώς και μία ηλεκτρονική συσκευή μέτρησης και καταγραφής των δονήσεων του εργοστασίου BRUEL & KJAER, VIBROTEST 60, Γερμανικής κατασκευής.

Η συσκευή με τη βοήθεια αισθητήρων που διαθέτει, μας παρέχει τη δυνατότητα της λήψης και αποθήκευσης των επαναλαμβανόμενων δονήσεων σε συγκεκριμένες θέσεις που επιλέγονται κατά τη δοκιμή. Οι αισθητήρες έχουν τη δυνατότητα να τοποθετούνται σε επίπεδες μεταλλικές επιφάνειες και να σταθεροποιούνται στα επιλεγμένα σημεία με τη βοήθεια ισχυρών μαγνητών που διαθέτουν. Η καταγραφή των μετρήσεων πραγματοποιείται στο λογισμικό της συσκευής, είναι συνεχής με χρονικό διάστημα 1s. Η συσκευή μέσω των αισθητήρων έχει τη δυνατότητα λήψης των δονήσεων του συγκεκριμένου σημείου σε τρεις άξονες (X,Y,Z), έτσι ώστε να είναι εύκολη η ανάλυση και η αξιολόγησή τους και να λαμβάνονται μέτρα για τη μείωση του εύρους των δονήσεων και φυσικά τη μείωση της κόπωσης των χειριστών. Από διάφορες εργασίες που έχουν δημοσιευτεί σχετικά με το παραπάνω θέμα διαπιστώνεται ότι η δυσμενέστερη περίπτωση κόπωσης των χειριστών προέρχεται από τις κατακόρυφες δονήσεις, όπως φαίνεται στην *Σχήμα 1*. και εφαρμόζονται στο κάθισμα του χειριστή ενός γεωργικού ελκυστήρα..

Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στον ελκυστήρα του εργαστηρίου όπου τα βασικά του χαρακτηριστικά φαίνονται στον *Πίνακα 1*.



Σχήμα 1. Καθορισμός των δονήσεων στο κάθισμα του χειριστή.

3. ΔΟΚΙΜΕΣ - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

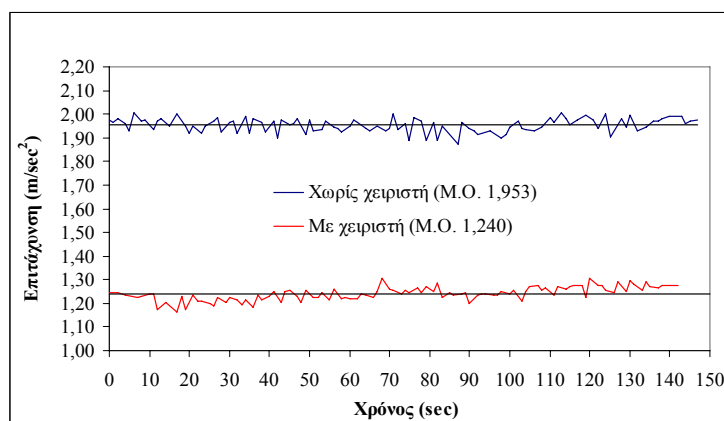
Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε καθορισμένη διαδρομή με ασφαλοτάτητα στο αγρόκτημα του Τ.Ε.Ι. Στο *Σχήμα 2*, εμφανίζεται ο μέσος όρος των κατακόρυφων επιταχύνσεων των δονήσεων στον κεντρικό άξονα του χειρομοχλού διεύθυνσης του ελκυστήρα σε στάση με 600 rpm, (ρελαντί) στην πηγή ισχύος, με χειριστή και χωρίς χειριστή, για την ίδια πίεση ελαστικών πίσω 0,90 bar και μπροστά 1,30 bar.

Στο *Σχήμα 3*, εμφανίζεται ο μέσος όρος των κατακόρυφων επιταχύνσεων των δονήσεων στο κάθισμα του ελκυστήρα σε στάση με 600 rpm στην πηγή ισχύος, με

χειριστή και χωρίς χειριστή, για την ίδια πίεση ελαστικών πίσω 0,90 bar και μπροστά 1,30 bar.

Πίνακας 1. Στοιχεία ελκυστήρα για δοκιμή σε δονήσεις.

Εργοστάσιο κατασκευής / Μοντέλο	RENAULT 461
Έτος κατασκευής	1973
Ώρες λειτουργίας μηχανής	1490
Ισχύς μηχανής [KW]	35 KW
Κινητήριοι άξονες	ΟΠΙΣΘΙΟΣ
Πίεση ελαστικών εμπρός [bar]	A=1,0 , B=1.30 , Γ= 2,0
Πίεση ελαστικών πίσω [bar]	A= 0,50 , B= 0,90 , Γ=1,0
Καμπίνα εργοστασίου	ΝΑΙ
Ανάρτηση Καμπίνας	ΟΧΙ
Μόνωση Καμπίνας	ΟΧΙ
Παράθυρα Καμπίνας Ανοιχτά /Κλειστά	ΚΛΕΙΣΤΑ
Πόρτες Καμπίνας Ανοιχτές /Κλειστές	ΑΝΟΙΧΤΕΣ
Κλιματισμός Καμπίνας	ΟΧΙ
Ρύθμιση Καθίσματος	ΟΧΙ
Αλλαγή Καθίσματος	ΟΧΙ
Ανάρτηση Καθίσματος	ΟΧΙ
Θερμοκρασία Περιβάλλοντος [0C]	32
Δοκιμή σε Ασφαλτοτάπητα	ΝΑΙ
Ανάρτηση πρόσθιου άξονα	ΟΧΙ
Ανάρτηση οπίσθιου άξονα.	ΟΧΙ
Διάρκεια δοκιμής [h]	3
Ζώνες ασφαλείας	ΟΧΙ
Είδος καυσίμου diesel/βιοκαύσιμο	diesel
Στροφές Μηχανής RPM	600, 1000, 1500, 2000, 2150
Επιλογή σχέσεων μετάδοσης	5 ^η και 6 ^η

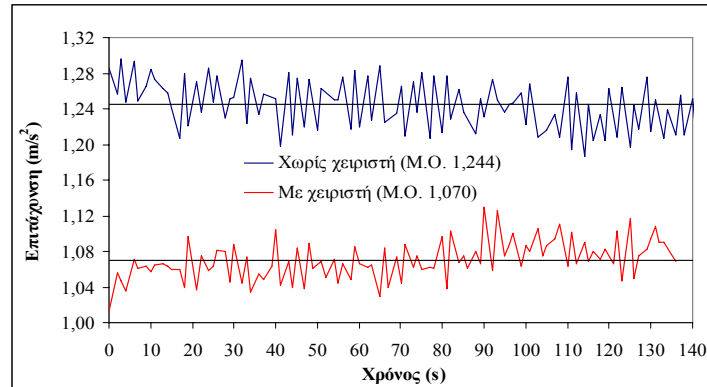


Σχήμα 2. Κατακόρυφες δονήσεις στο χειρομοχλό διεύθυνσης με χειριστή και χωρίς χειριστή.

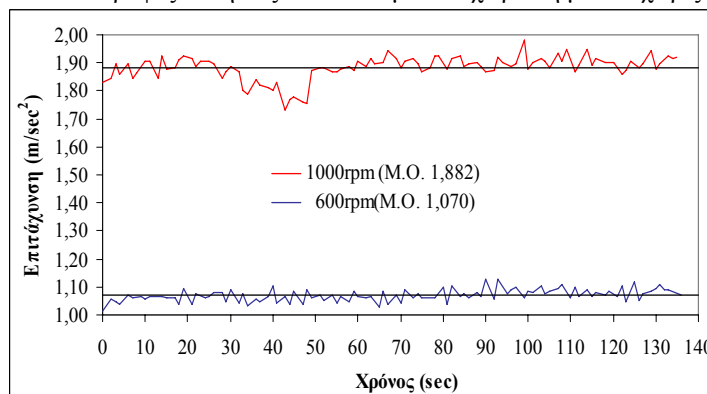
Στο Σχήμα 4, εμφανίζεται ο μέσος όρος των κατακόρυφων επιταχύνσεων των δονήσεων στο κάθισμα του ελκυστήρα σε στάση για 600 και 1000 rpm στην πηγή

ισχύος, με χειριστή και συνοδηγό, για την ίδια πίεση ελαστικών πίσω 0,90 bar και μπροστά 1,30 bar.

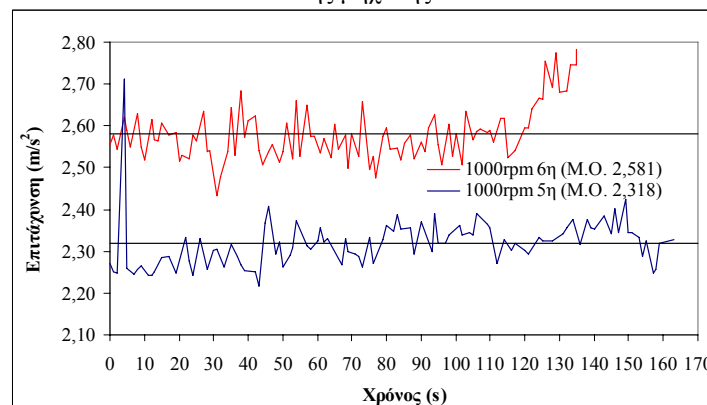
Στο Σχήμα 5, εμφανίζεται ο μέσος όρος των κατακόρυφων επιταχύνσεων των δονήσεων στο κάθισμα του ελκυστήρα σε κίνηση για τις ίδιες στροφές της πηγής ισχύος 1000 rpm αλλά με διαφορετικές σχέσεις μετάδοσης της κίνησης με την 5^η και 6^η, με χειριστή και συνοδηγό, για την ίδια πίεση ελαστικών πίσω 0,90 bar και μπροστά 1,30 bar.



Σχήμα 3 Κατακόρυφες δονήσεις στο κάθισμα του χειριστή με και χωρίς χειριστή.

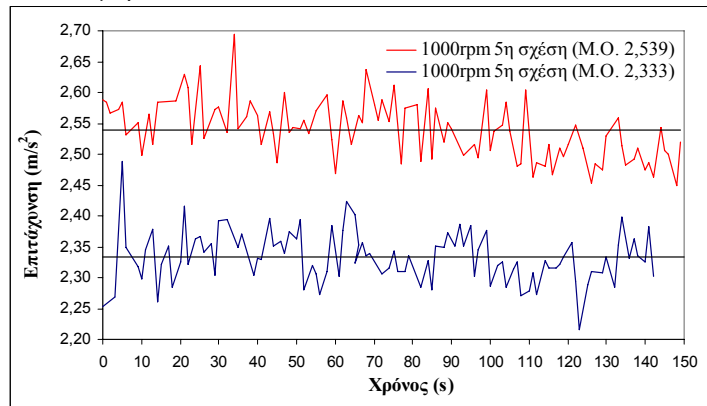


Σχήμα 4. Κατακόρυφες δονήσεις στο κάθισμα του χειριστή για διαφορετικές στροφές της μηχανής



Σχήμα 5. Κατακόρυφες δονήσεις στο κάθισμα του χειριστή για διαφορετικές ταχύτητες.

Στο Σχήμα 6, εμφανίζεται ο μέσος όρος των κατακόρυφων επιταχύνσεων των δονήσεων στο κάθισμα του ελκυστήρα σε κίνηση για τις ίδιες στροφές της πηγής ισχύος 1000 rpm με την 5^η σχέση μετάδοσης της κίνησης με χειριστή και συνοδηγό, για διαφορετικές πιέσεις στα ελαστικά επίσωτρα α) πίσω 0,50 bar και μπροστά 1,0 bar και β) πίσω 1,0 bar και μπροστά 2,0 bar.



Σχήμα 6. Κατακόρυφες δονήσεις στο κάθισμα του χειριστή με τις ίδιες στροφές αλλά με διαφορετικές πιέσεις στα ελαστικά επίσωτρα.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

1. Διαπιστώνεται από το Σχήμα 2, ότι ο μέσος όρος των κατακόρυφων δονήσεων στο χειρομοχλό διεύθυνσης είναι μεγαλύτερος στην περίπτωση που δεν υπάρχει χειριστής με M.O. 1,953 m/s², σε σχέση με το M.O. 1,240 m/s² όταν υπάρχει χειριστής σε στάση οδήγησης, η διαφορά οφείλεται στην απόσβεση των δονήσεων, μέσω των χεριών του χειριστή.

2. Διαπιστώνεται από το Σχήμα 3, το ίδιο φαινόμενο όπως και στο Σχήμα 2, με τη διαφορά των δονήσεων να οφείλεται στην απόσβεση των δονήσεων, μέσω του σώματος του χειριστή.

3. Διαπιστώνεται από το Σχήμα 4, ότι με την αύξηση των στροφών της πηγής ισχύος από 600 σε 1000 rpm, έχουμε και αύξηση των M.O. των δονήσεων από 1,070 σε 1,882 m/s².

4. Διαπιστώνεται από το Σχήμα 4, ότι διατηρώντας τις ίδιες στροφές στην πηγή ισχύος, 1000 rpm, αλλά με διαφορετικές σχέσεις μετάδοσης, εμφανίζεται αύξηση των δονήσεων στις μεγαλύτερες σχέσεις μετάδοσης, για την 5^η σχέση M.O. 2,318 m/s², για την 6^η σχέση M.O. 2,581 m/s².

5. Διατηρώντας σταθερές τις στροφές της πηγής ισχύος 1000 rpm, και την ίδια σχέση μετάδοσης 5^η, στο Σχήμα 6, διαπιστώνεται ότι εμφανίζεται αύξηση του μέσου όρου των κατακόρυφων δονήσεων σε σχέση με το διπλασιασμό της πίεσης στα ελαστικά επίσωτρα.

6. Έχει διαπιστωθεί ότι οι δονήσεις στον ανθρώπινο οργανισμό δημιουργούν: α) βλάβες όπως: • Αναπνευστικές, • Καρδιοαγγειακές, • Νευρολογικές • Πεπτικές και • Αδενικές. β) Διαταραχές όπως είναι: • Μείωση της ατομικής προσοχής και αντίληψης με κίνδυνο πρόκλησης τροχαίου ή εργατικού ατυχήματος, • μείωση πνευματικών ικανοτήτων, • μείωση ακουστικών ικανοτήτων, • μείωση της διάρκειας του ύπνου (αϋπνίες), • ψυχολογικές, γ) Το σύνδρομο των δονήσεων χεριού – βραχίονα, δημιουργεί την ασθένεια των “Λευκών Δακτύλων”, η οποία προέρχεται από τη μη καλή κυκλοφορία του αίματος στα άκρα των δακτύλων, με αποτέλεσμα αισθητηριακές

διαταραχές, έλλειψη ανοχής στο ψύχος, μυϊκές κράμπες, μειωμένη επιδεξιότητα σύσφιξης των αντικειμένων.

Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ελκυστήρες με ανενεργά (αδρανή), ή ενεργά συστήματα ανάρτησης της θέσης του χειριστή τα οποία μειώνουν τους κραδασμούς. Στις περιπτώσεις αυτές η θέση του οδηγού στηρίζεται επάνω σε μία υδροπνευματική ανάρτηση, η οποία προσαρμόζεται αυτόματα ανάλογα με τη μάζα του οδηγού και η οποία είναι συνδεδεμένη με ένα υδραυλικό κινητό διάφραγμα ρύθμισης της έντασης της δόνησής της. Σκοπός αυτής της κατασκευής είναι να εξασφαλίζονται κατά τη διάρκεια της οδήγησης, οι δυναμικές δονήσεις, η μέγιστη ασφάλεια καθώς και η προσφερόμενη άνεση της θέσης του οδηγού, για μείωση της κόπωσής του.

Οι χειριστές θα πρέπει να χρησιμοποιούν αντι-κραδασμικά γάντια τα οποία να ανταποκρίνονται στα βιοδυναμικά χαρακτηριστικών του ανθρώπινου συστήματος χεριού – βραχίονα σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων (40-200 Hz).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. 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. Biosystems Engineering Silsoe Research Institute 81 (1), 35-47
2. Lines, J. A., Stayner, R. M. 1989. Improved operator performance from reduced vibration. In: Proceedings of the Institute of Acoustic conference Oxford.
3. Potecchi, S. 1986. Determination of the characteristic of the tractor –seat-system by means of a relief track. Study of accidents and comfort of agricultural and forestry mechanization and building in service. Firenze, December 2-3, 239-244.
4. Rakheja, S., Sankar, S.1984a. Suspension design to improve tractor ride: I passive seat suspension. S.A.E. Transactions, 4, 1096- 1104.
5. Rakheja, S., Sankar, S.1984b. Suspension design to improve tractor ride: II passive cab suspension. S.A.E. Transactions, 4, 1005- 1112.
6. Sankar, S., Afonso, M. 1993. Design and testing of lateral seat suspension for all road vehicles. Journal of Terramechanics, 30(5), 371-393.
7. Pessina, D. 1986. Assessment of the vibration at the drive place of an agricultural tractor during transport. Rivista di Ingegneria Agraria 17(4) 227 – 241.
8. Lines, J., Stiles, M., Whyte, R. 1995. Whole body vibration during tractor driving. Journal of low Frequency Noise and Vibration, 14(2), 87- 104
9. Göhlich, H., Von Holst Chr. 1997. Fahrdynamik – Fahrsicherheit – Fahreplatz.[Ride dynamics – Ride safety – Drivers plate] In Yearbook Agricultural Engineering Matthies Munster, 78-84.
10. Neely, G., Burstrom, L. 2006. Gender differences in subjective responses to hand-arm vibration. International Journal of Industrial Ergonomics 36 (2006) 135-140.
11. Dong, R.G., McDowell, T.W., Welcome, D.E., Smutz, W.P. 2004. Correlations between biodynamic Characteristics of human hand – arm system and the isolation effectiveness of anti-vibration gloves. International Journal of Industrial Ergonomics 35 (2005)205 -216

(127)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΓΩΝΙΩΝ ΕΥΣΤΑΘΙΑΣ ΓΙΑ ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΚΙΝΗΣΗ ΣΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

**Θ.Α. Γιαλαμας^{1α}, Δ. Κατέρης¹, Ι. Γράβαλος¹, Π. Ξυραδάκης¹
Κ.Α. Τσατσαρέλης²**

¹Εργαστήριο Μηχανικής Οχημάτων Ανωμάτων Εδαφών. Τομέας Γεωργικής Μηχανικής
Τ.Γ.Μ.&Α. ΣΤΕ.Γ. Α.Τ.Ε.Ι. Λάρισα. Τ.Κ.41110 Λάρισα. ^ae-mail. gialamas@teilar.gr

²Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας. Σχολή Γεωπονίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο
Θεσσαλονίκης. 54124 Θεσσαλονίκη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η γνώση των καταστάσεων ευσταθούς ισορροπίας επιτρέπει την ασφαλή κίνηση των ελκυστήρων σε επικλινή και ανώμαλα εδάφη και την αποφυγή ανατροπών ή πλάγιων πτώσεων. Το μεγαλύτερο ποσοστό των θανατηφόρων ατυχημάτων προέρχεται από ανατροπές και πλάγιες πτώσεις των γεωργικών ελκυστήρων κυρίως όταν κινούνται εγκάρσια σε εδάφη με κλίση. Ο προσδιορισμός των επιτρεπομένων γωνιών κλίσης πραγματοποιείται με διαδοχικές δοκιμές στην πειραματική τράπεζα δοκιμών η οποία κατασκευάστηκε στο εργαστήριο των Γ.Μ.& Α. του Τ.Ε.Ι./Λ.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF SLOPE ANGLES FOR CROSS MOVEMENT ON INCLINED PLANE

**Th. A. Gialamas^{1a}, D. Kateris¹, I. Gravalos¹, P. Xyradakis¹,
K. A. Tsatsarelis²**

¹Laboratory for Off-Road Equipment, Section of Agricultural Mechanics, Department of
Agricultural Engineering and Irrigation, School of Agriculture, Technological
Educational Institute of Larissa, 41110, Larissa, Greece ^a e-mail. gialamas@teilar.gr

²Laboratory for Agricultural Mechanics, Department of Agriculture, Aristotel University
of Thessaloniki, 54124 Thessaloniki.

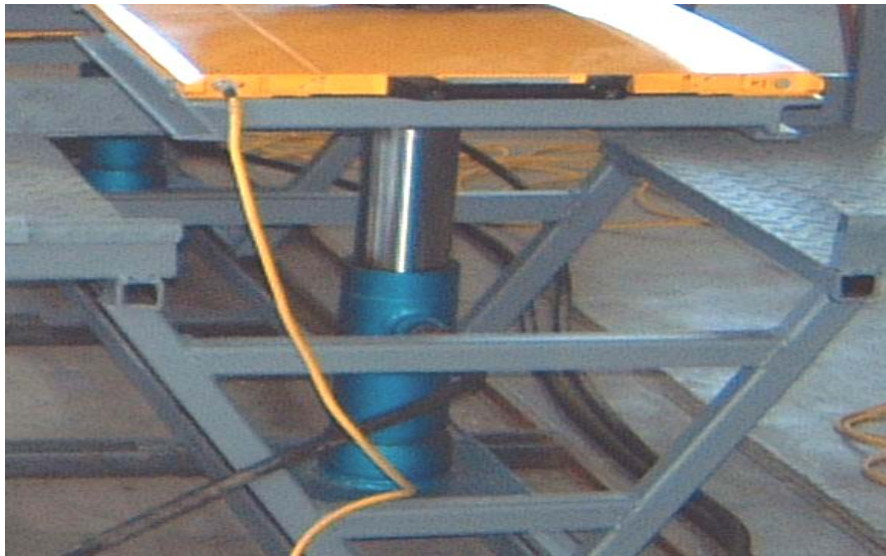
ABSTRACT

The knowledge of stability situations allows the safe movement of agricultural tractors on sloping and rough grounds and the avoidance of overturning or sloping downfalls. The greater percentage of fatal accidents are caused by the loss of stability of agricultural tractors while working on sloping ground. The determination of accepted grade angles is actualized with sequential tests on the adjustable testing - bench which is manufactured at the laboratory of Agricultural Engineering and Irrigation, School of Agriculture.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η απώλεια της σταθερότητας και του ελέγχου είναι οι δύο κύριοι παράγοντες οι οποίοι συντελούν στην ανατροπή των γεωργικών ελκυστήρων, όταν εργάζονται σε επικλινή εδάφη [1, 2, 4, 5, 7, 11]. Άλλοι παράγοντες, οι οποίοι οδηγούν σε ατυχήματα είναι το είδος του εδάφους στο οποίο εργάζεται ο ελκυστήρας, ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται και ο παράγοντας μεταφοράς βάρους [3]. Η απώλεια της σταθερότητας προκύπτει, όταν οι αντιδράσεις των τροχών μεταβάλλονται λόγω της κλίσης ή της αλλαγής πορείας και κυρίως όταν προκαλούν τον μηδενισμό των αντιδράσεών τους, στα ανάντη του εγκάρσιου επιπέδου [7, 8]. Οι απώλειες ελέγχου για πλάγιες πτώσεις, μπορεί να οφείλονται σε ανεπαρκή πρόσφυση, φθαρμένα ελαστικά, των τροχών και φυτικά υπολείμματα του εδάφους, αλλά και μειωμένη πίεση στα ελαστικά επίσωτρα [7, 9]. Οι Crolla και Spenser [1] εφήρμοσαν ένα μαθηματικό μοντέλο για πρόβλεψη της τροχιάς ανατροπής του ελκυστήρα και συνέκριναν τα αποτελέσματα του μοντέλου με τα αποτελέσματα πειραμάτων κατά την κίνηση ενός ελκυστήρα ελεγχόμενο από απόσταση. Οι Kim και άλλοι [6], μελέτησαν την πλευρική σταθερότητα του ελκυστήρα προσομοιώνοντας την κίνηση σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και κατέληξαν σε ασφαλή συμπεράσματα για το χειρισμό του ελκυστήρα σε σχέση με το ανάγλυφο του εδάφους και των λειτουργικών συνθηκών. [6, 10].

Η μεταβολή της κλίσης της τράπεζας και του προς δοκιμή ελκυστήρα, τόσο κατά το διαμήκη όσο και τον εγκάρσιο άξονα, επιτυγχάνεται με την ανεξάρτητη μεταβολή του ύψους των υδραυλικών κυλίνδρων, σχήμα 1.



Σχήμα 1. Υδραυλικός κύλινδρος σε θέση ανύψωσης μαζί με το πλαίσιο τοποθέτησης των αισθητηρίων ηλεκτρονικών ζυγών.

Σε κάθε θέση γίνεται νέα καταγραφή του φορτίου του κάθε τροχού, αλλά και του κάθε άξονα και με ειδικό πρόγραμμα υπολογισμού καθορίζονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες γωνίες κλίσης για στατική κατάσταση. Έτσι για κίνηση του ελκυστήρα σε έδαφος με ποικίλη κλίση προς όλες τις κατευθύνσεις είναι δυνατό να προβλέπεται η κατάσταση ευσταθούς ή ασταθούς ισορροπίας.

Η πειραματική ανάλυση για εγκάρσια ευστάθεια, πραγματοποιήθηκε με συνεχείς δοκιμές, λαμβάνοντας κάθε φορά υπόψη τον παράγοντα μεταφοράς βάρους από τη δεξιά προς την αριστερή πλευρά και αντίστροφα.

Από τις πειραματικές δοκιμές διαπιστώθηκε ότι ο παράγοντας μεταφοράς βάρους αρχικά παρουσιάζεται στον οπίσθιο άξονα, και μεταβιβάζεται π.χ. για δεξιά εγκάρσια κίνηση από το δεξιό τροχό προς τον αριστερό και αντίστροφα για αλλαγή πορείας, ανάλογα με την κλίση του εδάφους χωρίς να επηρεάζεται από τη μεταφορά αυτή ο εμπρόσθιος άξονας. Αυτό παρατηρήθηκε λόγω της μη μεταβολής του φορτίου του, γιατί ο εμπρόσθιος άξονας έχει τη δυνατότητα της κατακόρυφης κίνησής του γύρω από το σημείο της άρθρωσής του. Διαπιστώθηκε επίσης ότι ο παράγοντας μεταφοράς βάρους άρχισε να επηρεάζει τον εμπρόσθιο άξονα όταν η γωνία περιστροφής μηδενίστηκε και το πλαίσιο του ελκυστήρα άρχισε να εφάπτεται στον εμπρόσθιο άξονα.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα απαραίτητα στοιχεία για τον προσδιορισμό των γωνιών ευστάθειας για εγκάρσια κίνηση σε κεκλιμένο επίπεδο προέρχονται από μετρήσεις που πραγματοποιούνται στην τράπεζα δοκιμών που κατασκευάστηκε στα εργαστήρια του τμήματος Γεωργικών Μηχανών και Αρδεύσεων του Α.Τ.Ε.Ι. Λάρισας.

Η τράπεζα δοκιμών (Σχήμα 2), μας παρέχει αυτή τη δυνατότητα, να μεταβάλλει την κλίση της, προς όλες τις κατευθύνσεις, όπως για πορεία ανοδική, καθοδική, εγκάρσια δεξιά και αριστερά. Η τράπεζα αποτελείται από μία μεταλλική στιβαρή κατασκευή, επάνω στην οποία ανέρχεται ο προς δοκιμή ελκυστήρας. Η τράπεζα έχει τη δυνατότητα αυξομειώσεως των διαστάσεων της, για δοκιμές γεωργικών ελκυστήρων με εύρος τροχών από 1,10 m μέχρι 1,90 m και απόσταση μεταξύ των αξόνων από 1,90 m μέχρι 2,90 m. Στα σημεία επαφής των τροχών με την τράπεζα τοποθετούνται ειδικές αυτόματες ηλεκτρονικές ζυγιστικές μονάδες οι οποίες συνδέονται με ειδικά καλώδια μεταφοράς δεδομένων στις θύρες εισόδου ειδικής καταγραφικής μονάδας ή σε Η/Υ. Οι ζυγιστικές μονάδες προσαρμόζονται κατάλληλα σε μεταλλικές βάσεις, στο κάτω μέρος των οποίων είναι τοποθετημένοι υδραυλικοί κύλινδροι μεγάλης αντοχής και ανυψωτικής ικανότητας. Κατά την διάρκεια των δοκιμών καταγράφονται οι μεταβολές των φορτίων των τεσσάρων τροχών. Ο γεωργικός ελκυστήρας με τη βοήθεια κεκλιμένου επιπέδου (ράμπας) ανέρχεται στο επάνω μέρος της τράπεζας δοκιμών, κινείται επάνω στα ειδικά διαμορφωμένα χαλυβδοελάσματα και κατευθύνεται στην κατάλληλη θέση για την εκτέλεση της δοκιμής. Η μεταβολή της κλίσης της τράπεζας και του προς δοκιμή ελκυστήρα, τόσο κατά το διαμήκη όσο και τον εγκάρσιο άξονα, επιτυγχάνεται με την ανεξάρτητη μεταβολή του ύψους των τεσσάρων υδραυλικών κυλίνδρων. Οι υδραυλικοί κύλινδροι είναι απλής ενεργείας, τηλεσκοπικοί, με μέγιστη διαδρομή 75 cm και ανυψωτικής ικανότητας 10.000 kg.



Σχήμα 2. Γενική όψη της ρυθμιζόμενης τράπεζας δοκιμών με τις αυτόματες ηλεκτρονικές μονάδες ζύγισης.

3.ΔΟΚΙΜΕΣ - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

3.1. Ανάλυση των δυνάμεων και υπολογισμός των γωνιών για εγκάρσια πορεία δεξιά

Στο Σχήμα 3, αναλύονται οι συνιστώσες δυνάμεις του βάρους G , της θέσης του κέντρου βάρους. Το κέντρο βάρους του γεωργικού ελκυστήρα με βάση τους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν καθορίζεται επάνω στο (Δ.Δ.Ε.) C , το οποίο βρίσκεται προς τη δεξιά πλευρά από το (Δ.Ε.Σ.). Το (Δ.Δ.Ε.) C αποκλίνει από το (Δ.Ε.Σ.), προς τη δεξιά πλευρά σε μία απόσταση c . Αυτό δημιουργεί διαφορετικές επιτρεπόμενες γωνίες για εγκάρσια πορεία δεξιά ή αριστερά. Για τον υπολογισμό της μέγιστης θεωρητικής, για στατική κατάσταση επιτρεπόμενη γωνίας κλίσης για εγκάρσια πορεία προς τη δεξιά πλευρά, χρησιμοποιείται η σχέση 1, των συνθηκών ισορροπίας, λαμβάνοντας ροπές ως προς το σημείο επαφής του οπίσθιου δεξιού τροχού με το έδαφος σχήμα 3.

$$\Sigma M_D = 0 \rightarrow R_A * B\Pi - V * [(B\Pi / 2) - c] + H * h = 0 \quad (1)$$

Από το Σχήμα 3, προκύπτει για την οριζόντια συνιστώσα H , του βάρους G , η σχέση 2:

$$H = G * \eta \mu \omega. \quad (2)$$

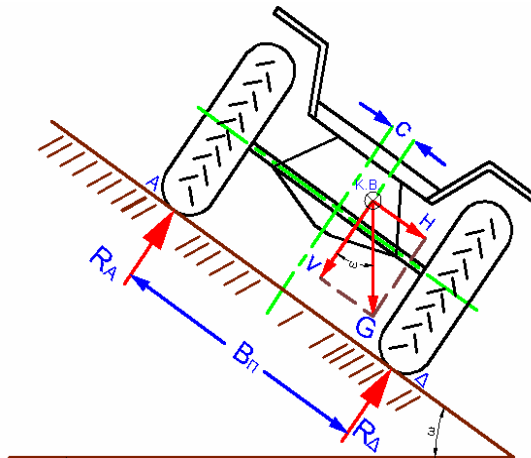
Για την κατακόρυφη συνιστώσα V , του βάρους G , προκύπτει η σχέση 3:

$$V = G * \sigma \nu \omega. \quad (3)$$

Για να καθοριστεί η μέγιστη επιτρεπόμενη γωνία κλίσης για εγκάρσια δεξιά πορεία θα πρέπει να μηδενιστεί η αντίδραση στην αριστερή πλευρά, δηλαδή να είναι $R_A = 0$.

Με συνδυασμό των σχέσεων 1, 2 και 3, προκύπτει η σχέση 4, η οποία καθορίζει τη γωνία για εγκάρσια δεξιά πορεία.

$$\epsilon \phi \omega = [(B\Pi / 2) - c] / h \quad (4)$$



Σχήμα 3. Ανάλυση των αναπτυσσομένων δυνάμεων κατά την εγκάρσια πορεία δεξιά.

Λαμβάνοντας υπόψη τις συντεταγμένες του κέντρου βάρους, το ύψος από το έδαφος,
 $h = 0,835 \text{ m}$, καθώς και την απόκλιση $c = 0,0127 \text{ m}$,

Από τη σχέση 4, προκύπτει:

$$\varepsilon\omega = 1,50 / 2 - 0,0127 / 0,835 = 0,882994 \rightarrow \omega = 41,50 \text{ ή } \text{ΕΔ.} = 41,50.$$

Άρα η μέγιστη επιτρεπόμενη γωνία για εγκάρσια δεξιά πορεία σε έδαφος με κλίση είναι:
 $\text{ΕΔ.} = 41,50$.



Σχήμα 4. Ο γεωργικός ελκυστήρας επάνω στην τράπεζα δοκιμών για καθορισμό των αντιδράσεων και των γωνιών για δεξιά πορεία.

3.2. Πειραματικός προσδιορισμός των αντιδράσεων και των γωνιών λόγω της άρθρωσης στον πρόσθιο άξονα του ελκυστήρα Renault 361

Όπως είναι γνωστό και φαίνεται και στο Σχήμα 5., ο πρόσθιος άξονας έχει τη δυνατότητα της κατακόρυφης ανεξάρτητης μετατόπισής του. Η δοκιμή πραγματοποιείται όταν η γωνία κλίσης του πρόσθιου άξονα ξεπερνά τη μέγιστη δυνατή γωνία και αγγίζει τα σταθερά τμήματα του ελκυστήρα. Η δοκιμή πραγματοποιείται με τον ελκυστήρα επάνω στην πειραματική τράπεζα δοκιμών και οι τροχοί του πρέπει να εφάπτονται στο μέσον των αυτόματων ηλεκτρονικών μονάδων ζύγισης.

3.2.1. Ανύψωση του πρόσθιου αριστερού τροχού

Η κίνηση αυτή επιτυγχάνεται λόγω του αρθρωτού σημείου σύνδεσης, που υπάρχει στο κάτω σημείο του πρόσθιου μέρους του σώματος του ελκυστήρα και συμβάλλει στην

καλύτερη συμπεριφορά του ελκυστήρα όταν κινείται σε εδάφη με ανωμαλίες ή αλλάζει κατεύθυνση πορείας, δηλαδή στις στροφές, από την ανάπτυξη της φυγόκεντρης δύναμης.

Οι ανωμαλίες αυτές συμβάλλουν πάρα πολλές φορές στην απώλεια της ευστάθειας κατά τη διάρκεια της κίνησης του ελκυστήρα. Η ανεξάρτητη κατακόρυφη κίνηση δίνει τη δυνατότητα να περάσει ο αντίστοιχος τροχός από το σημείο της ανωμαλίας του εδάφους χωρίς να προκαλέσει μεταφορά βάρους στον οπίσθιο άξονα και να επιταχύνει μία αστάθεια προκαλώντας έτσι πολλές φορές ακόμη και ανατροπή.

Η ανατροπή προκαλείται εάν το ύψος της ανωμαλίας είναι μεγαλύτερο από την επιτρεπόμενη ανεξάρτητη μετατόπιση του κάθε τροχού.

Στην περίπτωση αυτή, εάν εξαντληθεί η ελεύθερη μετατόπιση των τροχών, δηλαδή το ύψος της ανωμαλίας είναι μεγάλο, η αναπτυσσόμενη αντίδραση μεταφέρεται από την επιφάνεια της επαφής του τροχού με το έδαφος στο ακρόμπαρο του τροχού και στη συνέχεια μέσω αυτού στον πρόσθιο άξονα. Ο πρόσθιος άξονας μεταφέρει την αντίδραση αυτή στο αρθρωτό σημείο σύνδεσης που βρίσκεται στο πρόσθιο κάτω μέρος του σώματος του ελκυστήρα. Το σημείο αυτό πολλές φορές συμπίπτει με το διάμηκες επίπεδο συμμετρίας. Εάν η δύναμη της αντίδρασης αυτής είναι πολύ μεγάλη ανασηκώνεται το πρόσθιο μέρος και στη συνέχεια η ροή αυτής της αντίδρασης μέσω του σώματος του γεωργικού ελκυστήρα καταλήγει στον οπίσθιο άξονα, με αποτέλεσμα να ανασηκώνεται από το έδαφος και ο οπίσθιος τροχός.



Σχήμα 5. Μεταβολή της οριζοντιότητας του πρόσθιου αριστερού τροχού.

Στις περιπτώσεις αυτές μπορεί να προκληθεί στρέβλωση του πρόσθιου άξονα, αν το βάρος του ελκυστήρα είναι πολύ μεγάλο. Εάν π.χ. ο αριστερός πρόσθιος τροχός συναντήσει μία ανωμαλία (ένα ύψωμα) κατά τη διάρκεια της κίνησής του και η εμφανιζόμενη αντίδραση δεν απορροβωθεί λόγω της κατακόρυφης ελεύθερης μετακίνησης του πρόσθιου άξονα, τότε η αντίδραση αυτή θα μεταφερθεί στο σημείο της άρθρωσης στο πρόσθιο μέρος του σώματος του ελκυστήρα. Στη συνέχεια, επειδή δεν υπάρχει σύστημα απόσβεσης των κραδασμών (αμορτισέρ), καταλήγει στο σημείο επαφής του οπίσθιου αριστερού τροχού με το έδαφος. Τότε αρχίζει να ανασηκώνεται

από το έδαφος και ο οπίσθιος τροχός, με αποτέλεσμα, εάν ο ελκυστήρας τυγχάνει να κινείται σε έδαφος με κλίση, δεξιά, η πλάγια πτώση του είναι αναπόφευκτη. Όμοια ροή δυνάμεων αναπτύσσεται όταν ο πρόσθιος δεξιός τροχός συναντήσει ένα εμπόδιο κατά τη διάρκεια της πορείας του.

Από τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν σε οριζόντια θέση και σε θέση με κλίση του αριστερού πρόσθιου τροχού δημιουργείται ο Πίνακας 1.

Πίνακας. 1. Μεταβολή της κατανομής του βάρους των πρόσθιων τροχών σε συνάρτηση με το ύψος ανύψωσης του αριστερού πρόσθιου τροχού.

Θέση	Ύψος m	Τροχός G _{AE} kg	Τροχός G _{AE} kg	Σύνολο R _E kg
Οριζόντια	0,0	290	310	600
Με κλίση	0,33	220	380	600

Από τη δοκιμή που πραγματοποιήθηκε στην τράπεζα δοκιμών, όπως φαίνεται στο σχήμα 5 και καταγράφεται στον Πίνακα 1. το μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος που επιτρέπει η άρθρωση ν' ανυψωθεί ο πρόσθιος αριστερός τροχός είναι $Y\psi_A = 33 \text{ cm}$ και η δημιουργούμενη γωνία σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο είναι $\omega = 13,74^\circ$. Πάνω από το ύψος αυτό αρχίζει να εφάπτεται ο πρόσθιος άξονας στο πρόσθιο τμήμα του σώματος του ελκυστήρα, με αποτέλεσμα εάν συνεχιζόταν η ανύψωση του υδραυλικού κυλίνδρου της τράπεζας δοκιμών, (υπάρχει αυτή η δυνατότητα), να υπήρχε κίνδυνος παραμόρφωσης του πρόσθιου άξονα και επιβάρυνση του οπίσθιου αριστερού τροχού.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Κατά τη διάρκεια της ανύψωσης από την οριζόντια θέση του αριστερού πρόσθιου τροχού μέχρι τη μέγιστη, δηλαδή σε ύψος 0,33 m, παρατηρήθηκε μία προοδευτική μεταφορά βάρους από τον πρόσθιο αριστερό τροχό στο δεξιό πρόσθιο τροχό. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, η μεταφορά είναι 160 kg. Επίσης, δεν υπήρξε μεταφορά βάρους από τον πρόσθιο άξονα προς τον οπίσθιο, μέχρι το ανώτατο ύψος των 0,33 m.

Το ίδιο φαινόμενο με τον πρόσθιο άξονα συμβαίνει όταν και ο πίσω τροχός συναντήσει μία ανωμαλία στο έδαφος, ο παράγοντας μεταφοράς βάρους εμφανίζεται στον αντίστοιχο πίσω τροχό. Εάν οι ανωμαλίες του εδάφους ή η διαφορά κλίσης είναι μεγαλύτερη από 33 cm, ή $13,74^\circ$ τότε ο παράγοντας μεταφοράς βάρους μεταφέρεται και στον πρόσθιο άξονα, και αρχίζει η αστάθεια του ελκυστήρα και πολλές φορές επιταχύνεται η ανατροπή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.

1. Γιαλαμάς. Α.Θ., και άλλοι 2003. Τράπεζα δοκιμών για τον καθορισμό της ευστάθειας γεωργικών μηχανημάτων. Πρακτ. 3^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ της Εταιρείας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος. ΕΓΜΕ. Θεσσαλονίκη. 238-245.
2. Crolla. D.A.. Spencer H.B.. 1984. Tractor handling during control loss on sloping ground. Vehicles System Dynamics. 13:1. 1-17.
3. Hunter. AGM.. 1981. Tractor safety on slopes. Agricultural Manpower. (3). 2-3.
4. Hunter. AGM.. 1981. Tractor overturning accidents on slopes. Technical Report. Scottish Institute of Agricultural Engineering. (3) 26.
5. Hunter. AGM.. 1981. Tractor safety on slopes. Agricultural Manpower. 36:4. 95-98.
6. Hunter. AGM.. Owen. GM.. 1983. Tractor overturning accidents on slopes. Journal of occupational Accidents. 5:353. 195-210.

7. Kim. K.U., Salokhe V.M.(ed.), Ilangantileke S.G.(ed.). 1990. Lateral stability of agricultural tractors on slopes. Proc. Of the international agricultural engineering conference and exhibition, Bangkok, Thailand. 19-28.
8. Spencer. H.B.. 1982. Tractor accidents on slopes-review-progress-solutions. Agricultural Manpower. (5) 12–14.
9. Spencer. H.B.. 1982. Tractor accidents on slopes-review-progress-solutions. Proc. Of the 21st CIOSTA-CIGR(V) Congress (Ed. Agricultural development and Advisory Service and Institute of Management Services). London. U.K.. 128-138.
10. Spencer. H.B., Crolla D.A.. 1984. Control of tractors on sloping ground. Proc. Of 8th Int. conference of International Society for Terrain Vehicle Systems. Cambridge. U.K.. Vol.2. 635-653.
11. Τσατσαρέλης. Α. Κ.. 1997. Γεωργικοί Ελκυστήρες. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούδη. Θεσσαλονίκη.

(160)

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΚΟΜΙΔΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΟΥΣ ΤΗΣ ΛΕΒΑΝΤΑΣ

**Χ. Ι. Δημητριάδης^{1,3}, J. L. Brighton², Ι. Κόκκορας¹, Ι. Γράβαλος¹,
Θ.Α. Γιαλαμάς¹**

¹ Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Λάρισας, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας,
Τμήμα Γεωργικών Μηχανών & Αρδεύσεων, Τ.Κ. 41110, Λάρισα

² National Soil and Resources Institute, Cranfield University, Silsoe, MK45 4DT,
Bedfordshire, UK

³ Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης, Ν.Α. Κοζάνης, Τμήμα Εκμηχάνισης της Γεωργίας
και Λειτουργίας Έργων, Τ.Κ. 50100, Κοζάνη e-mail : Dimchristos@hotmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σχεδιασμός, η κατασκευή και η βελτιστοποίηση ενός μηχανήματος βαδιστικού τύπου μιας σειράς, για τη συγκομιδή του άνθους της λεβάντας, χρησιμοποιώντας την τεχνική της απόσπασης παρουσιάζεται σε αυτή την εργασία. Τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά του μηχανήματος ήταν τέτοια ώστε να μπορεί να συγκομίζει τα άνθη του φυτού αφήνοντας την πλειονότητα των στελεχών άθικτα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το προτεινόμενο μηχάνημα είχε τη δυνατότητα να συγκομίσει το 96.7 % των ανθέων του φυτού.

THE DESIGN OF A LAVENDER HARVESTER FOR IN FIELD FLOWER REMOVAL

**C. I. Dimitriadis,^{1,3} J. L. Brighton,² I. Kokkoras,¹ I. Gravalos,¹ Th. A
Gialamas¹**

¹ Department of Agricultural Engineering, Technological Educational Institute of Larisa
T.K. 41110, Larissa, Greece

² National Soil and Resources Institute, Cranfield University, Silsoe, MK45 4DT,
Bedfordshire, UK

³ Ministry of Agriculture at Kozani, Department of Agriculture, Mechanisation
Systems, NW Macedonia, T.K. 50100, Kozani, Greece e-mail :
Dimchristos@hotmail.com

ABSTRACT

The design, manufacture and optimisation of a single row lavender harvester using the stripping technique are presented in this paper. The design specifications of the machine were to be able to harvest the flower heads of the plant leaving the majority of the stems intact. The results showed that the proposed machine was capable to remove the 96.7% of the plant flower heads.

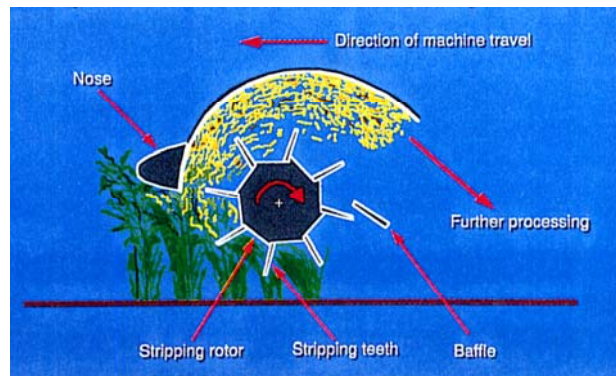
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εκμηχάνιση της συγκομιδής των γεωργικών προϊόντων επεκτάθηκε στην πλειονότητα των καλλιεργειών. Για πολλές καλλιέργειες το κόστος εργασίας της συγκομιδής καταλαμβάνει το $\frac{1}{2}$ έως τα $\frac{3}{4}$ του συνολικού κόστους παραγωγής [7]. Οι απαιτήσεις σε εργασία στην πλειονότητα των συγκομιζόμενων προϊόντων χρειάζονται να εφαρμοσθούν σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα. Η μηχανοποίηση συνεισφέρει στην βελτίωση της αποδοτικότητας με την μείωση του χρόνου συγκομιδής [12], και προτρέπει την αύξηση των καλλιεργήσιμων εδαφών [8]. Επομένως, υπάρχει πάντοτε η ανάγκη για την εισαγωγή νέων ή την βελτίωση των ήδη υπαρχόντων μεθόδων συγκομιδής για την βελτίωση της απόδοσης με σκοπό τη μείωση του κόστους παραγωγής.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχει υπάρξει αύξηση στο ενδιαφέρον για τη χρήση των αρωματικών φυτών και ιδιαίτερα των αιθέριων ελαίων τους. Μεταξύ του 1993 και του 1998, η παγκόσμια ανάγκη για αιθέρια έλαια αυξήθηκε κατά μέσο όρο 6.1%, για αποστάγματα βοτάνων 15.9% και για χημικές ουσίες παραλαμβανόμενες από φυτά κατά 9.8% [13]. Η αυξανόμενη ανάγκη για αιθέρια έλαια και αποστάγματα φυτών προήλθε κυρίως από βιομηχανίες αρωμάτων, καλλυντικών, φαγητού και φαρμακευτικές εταιρίες που τα χρησιμοποιούν.

Οι συμβατικές μέθοδοι συγκομιδής της λεβάντας όπως η συγκομιδή με το χέρι και η μηχανική συγκομιδή χρησιμοποιούν έναν μηχανισμό κοπής και συλλέγουν τα στελέχη μαζί με τα άνθη τους. Αυτό βρέθηκε να είναι μια λιγότερο αποδοτική μέθοδος για τη συγκομιδή της λεβάντας και την παραγωγή αιθέριου ελαίου επειδή το μεγαλύτερο μέρος που παράγεται από το φυτό (97.5% κ.β.) βρίσκεται στα άνθη του [11]. Με τη χρήση των συμβατικών μεθόδων συλλογής στο συγκομιζόμενο προϊόν εμπεριέχεται μεγάλο μέρος του στελέχους του φυτού αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο την μάζα και τον όγκο του. Το γεγονός αυτό έχει σαν αποτέλεσμα: 1) την αύξηση των εξόδων μεταφοράς και απόσταξης του φυτού, 2) την ανάγκη για πιο απαιτητικό σχεδιασμό μηχανημάτων για την μηχανοποίηση της καλλιέργειας και 3) την απομάκρυνση θρεπτικών στοιχείων που θα μπορούσαν να παραμείνουν στο χωράφι.

Η δημιουργία και η εξέλιξη ενός πρωτότυπου μηχανήματος βαδιστικού τύπου μιας σειράς για τη συγκομιδή της λεβάντας, παρουσιάζεται σε αυτή την εργασία. Το μηχάνημα έχει αναπτυχθεί υιοθετώντας την τεχνική της απόσπασης, η οποία χρησιμοποιήθηκε για τη συγκομιδή δημητριακών [2],[3],[4],[5],[6], (Σχήμα 1)). Η λειτουργία του μηχανήματος εφαρμόζει με έναν μοναδικό τρόπο για την καλλιέργεια, την αφαίρεση των ανθέων από το φυτό, αφήνοντας την πλειοψηφία των στελεχών άθικτων. Για τον καθορισμό της αποδοτικότητας του μηχανήματος, μια μεθοδολογία αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια πειραματικού προγράμματος, στο οποίο μετρήθηκε το ποσοστό των συγκομιζόμενων ανθέων.

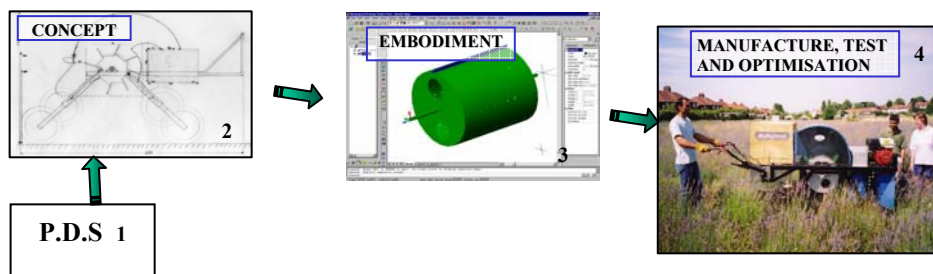


Σχήμα 1. Διαδικασία της απόσπασης με τη χρήση στροφείου και δακτύλων

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η διαδικασία κατασκευής του μηχανήματος περιελάμβανε μια ερευνητική μεθοδολογία υιοθετώντας τέσσερα στάδια. Τα στάδια αυτά ήταν: α) βιβλιογραφική ανασκόπηση για το φυτό της λεβάντας και των μηχανημάτων συγκομιδής της, β) σχεδιασμό και κατασκευή του μηχανήματος, γ) αξιολόγηση του μηχανήματος και δ) σύγκριση του μηχανήματος με άλλα ήδη υπάρχοντα μηχανήματα συγκομιδής της λεβάντας. Στην παρούσα εργασία θα αναλυθεί εκτενέστερα ο σχεδιασμός και η κατασκευή του μηχανήματος και θα σχολιασθούν τα αποτελέσματα των πρώτων πειραμάτων.

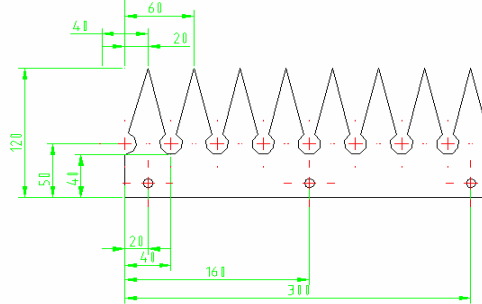
Για το σχεδιασμό του μηχανήματος ακολουθήθηκε μια διαδικασία που καταμερίζει την ολοκλήρωση της εργασίας όπως αυτή αναφέρεται από τους Pahl and Beitz [9], στα ακόλουθα στάδια : α) οι προδιαγραφές του σχεδίου του προϊόντος (Product design specifications, (P.D.S)), β) το εννοιολογικό σχέδιο (conceptual design) - πιθανές λύσεις και βαθμονόμηση αυτών με επιλογή της επικρατέστερης, γ) το σχέδιο ενσωμάτωσης (embodiment design) - η λεπτομερειακή ανάλυση της επικρατέστερης λύσης και τέλος δ) ο λεπτομερειακός σχεδιασμός (detail design) της προτεινόμενης λύσης με το μέγεθος και τις διαστάσεις του. Στο τέλος της παραπάνω διαδικασίας το μηχάνημα κατασκευάστηκε στα εργαστήρια του Cranfield University, Silsoe στην Αγγλία και δοκιμάστηκε σε συνθήκες αγρού (Σχήμα 2).



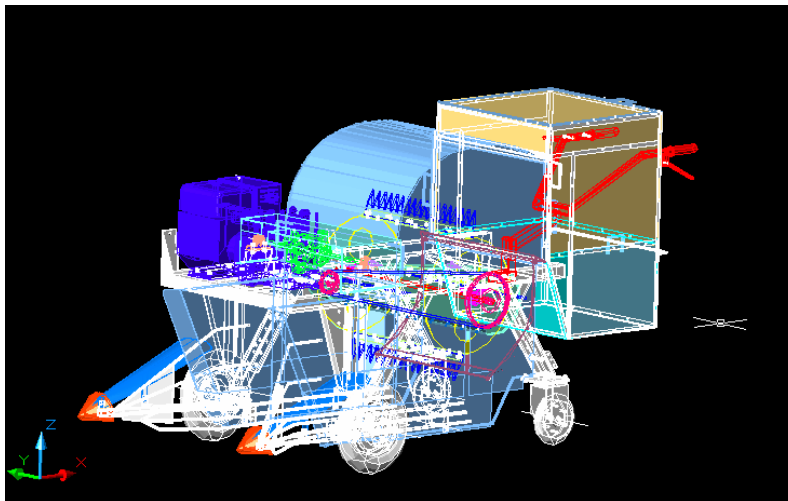
Σχήμα 2. Διαδικασία σχεδιασμού

Το μηχάνημα που κατασκευάστηκε ήταν αυτοκινούμενο μιας σειράς συγκομιδής βαδιστικού τύπου (Σχήματα 4, 5). Περιελάμβανε πλαίσιο από χάλυβα πάχους 4 mm, βενζινοκινητήρα 7 kW, κιβώτιο επιλογής σχέσεων τριών εμπρόσθιων και μιας οπίσθιας σχέσης μετάδοσης με χειρομοχλό και δυο εξόδους για την μετάδοση της κίνησης. Μια

έξοδο για την ισχυροδότηση του στροφείου με τροχαλία και ιμάντα και μια για τη μετάδοση της κίνησης στους κινητήριους πνευματικούς τροχούς μέσω διαφορικού με αλυσίδα και οδοντωτούς μεταλλικούς τροχούς. Το στροφείο αποτελούταν από κύλινδρο διαμέτρου 0.78 m [1] και πλάτους 0.80 m. Έφερε επίσης περιφερειακά και σε ίσες αποστάσεις ανά 90° εύκαμπτους δακτυλίους απόσπασης σε σχήμα V [10], (Σχήμα 3). Η κατεύθυνση περιστροφής κατά τη διαδικασία της συγκομιδής ήταν τέτοια ώστε οι δάκτυλοι να εφαρμόζουν από το κάτω μέρος του στελέχους προς τα επάνω στο άνθος και να προκαλούν απόσπαση. Η πηγή ισχύος βρισκόταν στο μπροστινό μέρος και πάνω από τους κινητήριους τροχούς. Στο πίσω μέρος βρίσκονταν το δοχείο προσωρινής αποθήκευσης του συγκομιζόμενου προϊόντος με δυο συρταρωτά ανοίγματα για το άδειασμα του. Το δοχείο ήταν επενδυμένο με διάτρητο μεταλλικό πλέγμα στα $\frac{3}{4}$ της επιφάνειας του για την εκτόνωση του αέρα που δημιουργούνταν από το στροφείο. Τα χειριστήρια ελέγχου βρισκόταν στο πίσω μέρος σε δυο σωληνωτές χειρολαβές που ήταν και το τιμόνι του οχήματος. Στον έλεγχο της οδήγησης του οχήματος συντελούσαν οι δυο πίσω τροχοί που ήταν μη κινητήριοι πνευματικοί ελεύθερης περιστροφής.



Σχήμα 3. Διαστάσεις εύκαμπτων δακτύλων απόσπασης (οι τιμές είναι σε mm).



Σχήμα 4. Τρισδιάστατη απεικόνιση του μηχανήματος μετά το σχεδιασμό του σε H/Y

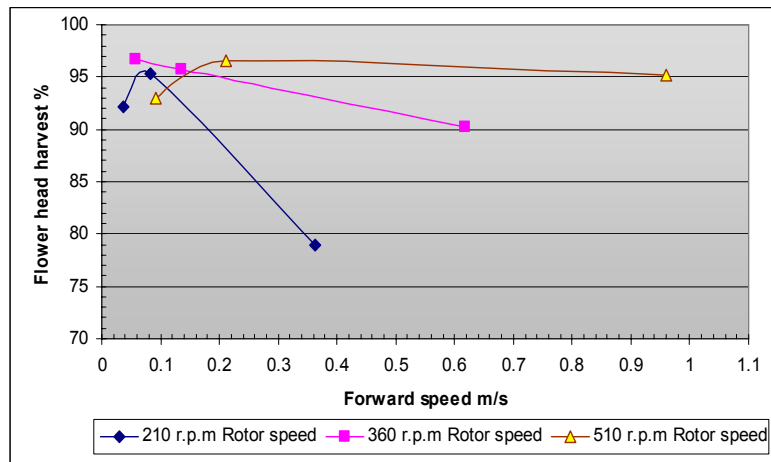


Σχήμα 5. Πλάγια θέα του μηχανήματος

Στα πλαίσια της αρχικής αξιολόγησης του μηχανήματος, πειράματα έλαβαν χώρα σε αγρό έκτασης 1.2 ha, στην περιοχή Carlshalton στο Νότιο Λονδίνο. Αναπτύχθηκε μεθοδολογία που περιελάμβανε τον υπολογισμό των ανθέων που συγκομίσθηκαν. Αυτό γινόταν με την καταμέτρηση του αρχικού αριθμού τους σε επιλεγείσα έκταση 1 m (μήκους σειράς), πριν το πέρασμα με το μηχάνημα και την αφαίρεση στη συνέχεια των απολειών που μετρούνταν μετά το πέρασμα του για κάθε μεταχείριση. Το πείραμα περιελάμβανε εννέα μεταχειρίσεις (3 ταχύτητες εμπρόσθιας κίνησης, 1^η, 2^η, 3^η του κιβωτίου σχέσεων και 3 ταχύτητες περιστροφής του στροφέιου, 210 r.p.m, 360 r.p.m, και 510 r.p.m). Για κάθε μεταχείριση υπήρξαν 2 επαναλήψεις με πλήρως τυχαιοποιημένη σειρά σε 2 πειραματικά τεμάχια. Τα φυτά ανήκαν στο υβρίδιο λεβάντας “Grosso” και βρίσκονταν στο τρίτο έτος της καλλιέργειας τους. Η καλλιέργεια στον αγρό ήταν σε σειρές μήκους 75 m και είχαν 1 m απόσταση μεταξύ τους, με μέσο όρο πλάτους των φυτών 0.80 m και μέσο όρο ύψους 0.90 m.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 6. Είναι φανερό ότι τόσο η ταχύτητα κίνησης του μηχανήματος, όσο και η ταχύτητα περιστροφής του στροφέιου επηρεάζουν το ποσοστό των ανθέων που συγκομίζονται. Σε όλες τις ταχύτητες περιστροφής παρατηρήθηκε μια διαφοροποίηση του ποσοστού του συγκομισμένου άνθους σε σχέση με την ταχύτητα κίνησης του μηχανήματος. Έτσι για τις 210 r.p.m παρατηρήθηκε μια καμπύλη στην απόδοση που στην αρχή ήταν χαμηλή 92.2%, στη συνέχεια αυξήθηκε 95.3% και στο τέλος μειώθηκε 78.9%. Στις 360 r.p.m παρατηρήθηκε μια σταδιακή μείωση που στην αρχή ήταν 96.7%, στη συνέχεια μειώθηκε 95.8% και στο τέλος μειώθηκε περισσότερο φτάνοντας 90.3%. Τέλος για τις 510 r.p.m παρατηρήθηκε μια καμπύλη στην απόδοση που στην αρχή ήταν χαμηλή 92.9%, στη συνέχεια αυξήθηκε 96.5% και στο τέλος μειώθηκε 95.3%. Τα καλύτερα αποτελέσματα (96.7% αποσπασμένα άνθη) πάρθηκαν με ταχύτητα περιστροφής του στροφέιου 360 r.p.m και ταχύτητα κίνησης 0.058 m/s (0.21 km/h).



Σχήμα 6. Γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του αρχικού πειράματος.

Τα αποτελέσματα που προβάλλονται στο σχήμα 6 είναι τα τελευταία μιας σειράς δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν στο αρχικό πείραμα. Το μηχάνημα δοκιμάστηκε και σε νεότερα φυτά (ύψος και πλάτος φυτών = $\frac{1}{2}$ των φυτών που χρησιμοποιήθηκαν στο περιγραφόμενο πείραμα) που βρισκόταν στο 1^ο και 2^ο έτος καλλιέργειας τους με αποτελέσματα υποδεέστερα (συγκομιδή του άνθους κατά μέσο όρο 50%). Οι διαστάσεις του φυτού και ειδικότερα το ύψος και το πλάτος του έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στη συγκομιδή. Τα προβλήματα αποφεύχθηκαν εν μέρη όταν τροποποιήθηκε το μηχάνημα (σχήμα 7) ούτως ώστε α) να μπορεί να μειώνει το ύψος του περισσότερο από ότι υπολογίστηκε στον αρχικό σχεδιασμό και β) να μπορεί να μειώνει το εσωτερικό πλάτος εργασίας με την προσθήκη μεταλλικών οδηγών για την καθοδήγηση των φυτών στο κέντρο του στροφείου.

Σχήμα 7.
Τροποποιήσεις του
μηχανήματος για τη
συγκομιδή
νεαρότερων φυτών
της λεβάντας



Θα πρέπει ακόμη να αναφερθεί ότι η διαδικασία εξέλιξης του μηχανήματος περιελάμβανε την τροποποίηση ορισμένων μερών του μετά τα πρώτα πειράματα. Έτσι ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στον επανασχεδιασμό των καλυμμάτων που περιέβαλαν το στροφέιο για την καλύτερη διευθέτηση του ρεύματος αέρα που δημιουργούνταν από την περιστροφή του. Αυτό έγινε για την ομαλότερη και αποδοτικότερη μεταφορά του αποσπασμένου άνθους από το φυτό στο δοχείο προσωρινής αποθήκευσης. Επίσης στο εν λόγω δοχείο έγινε εγκατάσταση ανοιγόμενης οροφής για την απελευθέρωση πριν του αδειάσματος του, των εγκλωβισμένων εντόμων (κυρίως μελισσών) για την ασφάλεια

του χειριστή. Επανασχεδιασμός χρειάστηκε και στον τρόπο αυξομείωσης της αλυσίδας μετάδοσης της κίνησης από το διαφορικό στις τελικές μεταδόσεις, με την προσθήκη ενδιάμεσων ανεξάρτητων μεταλλικών τροχών για την ευκολότερη αυξομείωση του ύψους εργασίας του μηχανήματος. Με τις παραπάνω τροποποιήσεις επιτεύχθηκε η συγκομιδή σε άριστο βαθμό όπως προκύπτει από τα δεδομένα του σχήματος 6 αλλά και των σχημάτων 8 και 9 όπου φαίνεται τόσο το μεγάλο ποσοστό συγκομισθέντων ανθέων (Σχήμα 8) όσο και η καθαρότητα του συγκομισθέντος προϊόντος (Σχήμα 9).



Σχήμα 8. Φυτά μετά τη συλλογή του άνθους



Σχήμα 9. Συγκομιζόμενο προϊόν μετά το άδειασμα του δοχείου προσωρινής αποθήκευσης

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στην παρούσα εργασία μπορεί να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα :

1. Η μέθοδος της απόσπασης που έχει χρησιμοποιηθεί για την συγκομιδή δημητριακών μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την συγκομιδή της λεβάντας.
2. Τα διαφορετικά φυσικά χαρακτηριστικά του φυτού της λεβάντας σε σχέση με αυτά των δημητριακών όπως το σιτάρι και το κριθάρι δεν ήταν εμπόδιο στην εφαρμογή της μεθόδου με επιτυχία.
3. Το μηχάνημα που σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε λειτούργησε άριστα στην περίοδο δοκιμών με πολύ καλά αποτελέσματα.
4. Από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα της συγκομιδής είναι η ταχύτητα κίνησης του μηχανήματος και η ταχύτητα περιστροφής του στροφέιου. Τα καλύτερα αποτελέσματα (96.7% αποσπασμένα άνθη) πάρθηκαν με ταχύτητα περιστροφής του στροφέιου 360 r.p.m και ταχύτητα κίνησης 0.058 m/s (0.21 km/h).
5. Η χρήση της τεχνικής της απόσπασης για τις συγκεκριμένες διαστάσεις του μηχανήματος δεν λειτούργησε ικανοποιητικά για νεαρά φυτά στο 1^ο και 2^ο έτος ανάπτυξης τους.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Dimitriadis C.I., 2005. PhD Thesis. *The design of an improved efficiency lavender harvester*. Cranfield University, Silsoe, UK.
2. Hobson, N.R.; Price, J.S.; Tuck, C.R.; Neale M.A. and Hale, O.D. 1988. Evaluation and development of the grain stripping header system-1986. Divisional Note 1443, *AFRC Institute of Engineering Research*, p 56-58
3. Klinner, W.E.; Neal M.A.; Arnold R.E.; Geike A.A. and Hobson, N.R. 1986. Development and first evaluations of an experimental grain stripping header for combine harvesters. Divisional Note 1315, *National Institute of Agricultural Research*, p 1-3
4. Klinner, W.E.; Neale M.A.; Geike A.A. and Hobson, N.R. 1986. Feasibility assessments of an in-situ grain and seed stripping mechanism. Divisional Note 1316, *National Institute of Agricultural Research*, p 1-6
5. Klinner, W.E.; Neal M.A.; Arnold R.E.; Geike A.A. and Hobson, N.R. 1986. Development and first evaluations of an experimental grain stripping header for combine harvesters. Divisional Note 1315, *National Institute of Agricultural Research*, p 25-27 (for rotor diamentions)
6. Klinner, W.E.; Neale M.A.; Geike A.A. and Hobson, N.R. 1986. Feasibility assessments of an in-situ grain and seed stripping mechanism. Divisional Note 1316, *National Institute of Agricultural Research*, p 11-19
7. Morris, J.R. 1990. Mechanized production, harvesting, and handling systems have been developed to meet increasing consumer demands for fruits and vegetables. *Food technology*, 44 (2): 97-101
8. Murphy, M.C. 1996. *Report on farming in the Easter countries*. Cambridge University Press: Cambridge, UK
9. Pahl, B. & Beitz, W. 1996. *Engineering design: a systematic approach*. 2nd ed. London. Springer
10. Stripper harvesting, 1994. The application of stripper harvesting technology worldwide. *Silsoe Research Institute*, p 1-22
11. Venskutonis, P.R.; Dapkevicius, A. and Baranauskiene, M. 1997. Composition of the essential oil of Lavender (*Lavandula angustifolia* mill) from Lithuania. *Journal of essential oil research*, 9(1): 107-110
12. Witney, B.D. 1988. *Choosing and Using Farm Machines*. Longman: Essex, UK
13. Wondu, 2000. <http://www.rirdc.gov.au/pub/essentoi.html>

(164)

ΒΑΘΜΟΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΟΠΗΣ ΠΕΡΙΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΕΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΧΟΡΤΟΥ

**Χ.Κ. Κοτσακιώτη¹, Δ.Δ. Μπόχτης¹, Ι.Α. Σπανομήτρος¹,
Ι.Γ. Αμπατζίδης¹ και Κ.Α. Τσατσαρέλης¹**

¹Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Γεωπονική Σχολή, Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Τ.Κ. 54124 Θυρίδα 275 Θεσσαλονίκη.
e-mail:agcharis@agro.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αγροτεμάχιο του Αγροκτήματος του Α.Π.Θ. με καλλιέργεια μηδικής πραγματοποιήθηκαν οι εργασίες κοπής, ανάδευσης, δεματοποίησης και φόρτωσης των δεμάτων. Οι εργασίες καταγράφηκαν μέσω συστήματος GPS. Με ανάλυση των δεδομένων της καταγραφής υπολογίστηκαν οι ενεργοί και νεκροί χρόνοι με σκοπό τη διερεύνηση του βαθμού απόδοσης των μηχανημάτων στον αγρό. Ο βαθμός απόδοσης αριθμού μεταχειρίσεων και επαναλήψεων αυτών, κυμάνθηκε από 50,3% έως 85,3% για την κοπή, 84,5% έως 86,75% για την ανάδευση, ενώ για τη δεματοποίηση και τη φόρτωση είναι 87,8% και 86,9% αντίστοιχα. Οι τιμές που προέκυψαν αντιπροσωπεύουν τις εργασίες αυτές, στις επικρατούσες ελληνικές συνθήκες εκμηχάνισης.

FIELD EFFICIENCY FOR GRASS CUTTING-RATING AND BALING OPERATIONS

**C.C. Kotsakioti, D.D. Bochtis, Y.A. Spanomitros, Y.G. Ampatzidis
and C.A. Tsatsarelis**

¹ Aristotle University of Thessaloniki, Sch. of Agriculture, Department of Agriculture Engineering, 54124, Thessaloniki. e-mail:agcharis@agro.auth.gr

ABSTRACT

Operations of grass cutting, rating and baling were performed in an experimental field located at the farm of the Aristotle University of Thessaloniki. A high accuracy GPS system was used for the recording of the geo-referenced operation data. The effective time, as well as the time loses regarding the machine performance were resulted from the evaluation of this data. The field efficiency of a number of different operations and their repetitions was: for the cutting operation in the range of 50.3-85.3%, for the rating 84.5-86.75%, while for the baling was 87.8% and for the uploading 86.9%.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια, η χρήση σύγχρονων συστημάτων καταγραφής δεδομένων έχει δώσει μεγάλη ώθηση στη μελέτη της απόδοσης των γεωργικών μηχανημάτων κατά την εκτέλεση της εργασίας τους στον αγρό.

Παραδοσιακά οι μελέτες για την απόδοση των γεωργικών μηχανημάτων στον αγρό, απαιτούσαν τη χρήση χρονομέτρων και την καταγραφή των παρατηρήσεων σε πίνακες [1], [2]. Οι καταγραφές αυτές ήταν επίπονες, χρονοβόρες και επιπλέον απαιτούσαν την παρουσία του ερευνητή κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των εργασιών [3].

Η χρήση των συστημάτων GPS για την καταγραφή των εργασιών γεωργικών μηχανημάτων, εκτός της ευκολίας που παρέχει, δίνει δεδομένα υψηλής ακρίβειας που μπορούν να επεξεργαστούν με ανάπτυξη ειδικών λογισμικών και να αξιολογηθούν χρησιμοποιούμενες πρακτικές εργασίας ή νέες προτεινόμενες μέθοδοι [4], [5], [6], [7], [8].

Η μελέτες αυτές είναι εξαιρετικά χρήσιμες στην περίπτωση που η εργασία την οποία εκτελεί η μηχανή αποτελεί μέρος μιας διαδικασίας παραγωγής διαδοχικών χρονικά εργασιών. Η συγκομιδή χορτοδοτικών φυτών ανήκει σε αυτό το είδος διαδικασιών [9].

Στην παρούσα εργασία μελετάται ο βαθμός απόδοσης (β.α.) μηχανημάτων που συμμετέχουν στη διαδικασία συγκομιδής χόρτου (μηδικής). Συγκεκριμένα ερευνώνται οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τον βαθμό απόδοσης των μηχανημάτων στον αγρό,

οι οποίοι είναι: α) το ενεργό πλάτος του κάθε μηχανήματος, β) ο διαθέσιμος χώρος για ελιγμούς των μηχανημάτων στα κεφαλάρια, γ) τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αγρού, ζ) η ταχύτητα μετακίνησης των μηχανημάτων, η) ο χρόνος για τις ρυθμίσεις και τις τυχόν εμπλοκές των μηχανημάτων και θ) ο προσωπικός χρόνος του χειριστή.

Οι πειραματικές εργασίες πραγματοποιήθηκαν σε έκταση 28,8 στρεμμάτων καλλιέργειας μηδικής του αγροκτήματος της Γεωπονικής σχολής του Α.Π.Θ. Η έκταση αυτή χωρίστηκε σε επιμέρους τμήματα, ώστε να πραγματοποιηθεί σειρά επαναλήψεων των επιμέρους εργασιών που αφορούν στην κοπή και στην περιποίηση χόρτου. Οι τροχιές των μηχανημάτων κατά τη διάρκεια της εργασίας τους, καταγράφηκαν με τη χρήση συστήματος GPS υψηλής ακρίβειας.

Η επεξεργασία των δεδομένων αφορά στον προσδιορισμό των ενεργών και των νεκρών χρόνων του κάθε μηχανήματος καθώς και στην προέλευση των τελευταίων. Στόχος είναι ο προσδιορισμός του βαθμού απόδοσης της κάθε επιμέρους εργασίας, η μεταξύ τους αλληλεπίδραση και η ποιοτική ανάλυση των χρονικών απωλειών, στην προοπτική της βελτίωσης του βαθμού απόδοσης του συνολικού συστήματος.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι πειραματικές εργασίες πραγματοποιήθηκαν σε αγροτεμάχιο του Αγροκτήματος του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης τον Οκτώβριο και Νοέμβριο του 2006.

Για την υλοποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν:

1. Το σύστημα AgGPS 106 Smart Antenna της εταιρείας Trimble, ακρίβειας κάτω του ενός μέτρου.
2. Ηλεκτρονικά χρονόμετρα χειρός, για τον παραδοσιακό τρόπο καταγραφής των ενεργών και των νεκρών χρόνων.
3. Αγροτεμάχιο, συνολικής έκτασης 28,8 στρεμμάτων (120m x 240m) στο οποίο ήταν εγκατεστημένη καλλιέργεια μηδικής και το οποίο χωρίστηκε σε δύο επιμέρους όμοια τμήματα 60m x 240m το κάθε ένα, ώστε να πραγματοποιηθούν οι δύο επαναλήψεις των εργασιών της κοπής. Κάθε ένα από αυτά τα τμήματα χωρίστηκε σε επιμέρους πειραματικά τεμάχια ανάλογα με την εργασία κάθε φορά (Σχήμα 1).

4. Γεωργικός ελκυστήρας Ford 66.40 ισχύος 66Ps.
5. Ο χειριστής του ελκυστήρα. Ένα άτομο επάνω στο γεωργικό ελκυστήρα για τον έλεγχο της καταγραφής των δεδομένων και δύο άτομα στον αγρό για τη λήψη και καταγραφή των χρόνων. Κατά τη φόρτωση των δεμάτων χρειάστηκαν δύο επιπλέον εργάτες.
6. Θεριστική μηχανή με περιστρεφόμενους δίσκους GS ROTOR 4 της GRIBALDI & SALVIA με ενεργό πλάτος κοπής 1,60 m.
7. Αναδευτήρας με 4 τροχούς και μακριά δόντια συνολικής διαμέτρου 1,2 m, για την ανάδευση του χόρτου και τη συνένωση των γραμμικών σωρών ή σειρών.
8. Μηχανή δεματοποίησης του χόρτου της New Holland για μικρά ορθογωνικά δέματα.
9. Ειδικό μηχανήμα για την παραλαβή των δεμάτων από το χωράφι και τη φόρτωσή τους πάνω στην πλατφόρμα.
10. Πλατφόρμες για τη φόρτωση των δεμάτων και τη μεταφορά τους προς αποθήκευση.

Το GPS συνδέθηκε με H/Y, εγκαταστάθηκε στον γεωργικό ελκυστήρα (Γ.Ε.) που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα και κατέγραψε την πορεία του Γ.Ε. καθ' όλη τη διάρκεια των εργασιών. Τα δεδομένα αυτά παραλαμβάνονταν σε αρχεία με μοίρες δηλ. γεωγραφικές συντεταγμένες των γωνιών ϕ (γεωγραφικό πλάτος) και λ (γεωγραφικό μήκος) στο σύστημα WGS 84 (World Geodetic System). Τα αρχεία αυτά μετέπειτα μετατράπηκαν, με μετασχηματισμούς ανώτερης γεωδαισίας, σε ορθογώνιες καρτεσιανές συντεταγμένες στο σύστημα ΕΓΣΑ 87 (Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς), με τιμές χ και ψ σε μέτρα, με δυνατή πλέον την επεξεργασία τους. Ταυτόχρονα λαμβάνονταν επί τόπου μετρήσεις των ενεργών και νεκρών χρόνων, με τα χρονόμετρα, ώστε να υπάρχουν όλα τα δεδομένα για τον υπολογισμό και τη μελέτη του βαθμού απόδοσης των διαφόρων εργασιών και επεμβάσεων και με τους δύο τρόπους.

Ως βαθμός απόδοσης των μηχανημάτων θεωρείται ο λόγος της πραγματικής προς τη θεωρητική παραγωγικότητα (ή απόδοση) του μηχανήματος στον αγρό [10], [11]:

$$E_f = \frac{C_E}{C_T} \cdot 100\%$$

όπου: E_f = βαθμός απόδοσης των μηχανημάτων στον αγρό

.. C_E , C_T = η πραγματική και θεωρητική παραγωγικότητα αντίστοιχα.

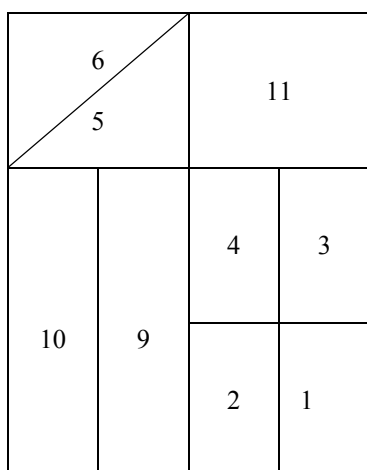
Ο βαθμός απόδοσης του μηχανήματος στον αγρό στην ουσία συγκρίνει το χρόνο που χρησιμοποιείται το μηχανήμα, σε σχέση με το συνολικό χρόνο που αυτό βρίσκεται στον αγρό [12].

Ως μεταχειρίσεις του πειράματος θεωρήθηκαν παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό απόδοσης των μηχανημάτων. Σκοπός του πειράματος ήταν η διερεύνηση της επίπτωσης των παραγόντων αυτών στο βαθμό απόδοσης της κάθε εργασίας, για τα ελληνικά δεδομένα.

Οι εργασίες με τη χρονική σειρά που πραγματοποιήθηκαν και αναλύονται παρακάτω είναι οι εξής: α) κοπή της μηδικής, β) ανάδευση και συνένωση γραμμικών σωρών, γ) δεματοποίηση και δ) φόρτωση δεμάτων.

2.1. Κοπή μηδικής

Το κάθε αγροτεμάχιο διαιρέθηκε, ομοίως, σε δύο επιμέρους τμήματα- 60m x 240m το καθένα, ώστε να πραγματοποιηθούν οι παρακάτω μεταχειρίσεις του πειράματος όπως φαίνεται στο σχήμα 1.



1. Μάρτυρας (15m x 80m)
2. Μείωση ενεργού πλάτους κοπής (επικάλυψη) (15m x 80m)
3. Μεγαλύτερο χώρος ελιγμών στο κεφαλάρι (15m x 80m)
4. Ρύθμιση στο χωράφι (15m x 80m) - Ασυνήθιστος θόρυβος από το μηχάνημα ανάγκασε τον χειριστή να σταματήσει για να διευθετήσει το πρόβλημα.
5. Τριγωνικό σχήμα χωραφιού (30m x 80m)
6. Προσωπικός χρόνος χειριστή (σε τρίγωνο 30m x 80m) - Είναι χρόνος ανεξάρτητος με την εργασία, απαιτεί διακοπή της εργασίας και αφορά στην κάλυψη προσωπικών αναγκών του χειριστή.
7. Άπειρος χειριστής (σε τρίγωνο) (30m x 80m)
8. Έμπειρος χειριστής (σε τρίγωνο) (30m x 80m)
9. Διπλάσιο μήκος διαδρομής (15m x 160m)
10. Μεγαλύτερη ταχύτητα (4^η αργό) (15m x 160m)
11. Διπλάσιο πλάτος χωραφιού (30m x 80m)
12. Τραπεζίο σχήμα χωραφιού (1 & 5) (45m x 15m)
13. Τραπεζίο σχήμα χωραφιού (μεγαλύτερες παράλληλες πλευρές) (11 & 5) (60m x 30m)

Σχήμα 1. Σχεδιασμός και διαίρεση αγροτεμαχίου (60m x 240m) σε επιμέρους πειραματικά τεμάχια.

2.2 Περιποίηση χόρτου

Μετά την κοπή ακολούθησε περιποίηση του χόρτου. Συγκεκριμένα, η εργασία της ανάδευσης, με σκοπό την ομοιόμορφη ξήρανσή του και η συνένωση γραμμικών σωρών όπου το χόρτο δεν ήταν ικανοποιητικής ποσότητας ώστε να είναι δυνατή η μετέπειτα παραλαβή του από τη μηχανή δεματοποίησης.

Για την ανάδευση η συνολική έκταση με το κομμένο πλέον χόρτο χωρίστηκε σε τέσσερα ίσα πειραματικά τεμάχια 30m x 240m το κάθε ένα και πραγματοποιήθηκαν δύο επεμβάσεις με δύο επαναλήψεις. Μελετήθηκε η ταχύτητα μετακίνησης πέραν της ενδεδειγμένης, αλλάζοντας τη σχέση μετάδοσης στο κιβώτιο ταχυτήτων του ελκυστήρα:

1. 2^α γρήγορο
2. 3^η γρήγορο

Η ενδεδειγμένη σχέση μετάδοσης ήταν η 3^η αργό (ταχύτητα 8 Km/h).

2.3. Δεματοποίηση

Ακολούθησε η δεματοποίηση του χόρτου σε δέματα ορθογωνικής διατομής. Μετρήθηκε ο βαθμός απόδοσης της μηχανής σε δύο επαναλήψεις, σε δύο πειραματικά τεμάχια 60m x 240m το καθένα.

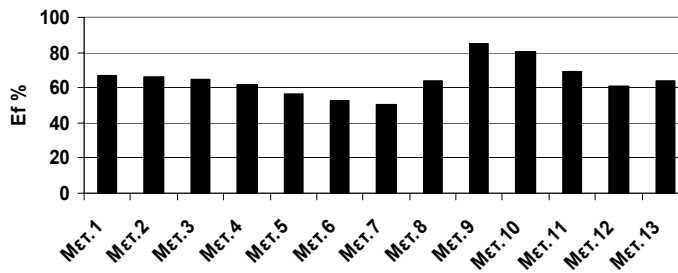
2.4. Συλλογή και Φόρτωση

Τελευταία έγινε η συλλογή και φόρτωση των δεμάτων σε πλατφόρμα από έκταση 60m x 240m. Δεν υπήρξε επανάληψη.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. Κοπή μηδικής

Μετά από επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων του πειράματος για την κοπή της μηδικής με δύο επαναλήψεις, οι μεταχειρίσεις επηρέασαν το βαθμό απόδοσης του μηχανήματος όπως εμφανίζεται στο Σχήμα 2 και στον Πίνακα 1 αντίστοιχα:



Σχήμα 2. Μέσες τιμές βαθμών απόδοσης των μεταχειρίσεων κοπής, με Ε.Σ.Δ. για $\alpha=0,05$ είναι 8,8.

Πίνακας 1. Μέσες τιμές βαθμών απόδοσης των μεταχειρίσεων κοπής.

Μετ.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ef %	66,9	66,4	65	61,5	56,5	53	50,3	63,8	85,3	80,3	69	60,8	63,8

Παρατηρούμε ότι από τη μεταχείριση 1, που αποτελεί το μάρτυρα, έως και τη μεταχείριση 7, η μεταβολή των παραγόντων επηρέασε αρνητικά το βαθμό απόδοσης με μία συνεχή φθίνουσα πορεία. Αρχίζοντας από τη μείωση του ενεργού πλάτους κοπής (Μετ. 2), ακολούθησε η αύξηση του χώρου για ελιγμούς στα κεφαλάρια (Μετ. 3). Η μείωση του β.α. στη μεταχείριση 3 συνέβη διότι η αύξηση του χώρου αυτού (μία κοπή επιπλέον για κάθε κεφαλάρι), έγινε εις βάρος των κύριων διαδρομών οι οποίες μειώθηκαν κατά 4% με αποτέλεσμα ο βαθμός απόδοσης (Μετ.3) να μειωθεί κατά 2% σε σχέση με το μάρτυρα.

Στην Μετ.4 μειώθηκε επίσης ο β.α. διότι η ρύθμιση -η οποία έγινε εν στάσει- συνυπολογίζεται στο νεκρό χρόνο.

Στις Μετ.5 και Μετ.6 η αλλαγή του σχήματος του τεμαχίου σε τρίγωνο, μείωσε ακόμη περισσότερο το β.α., εξαιτίας της δυσκολίας πραγματοποίησης της εργασίας στο σχήμα αυτό. Με δυσχερέστερη την Μετ.6 λόγω του ότι αυξήθηκε ο νεκρός χρόνος επιπλέον από τη στάση του χειριστή. Η απειρία του χειριστή σε παρόμοια κατάσταση (Μετ.7) σε συνδυασμό με το τριγωνικό τεμάχιο, παρουσίασε το χαμηλότερο β.α.

Μεταξύ των μεταχειρίσεων 7 και 8 παρατηρούμε μία σημαντική αύξηση στο β.α. Αυτό οφείλεται στη θετική επίδραση της εμπειρίας του χειριστή που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου για τους ελιγμούς του γεωργικού ελκυστήρα.

Στη μεταχείριση 9, διατηρώντας σταθερό το πλάτος και διπλασιάζοντας το μήκος του χωραφιού, έχουμε τον υψηλότερο β.α. Αυτό συμβαίνει γιατί αυξήθηκαν οι ενεργοί χρόνοι ενώ παρέμειναν σταθεροί οι νεκροί, σε σχέση με το μάρτυρα [12].

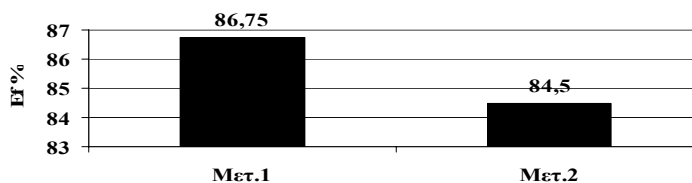
Στη Μετ.10 αυξήθηκε η ταχύτητα μετακίνησης σε σχέση με την Μετ.9 και προκάλεσε μείωση του β.α. Αυτό προκύπτει γιατί με την αύξηση της ταχύτητας μειώνεται ο χρόνος των κύριων διαδρομών του μηχανήματος, με αποτέλεσμα τη μείωση του ενεργού χρόνου.

Στη Μετ.11 έχουμε ίδιο εμβαδόν επιφάνειας με την Μετ.9, με τη διαφορά ότι διπλασιάστηκε το πλάτος του τεμαχίου και όχι το μήκος. Η μείωση του β.α. προήλθε από την αύξηση των νεκρών διαδρομών στα κεφαλάρια. Επίσης στη Μετ.11 παρατηρήθηκε μια μικρή αύξηση του β.α. σε σχέση με το μάρτυρα, διότι το μεγαλύτερο πλάτος του τεμαχίου δημιούργησε στον χειριστή επιπλέον άνεση για τους ελιγμούς στα κεφαλάρια.

Στη Μετ.12 άλλαξε το σχήμα του τεμαχίου από ορθογώνιο παραλληλόγραμμο σε τραπέζιο. Η αλλαγή αυτή προκάλεσε μείωση του β.α. σε σχέση με την Μετ.11. Από τη μεταχείριση 12 στην 13, όπου το σχήμα και των δύο τεμαχίων είναι τραπέζιο, παρατηρήθηκε αύξηση στο β.α. Αυτό συμβαίνει διότι στη Μετ.13 το τρίγωνο τμήμα του τεμαχίου το οποίο επιβαρύνει το συνολικό β.α., αποτελεί το 33,3% της συνολικής έκτασης, ενώ στη Μετ.12 το 50% αυτής.

3.2 Περιποίηση χόρτου

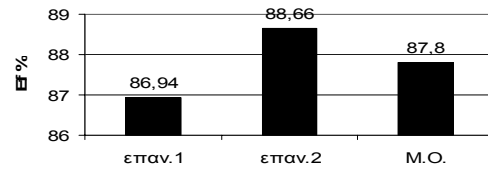
Στην ανάδευση του χόρτου, σύμφωνα με το γράφημα (Σχήμα 3), η αύξηση της ταχύτητας μετακίνησης στη Μετ.2 σε σχέση με την Μετ.1, προκάλεσε μείωση στο β.α., λόγω μείωσης του ενεργού χρόνου. Στην πράξη δε, παρατηρήθηκε ότι στην πρώτη περίπτωση με χαμηλή ταχύτητα δεν είχαμε καλή ποιότητα ανάδευσης (άφηνε χόρτο), ενώ στη δεύτερη με τη μεγαλύτερη ταχύτητα, κολλούσε χόρτο στα δόντια του αναδευτήρα.



Σχήμα 3. Μέσες τιμές βαθμών απόδοσης των μεταχειρίσεων περιποίησης χόρτου.

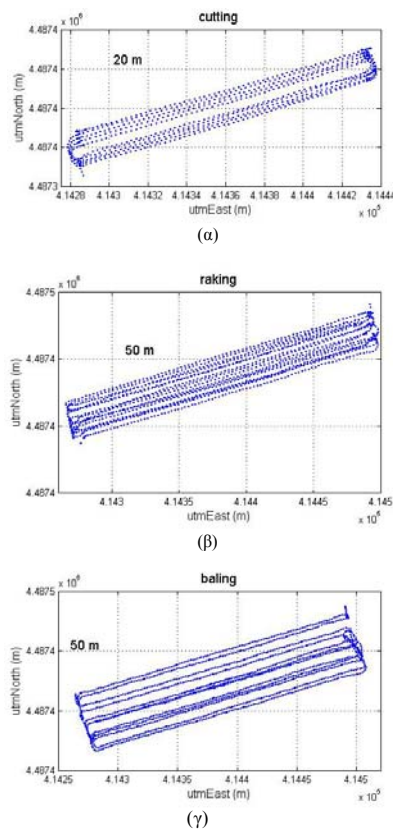
3.3. Δεματοποίηση

Στη δεματοποίηση του χόρτου -σε μικρά δέματα ορθογωνικής διατομής- παρατηρείται ότι ο μέσος όρος των δύο επαναλήψεων, έδωσε βαθμό απόδοσης του μηχανήματος 87,8% (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Βαθμός απόδοσης των επαναλήψεων της δεματοποίησης.

Ενδεικτικά παρατίθενται καταγραφές, μέσω του συστήματος GPS, της πορείας του Γ.Ε., κατά τη διάρκεια επεμβάσεων: κοπή (μεταχείριση 10) (σχήμα 5α), ανάδευση (μεταχείριση 2) (σχήμα 5β) και δεματοποίηση (σχήμα 5γ) (1^η επανάληψη).



Σχήμα 5. Καταγεγραμμένη πορεία του Γ.Ε. μέσω GPS κατά την εργασία μεμονομένων πειραματικών τεμαχίων, στην: α) κοπή, β) περιποίηση-ανάδευση και γ) δεματοποίηση.

3.4. Συλλογή και Φόρτωση

Η φόρτωση έγινε σε πλατφόρμα η οποία συνδέθηκε στο γεωργικό ελκυστήρα, ενώ πλευρικά αυτού προσαρμόστηκε μηχανήμα παραλαβής των δεμάτων. Τα δέματα παραλαμβάνονταν από το μηχανήμα και ανυψώνονταν προς την πλατφόρμα όπου υπήρχαν δύο εργάτες για την παραλαβή και τακτοποίηση των δεμάτων σε αυτή. Στη

φόρτωση ο βαθμός απόδοσης της εργασίας -σε επιφάνεια διαστάσεων 60m x 240m- υπολογίστηκε στο 86,9% ενώ συμπεριλαμβάνοντας στους υπολογισμούς και το χρόνο για την επιστροφή του γεωργικού ελκυστήρα στο υπόστεγο ο β.α. μειώθηκε στο 82,2%.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Κατά την εργασία της κοπής της μηδικής, ο βαθμός απόδοσης επηρεάζεται θετικά όταν αυξάνει το μήκος της κυρίας διαδρομής σε ένα ορθογώνιο κανονικό σχήμα χωραφιού, ενώ μειώνεται με αλλαγή του σχήματος ιδιαίτερα σε τρίγωνο.
- Η εμπειρία του χειριστή είναι πολύ σημαντική στην τελική διαμόρφωση του βαθμού απόδοσης.
- Στην ανάδευση του χόρτου η μείωση της ταχύτητας πέραν της ενδεδειγμένης, αυξάνει το βαθμό απόδοσης αλλά μειώνει την ποιότητα εργασίας. Ενώ η αύξηση της ταχύτητας μειώνει το βαθμό απόδοσης. Στις δύο αυτές περιπτώσεις ο βαθμός απόδοσης μεταβλήθηκε κατά 2,25%.
- Στη δεματοποίηση και φόρτωση των δεμάτων υπολογίστηκε βαθμός απόδοσης 87,8% και 86,9% αντίστοιχα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Renoll, E. S. 1972. Concept for predicting capacity of row; crop machines. *Transactions of ASAE* 15(5): 1025-1030.
2. Renoll, E. S. 1981. Predicting machine field capacity for specific field and operating conditions. *Transactions of the ASAE* 24(1): 45-47.
3. Grisso, R.D., Jasa, P.J. and Rolofson, S. 2002. Analysis of traffic patterns and yield monitor data for field efficiency determination. *Applied Eng. Agric.* 18(2): 171-178.
4. Benson, E.R., Hansen, A.C., Reid, J.F., Warman, B.L. and Brand, M.A. 2002. Development of an in-field grain handling simulation in ARENA. ASAE Paper 02-3104. St. Joseph, MI. 18pp.
5. Hansen, A.C., Benson, E.R., Reid, J.F. and Hornbaker, R.H. 2002. Evaluation and use of an in-field grain handling simulation. ASAE Paper 02-3105. St. Joseph, MI. 9 pp.
6. Bochtis, D., Vougioukas, S. and Tsatsarelis, C. 2004. "A Vehicle Routing Problem Formulation of Agricultural Field Operations Planning for Self-Propelled Machines". XVI CIGR Word Congress, Bonn Germany. Abstract in Book of Abstracts, p. 301-302, full paper on CD 6 pp.
7. Hansen, A.C., Hornbaker, R.H. and Zhang, Q. 2003. Monitoring and analysis of in-field grain handling operations. In: *Proceedings of the International Conference on Crop Harvesting*, Louisville, Kentucky USA. ASEA Publication No 701P1103e.
8. Reid, J.F., Zhang, Q., Noguchi, N. and Dickson, M. 2000. Agricultural automatic guidance Research in North America. *Computers and Electronics in Agriculture*, 25, 155-167.
9. Τσατσαρέλης, Κ.Α. 2003. Συγκομιδή γεωργικών προϊόντων. Εκδόσεις: Γιαχούδη. Θεσσαλονίκη.
10. ASAE. 2004. ASAE Standard EP 496. Agricultural machinery management. St. Joseph, Mich.: ASAE.
11. Hunt, D. 1995. Farm Power and Machinery Management, 9th Ed. Ames, Iowa: Iowa State University Press.
12. Τσατσαρέλης, Κ.Α. 1995. Διαχείριση γεωργικών μηχανημάτων. Θεσσαλονίκη.

(169)

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΩΝ ΚΥΡΙΑΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ

**Α.Γ. Ντιρογιάννης¹, Ι.Γ. Αμπατζίδης, Δ.Δ. Μπόχτης, Ι.Α.
Σπανομήτρος και Κ.Α. Τσατσαρέλης**

¹Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Γεωπονική Σχολή, Εργαστήριο Γεωργικής
Μηχανολογίας, 54124 Θεσσαλονίκη, Email: thdirog@agro.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι ο υπολογισμός του βαθμού απόδοσης, σε διάφορα συστήματα κύριας κατεργασίας του εδάφους, με τη μεταβολή καλλιεργητικών και μηχανικών παραγόντων. Μελετήθηκαν δύο συστήματα κατεργασίας: το παλινδρομικό και το περιφερειακό σύστημα με τελική διαγώνια άροση. Στο πρώτο σύστημα η κατεργασία πραγματοποιήθηκε με απλό τετράφυλλο άροτρο, με τρίφυλλο αναστρεφόμενο άροτρο και με δισκάροτρο με τρεις δίσκους. Το δεύτερο σύστημα κατεργασίας πραγματοποιήθηκε με τη χρήση απλού τετράφυλλου αρότρου. Σε όλες τις διεργασίες μετρήθηκαν οι παθητικοί και ενεργοί χρόνοι, και υπολογίστηκε ο βαθμός απόδοσης των γεωργικών μηχανημάτων.

EVALUATION OF MACHINERY EFFICIENCY FOR TILLAGE SYSTEMS

**A.G. Ntirogiannis¹, Y.G. Ampatzidis, D.D. Bochtis, I.A. Spanomitros
and C.A. Tsatsarelis**

¹Aristotle University of Thessaloniki, Department of Agricultural Engineering, 54124
Thessaloniki, Greece. E-mail: thdirog@agro.auth.gr

ABSTRACT

The objective of this paper is the evaluation of the influence of cultivation and mechanical factors on field efficiency. Particularly, two field work patterns were studied, the alternation and the peripheral with corner diagonal. At the first pattern the operation was performed using a non-reversible four-bottom moldboard plow, a reversible three bottom moldboard plow and a three bottom disc plow. The second pattern was performed using a non-reversible four-bottom plow. For all operations the time that the machine was effectively operated and the total time the machine was committed to operation was recorded, in order to determine the field efficiency.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κύρια κατεργασία του εδάφους αποτελεί μία από τις σπουδαιότερες καλλιεργητικές εργασίες αφού προετοιμάζει το έδαφος για τη σπορά. Επομένως, είναι απαραίτητη η σωστή διαχείριση του μεγάλου αριθμού γεωργικών μηχανημάτων που χρησιμοποιείται για την εκτέλεση της. Σωστή διαχείριση σημαίνει υψηλός βαθμός απόδοσης.

Ο βαθμός απόδοσης συγκρίνει το χρόνο που το μηχάνημα βρίσκεται στον αγρό για να εκτελέσει την εργασία σε σχέση με το συνολικό χρόνο που βρίσκεται στο χωράφι. Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό απόδοσης είναι οι εξής [1, 2]: α) η θεωρητική παραγωγικότητα, β) η ευελιξία των μηχανημάτων [3], γ) τα συστήματα εκτέλεσης των εργασιών [4], δ) το σχήμα του αγρού, ε) το μέγεθος του αγρού, στ) οι εδαφοκλιματικές συνθήκες, ζ) η βλάστηση, η) η συναρμογή των μηχανημάτων, θ) οι ρυθμίσεις και οι εμπλοκές των μηχανημάτων, ι) ο χειριστής κ.ά.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να υπολογιστούν οι παθητικοί και οι ενεργοί χρόνοι καθώς και ο βαθμός απόδοσης των γεωργικών μηχανημάτων, μεταβάλλοντας καλλιεργητικούς και μηχανικούς παράγοντες και χρησιμοποιώντας διαφορετικά συστήματα άρωσης, κατά την εκτέλεση της κύριας κατεργασίας του εδάφους. Τα μηχανήματα που εξετάστηκαν ήταν το απλό τετράννο άροτρο, το αναστρεφόμενο άροτρο και το δισκάροτρο. Τα συστήματα κατεργασίας που μελετήθηκαν είναι το παλινδρομικό σε “σποριές” για το απλής αναστροφής και άμεσης στροφής στο αναστρεφόμενο και το περιφερειακό σύστημα με τελική διαγώνια άρωση. Κατά τη διάρκεια κάθε κατεργασίας μεταβλήθηκαν παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό απόδοσης όπως: ο διαθέσιμος χώρος για τους ελιγμούς του ελκυστήρα στα κεφαλάρια, τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του αγροτεμαχίου, οι εδαφοκλιματικές συνθήκες, η ταχύτητα μετακίνησης του ελκυστήρα, το μέγεθος του αγρού και οι πιθανές εμπλοκές του ελκυστήρα.

Παρατηρήθηκε ότι κάποιοι από τους παραπάνω παράγοντες, όπως ο διαθέσιμος χώρος για τους ελιγμούς του ελκυστήρα στα κεφαλάρια, η ταχύτητα μετακίνησης του, το σύστημα κατεργασίας του εδάφους καθώς και οι εδαφοκλιματικές συνθήκες επηρεάζουν περισσότερο τις νεκρές διαδρομές (νεκροί χρόνοι) και άρα το βαθμό απόδοσης. Επομένως, απαιτούν περισσότερη διερεύνηση με στόχο τη βελτίωση του βαθμού απόδοσης των μηχανημάτων.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα συστήματα εκτέλεσης των εργασιών στο χωράφι ταξινομούνται ανάλογα με τον τρόπο που θα κινηθούν τα μηχανήματα και θα εκτελέσουν τους ελιγμούς στις στροφές [1]: α) Στα κυκλικά, όπου το μηχάνημα ξεκινά από την περιφέρεια του αγρού ή από το κέντρο και κινείται συνεχώς παράλληλα προς κάθε πλευρά του, κάνοντας ελιγμό γωνίας όταν αλλάζει πλευρά του αγρού και β) Στα παλινδρομικά, όπου το μηχάνημα κινείται παράλληλα προς μια πλευρά του αγρού, συνήθως τη μεγαλύτερη, κάνει αναστροφή στο άκρο και συνεχίζει προς την αντίθετη πλευρά. Βέβαια υπάρχουν και πολλές παραλλαγές αυτών των συστημάτων.

Για τη διεξαγωγή του συγκεκριμένου πειράματος επιλέχθηκαν τρία διαφορετικά είδη αρότρου: α) ένα απλό τετράννο άροτρο με πλάτος κατεργασίας 1,30m, β) ένα αναστρεφόμενο άροτρο με τρία υνία και πλάτος κατεργασίας 1,10m και γ) ένα δισκάροτρο με τρεις δίσκους και πλάτος κατεργασίας 1m. Ο ελκυστήρας που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου STAYER με εξακύλινδρο πετρελαιοκινητήρα, μέγιστης ισχύς 81 kW ή 110 PS στις 2300 στροφές ανά λεπτό.

Τα συστήματα κατεργασίας που μελετήθηκαν είναι: α) το παλινδρομικό και β) το περιφερειακό σύστημα με τελική διαγώνια άροση. Το παλινδρομικό σύστημα άροσης εξετάστηκε με τη χρήση και των παραπάνω τριών ειδών αρότρου (το απλό υνάροτρο, το αναστρεφόμενο υνάροτρο και το δισκάροτρο), ενώ αντίθετα το δεύτερο σύστημα μελετήθηκε μόνο με τη χρησιμοποίηση του απλού τετράννου αρότρου κυρίως γιατί το σύστημα αυτό δεν εφαρμόζεται στην Ελλάδα. Κάθε κατεργασία επαναλήφθηκε δύο φορές για τη λήψη ακριβέστερων αποτελεσμάτων. Κατά τη διάρκεια κάθε κατεργασίας μεταβλήθηκαν παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό απόδοσης όπως: η ταχύτητα μετακίνησης του ελκυστήρα, το μέγεθος του αγροτεμαχίου και το ποσοστό των φυτικών υπολειμμάτων (πιθανές εμπλοκές του μηχανήματος). Επίσης μελετήθηκαν και οι ελιγμοί του ελκυστήρα στα κεφαλάρια ανάλογα με το διαθέσιμο χώρο και εξετάστηκε η επίδραση τους στην αύξηση των νεκρών χρόνων.

Καταγράφηκαν οι νεκροί και ενεργοί χρόνοι με την βοήθεια ηλεκτρονικού χρονομέτρου. Επίσης, πορεία του γεωργικού ελκυστήρα καθώς και οι χρόνοι καταγράφηκαν και μελετήθηκαν με τη χρήση ενός διαφορικού GPS λόγω της υψηλής ακρίβειας των δεδομένων και της δυνατότητας επεξεργασίας τους, με ανάπτυξη ειδικών λογισμικών [5, 6, 7]. Τα δεδομένα που συλλέχτηκαν από το GPS αποθηκεύτηκαν σε φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή, ο οποίος ενσωματώθηκε στον ελκυστήρα, δια μέσου σειριακής θήρας.

Οι βαθμοί απόδοσης των παραπάνω συστημάτων υπολογίστηκαν διαιρώντας τους ενεργούς χρόνους κατά τη διάρκεια τέλεσης της κάθε κατεργασίας προς τους ενεργούς και τους παθητικούς χρόνους στην ίδια κατεργασία.

3. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

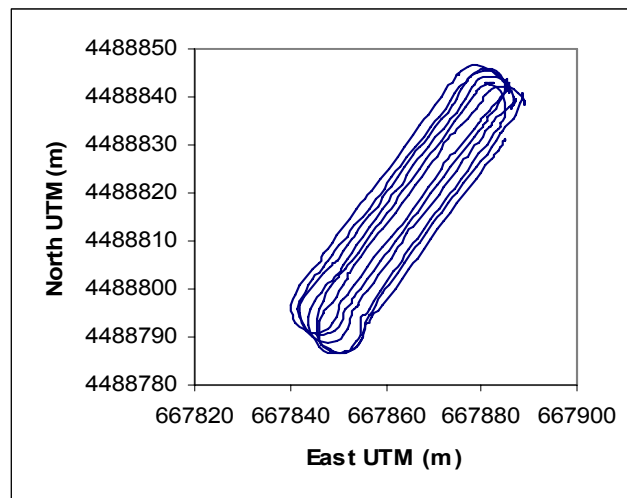
Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε έκταση του αγροκτήματος της Γεωπονικής Σχολής του Α.Π.Θ. Τα αγροτεμάχια χωρίστηκαν σε τμήματα με όμοιες διαστάσεις, ώστε η σύγκριση να είναι εφικτή.

Στη μια πλευρά του χωραφιού υπήρχε δρόμος και στη συνέχεια καλλιέργεια σιταριού με αποτέλεσμα να υπάρχει συγκεκριμένος χώρος για την κίνηση του ελκυστήρα στα κεφαλάρια. Στην απέναντι πλευρά του χωραφιού δεν υπήρχε κανένα εμπόδιο για την κίνηση του ελκυστήρα. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα στη μία πλευρά του χωραφιού, όπου ο διαθέσιμος χώρος για περιστροφή του ελκυστήρα ήταν μικρός, οι ελιγμοί του ελκυστήρα να έχουν διαφορετικό σχήμα από τους αντίστοιχους στην πλευρά με το μεγάλο διαθέσιμο χώρο. Το GPS κατέγραψε ακριβώς τις διαστάσεις του κάθε αγροτεμαχίου, σε κάθε πείραμα, αλλά και τον χρόνο της κάθε διαδρομής.

Εφαρμόστηκε και μελετήθηκε το σύστημα άροσης κατά ορθογώνια με τη χρήση απλού τετράννου αρότρου, με αναστρεφόμενο τρίννο άροτρο και με ένα δισκάροτρο με τρεις δίσκους. Σε κάθε κατεργασία μεταβλήθηκε η ταχύτητα του ελκυστήρα, η οποία επηρεάζει την απόδοση του μηχανήματος και επιπλέον υπολογίστηκε ο βαθμός απόδοσης σε κατεργασία αγροτεμαχίου με πολλά φυτικά υπολείμματα, η ύπαρξη των οποίων αυξάνει τις πιθανές εμπλοκές του μηχανήματος. Επίσης, στην κατεργασία με το δισκάροτρο υπολογίστηκε ο βαθμός απόδοσης σε αγροτεμάχιο με διαφοροποίηση και των εδαφοκλιματικών συνθηκών. Τέλος μελετήθηκε και το περιφερειακό σύστημα με τελική διαγώνια άροση με τη χρήση του απλού υναρότρου, όπου μεταβλήθηκε η ταχύτητα κατεργασίας αλλά και το μέγεθος του αγροτεμαχίου. Σε κάθε κατεργασία πραγματοποιήθηκαν δυο επαναλήψεις και συγκρίθηκαν οι βαθμοί απόδοσης. Παρακάτω περιγράφονται και αναλύονται τα παραπάνω πειράματα.

3.1 Παλινδρομικό σύστημα άροσης κατά ορθογώνια με χρήση απλού τετράνunu αρότρου

Η κατεργασία με το τετράνunu άροτρο εφαρμόστηκε σε αγροτεμάχια με μήκος 50m και πλάτος 17m. Το πειραματικό σχέδιο περιελάμβανε δύο επαναλήψεις. Σε κάθε επανάληψη εκτελέστηκαν δώδεκα (12) διαδρομές. Ο ελκυστήρας ξεκίνησε από την πρώτη διαδρομή, συνέχισε στην έβδομη, μετά στην δεύτερη και την όγδοη κ.ο.κ. (Σχήμα 1). Η κατεργασία του χωραφιού έγινε με τον ελκυστήρα να κινείται με τη δεύτερη αργή ταχύτητα (3 Km/h), η οποία όμως δεν ήταν σταθερή. Ο βαθμός απόδοσης στην πρώτη επανάληψη ήταν 66% και στη δεύτερη 64%. Ακολούθησε κατεργασία του χωραφιού με τον ελκυστήρα να κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα δηλαδή με τρίτη αργή (3,8 Km/h), όπου ο βαθμός απόδοσης ήταν στην πρώτη επανάληψη 60% και στη δεύτερη 57%. Τέλος πραγματοποιήθηκε κατεργασία σε αγροτεμάχιο με πολλά φυτικά υπολείμματα, στο οποίο παρατηρήθηκαν σταδιακές εμπλοκές του ελκυστήρα λόγω κακών συνθηκών λειτουργίας του μηχανήματος (μπούκωμα του αρότρου εξαιτίας της ύπαρξης πολλών ζιζανίων στο έδαφος αλλά και των υπολειμμάτων από προηγούμενη καλλιέργεια). Ο βαθμός απόδοσης υπολογίστηκε στο 61% όταν ο ελκυστήρας κινήθηκε με την μικρή ταχύτητα και 54% με τη δεύτερη ταχύτητα (μεγαλύτερη). Ο ελκυστήρας πραγματοποίησε δυο τύπους ελιγμών στα κεφαλάρια. Στην πλευρά του χωραφιού που δεν υπήρχε διαθέσιμος χώρος, κινήθηκε με ελιγμό ανάστροφης επιστροφής, ενώ στην άλλη πλευρά πραγματοποίησε ελιγμό επιστροφής τύπου βρόχου. Ο μέσος χρόνος και για τους δύο ελιγμούς ήταν ίδιος και κυμάνθηκε στα 18-19 δευτερόλεπτα.



Σχήμα 1: Πορεία του ελκυστήρα κατά την διάρκεια της κατεργασίας με το απλό υνάροτρο με το σύστημα άροσης κατά ορθογώνια.

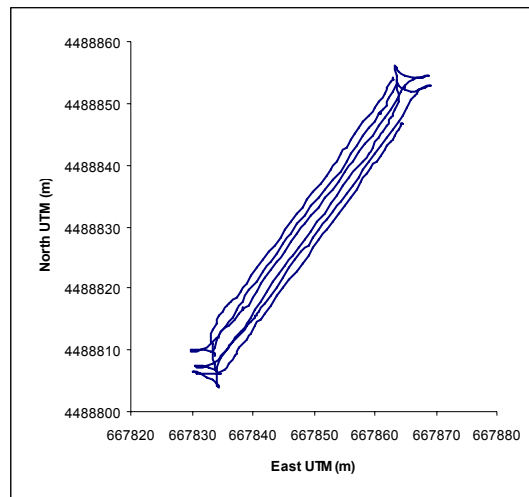
3.2 Όργωμα με αναστρεφόμενο άροτρο

Η κατεργασία με το αναστρεφόμενο άροτρο εφαρμόστηκε σε αγροτεμάχια με μήκος 50m και πλάτος 7m. Με το σύστημα αυτό πραγματοποιήθηκαν έξι (6) διαδρομές σε κάθε κατεργασία. Η διαδρομή που ακολούθησε ο ελκυστήρας ήταν διαφορετική σε σχέση με αυτή με το απλό άροτρο, αφού μετά την πρώτη διαδρομή ακολούθησε η δεύτερη μετά η τρίτη κ.ο.κ, μέχρι την έκτη (Σχήμα 2). Στο πρώτο πειραματικό σχέδιο ο ελκυστήρας εργάστηκε με τη δεύτερη αργή ταχύτητα. Το πείραμα αυτό επαναλήφθηκε δύο φορές. Ο βαθμός απόδοσης την πρώτη φορά ήταν 55% και τη δεύτερη 52%. Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκαν άλλες δύο επαναλήψεις, σε αγροτεμάχιο με τις ίδιες

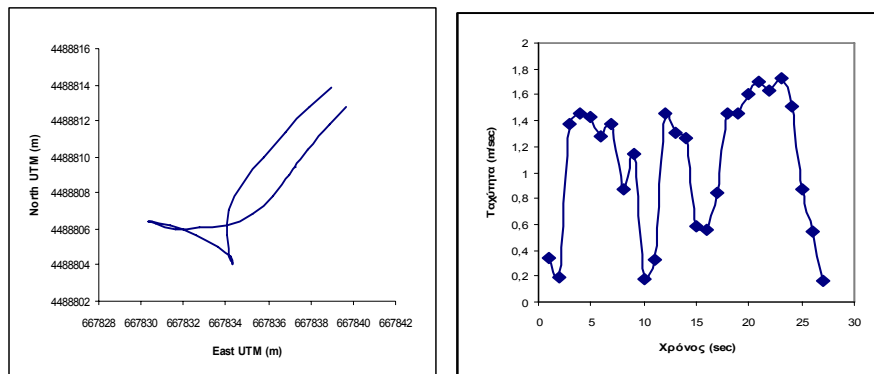
διαστάσεις με το προηγούμενο πειραματικό σχέδιο, με τον ελκυστήρα να εργάζεται με μεγαλύτερη ταχύτητα, τρίτη αργή, και τον βαθμό απόδοσης να κυμαίνεται στο 55% στην πρώτη επανάληψη και 56% στη δεύτερη. Τέλος πραγματοποιήθηκε κατεργασία σε αγροτεμάχιο με πολλά φυτικά υπολείμματα, πάλι με δύο επαναλήψεις, στο οποίο παρατηρήθηκε μπούκωμα του αρότρου εξαιτίας της ύπαρξης πολλών υπολειμμάτων από προηγούμενη καλλιέργεια. Ο βαθμός απόδοσης μειώθηκε στο 51,5% όταν ο ελκυστήρας κινήθηκε με την μικρή ταχύτητα και 50% με τη δεύτερη ταχύτητα (μεγαλύτερη). Επίσης πραγματοποιήθηκε κατεργασία σε αγροτεμάχιο με τις ίδιες διαστάσεις με τα προηγούμενα σε μία επανάληψη με την αργή ταχύτητα όπου παρατηρήθηκαν αυξημένοι παθητικοί χρόνοι εξαιτίας προβλήματος που παρουσιάστηκε στην αναστροφή του αρότρου που οφείλονταν στο υδραυλικό σύστημα. Ο βαθμός απόδοσης ήταν ακόμη μικρότερος (48%).

Ο ελιγμός στα κεφαλάρια που πραγματοποίησε ο ελκυστήρας ήταν ελιγμός τύπου ανάστροφης επιστροφής (Σχήμα 3, 4). Στο Σχήμα 3α παρουσιάζεται ο ελιγμός του ελκυστήρα κατά την διάρκεια στροφής στα κεφαλάρια, με το αναστρεφόμενο άροτρο, στην πλευρά του χωραφιού που υπήρχε διαθέσιμος χώρος και στο Σχήμα 3β η διακύμανση της ταχύτητας του ελκυστήρα κατά την διάρκεια του ελιγμού. Αντίστοιχα στο Σχήμα 4α, παρατηρείται πορεία του ελκυστήρα κατά την διάρκεια του ελιγμού στην πλευρά του χωραφιού που δεν υπήρχε διαθέσιμος χώρος και στο Σχήμα 4β η διακύμανση της ταχύτητά του κατά την διάρκεια του ελιγμού.

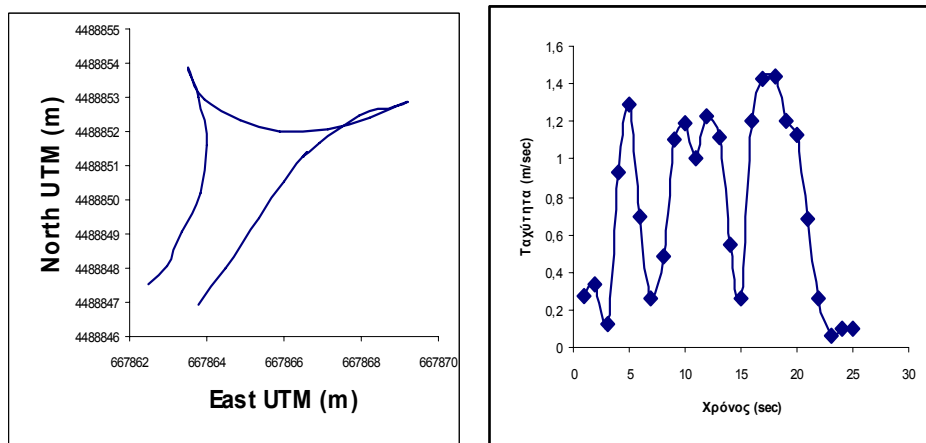
Ο μέσος χρόνος που έκανε ο ελκυστήρας κατά την διάρκεια των στροφών ήταν κατά 50% μεγαλύτερος από αυτόν με το απλό άροτρο και κυμάνθηκε στα 27-28 δευτερόλεπτα. Στην κατεργασία, στην οποία παρουσιάστηκε πρόβλημα με το σύστημα αναστροφής του αρότρου, ο μέσος χρόνος των ελιγμών στα κεφαλάρια ήταν 58-60 δευτερόλεπτα.



Σχήμα 2: Πορεία του ελκυστήρα κατά την κατεργασία με το αναστρεφόμενο άροτρο.



Σχήμα 3: α) Πορεία του ελκυστήρα κατά την διάρκεια του ελιγμού με το αναστρεφόμενο άροτρο στην πλευρά του χωραφιού που υπήρχε διαθέσιμος χώρος και β) διακύμανσης της ταχύτητας του ελκυστήρα κατά την διάρκεια του ελιγμού.



Σχήμα 4: α) Πορεία του ελκυστήρα κατά την διάρκεια του ελιγμού με το αναστρεφόμενο άροτρο στην πλευρά του χωραφιού που δεν υπήρχε διαθέσιμος χώρος και β) διακύμανσης της ταχύτητας του ελκυστήρα κατά την διάρκεια του ελιγμού.

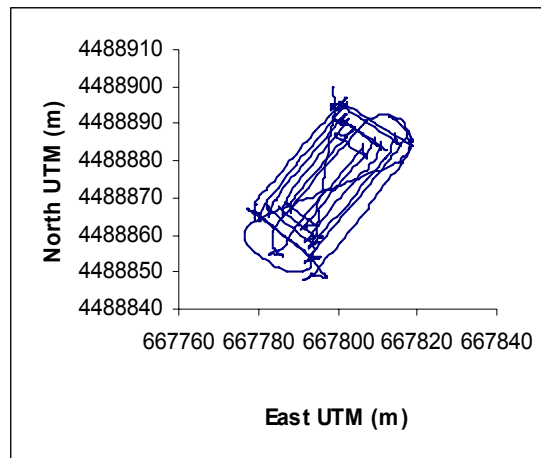
3.3. Σύστημα κατεργασία του εδάφους με δισκάροτρο.

Στη κατεργασία αυτή το μήκος του χωραφιού καθορίστηκε στα 50m και το πλάτος του στα 7m. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν ίδια με την κατεργασία με το αναστρεφόμενο άροτρο. Πραγματοποιήθηκαν έξι (6) διαδρομές σε κάθε επανάληψη και δύο επαναλήψεις. Ο ελκυστήρας κινήθηκε στην πρώτη διαδρομή ακολούθησε η τέταρτη, μετά στη δεύτερη και την πέμπτη κ.ο.κ. Ο βαθμός απόδοσης, όταν ο ελκυστήρας κινήθηκε με την δεύτερη αργή ταχύτητα κυμάνθηκε στην πρώτη επανάληψη στο 60% και 62% στη δεύτερη. Ακολούθησε κατεργασία του εδάφους με την τρίτη αργή ταχύτητα σε δύο επαναλήψεις. Ο βαθμός απόδοσης ήταν 59% και 60% αντίστοιχα. Ακολούθησε κατεργασία ενός αγροτεμαχίου, με δύο επαναλήψεις και για τις δύο διαφορετικές ταχύτητες κάθε φορά, με πολλά φυτικά υπολείμματα, ο βαθμός απόδοσης ήταν πάλι ο ίδιος [8, 9]. Κυμάνθηκε στο 60% και στις δύο επαναλήψεις. Αυτό οφείλεται στο ότι το δισκάροτρο δεν μπορούσε λόγω των πολλών φυτικών υπολειμμάτων. Πραγματοποιήθηκε επίσης κατεργασία του εδάφους, σε δύο επαναλήψεις, σε αγροτεμάχιο με μεγάλη εδαφική υγρασία λόγω «νεροκρατήματος» σε κάποια σημεία. Στην πρώτη επανάληψη ο ελκυστήρας κινήθηκε με την αργή ταχύτητα

και ο βαθμός απόδοσης ήταν 66%, ενώ στη δεύτερη επανάληψη με την μεγαλύτερη ταχύτητα ήταν 65%. Στις δύο τελευταίες επαναλήψεις είχαμε μεταβολή των εδαφοκλιματικών συνθηκών λόγω της υπερβολικής υγρασίας του εδάφους σε κάποια σημεία. Το γεγονός αυτό υποχρέωσε τον ελκυστήρα να κινείται με ακόμα μικρότερη ταχύτητα αλλά μεγαλύτερη ισχύ. Η μείωση της ταχύτητας επιφέρει αύξηση το βαθμού απόδοσης. Ο μέσος χρόνος για τους ελιγμούς του ελκυστήρα κυμάνθηκε στα ίδια επίπεδα με αυτόν του απλού αρότρου.

3.4 Περιφερειακό σύστημα με τελική διαγώνια άροση

Στο σύστημα αυτό το όργανο αρχίζει από την περιφέρεια προς το κέντρο. Το άροτρο ανασηκώνεται στη γωνία, διαγράφεται ελιγμός ανάστροφης γωνίας και τοποθετείται στην επόμενη πλευρά. Στο τέλος οργώνονται οι δύο διαγώνιες λωρίδες. Οι διαστάσεις του αγροτεμαχίου καθορίστηκαν σε 50m μήκος και 17m πλάτος και έτσι πραγματοποιήθηκαν 22 διαδρομές και δύο διαγώνιες (Σχήμα 5). Η ταχύτητα του ελκυστήρα ήταν η δεύτερη αργή, όμοια με αυτή στην κατεργασία με το παλινδρομικό σύστημα για να μπορούν να συγκριθούν τα αποτελέσματα. Ο βαθμός απόδοσης ήταν 52%. Τέλος ακολούθησε κατεργασία σε μεγαλύτερο αγροτεμάχιο, με την ίδια ταχύτητα μετακίνησης, διαστάσεων 100m μήκος και πλάτος 17m. Σε αυτό το αγροτεμάχιο πραγματοποιήθηκαν 20 διαδρομές και δύο διαγώνιες. Ο βαθμός απόδοσης αυξήθηκε στο 70%. Η διαφορά αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι μειώθηκαν οι διαδρομές, επομένως και ο αριθμός των στροφών. Έτσι το ποσοστό του χρόνου για παραγωγικό έργο αυξήθηκε σημαντικά. Επίσης πραγματοποιήθηκαν άλλες δύο επαναλήψεις με την ίδια ταχύτητα (2^η αργή) σε αγροτεμάχιο με πολλά φυτικά υπολείμματα και ο βαθμός απόδοσης υπολογίστηκε στο 48% στην πρώτη και 68% στη δεύτερη. Ο ελιγμός στα κεφαλάρια που πραγματοποιήσε ο ελκυστήρας ήταν ο ελιγμός ανάστροφης γωνίας.



Σχήμα 5: Πορεία του ελκυστήρα στην κατεργασία με το απλό άροτρο με το περιφερειακό σύστημα με τις δύο διαγώνιες με την δεύτερη αργή ταχύτητα στο αγροτεμάχιο με μήκος 50m.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα παραπάνω πειραματικά δεδομένα παρατηρούμε κάποιες μεταβολές στο βαθμό απόδοσης, όπως και ήταν αναμενόμενο. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώσαμε ότι με τη χρήση του τετράνουν αρότρου ο βαθμός απόδοσης ήταν μικρότερος στο περιφερειακό σύστημα κατεργασίας σε σχέση με το παλινδρομικό. Όσο αφορά τον

παράγοντα της ταχύτητας, η αύξησή της προκάλεσε μείωση στο βαθμό απόδοσης, όταν έγινε χρήση τετράννου αρότρου και δισκάροτρου στο παλινδρομικό σύστημα, αλλά με τη χρήση αναστρεφόμενου αρότρου σημειώθηκε μία μικρή αύξηση. Επίσης, η ευελιξία του ελκυστήρα στους ελιγμούς είναι ένας παράγοντας που τελικά επηρεάζει τον βαθμό απόδοσης, ο οποίος μειώνεται σημαντικά στην περίπτωση του αναστρεφόμενου αρότρου, λόγω του ελιγμού στα κεφαλάρια που επέλεξε ο χειριστής, ο οποίος δεν είναι ο αποδοτικότερος. Έτσι, σ' αυτή την περίπτωση σημαντικός είναι και ο ρόλος του χειριστή και μάλιστα η εμπειρία του. Επομένως, παρατηρήθηκε μείωση του βαθμού απόδοσης στην περίπτωση του αναστρεφόμενου σε σύγκριση με το απλής αναστροφής, αντίθετα με τα δεδομένα της βιβλιογραφίας, το οποίο όμως οφείλεται κυρίως στην εμπειρία του χειριστή με το συγκεκριμένο σύστημα κατεργασίας. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι το μέγεθος του χωραφιού αυξομειώνει το βαθμό απόδοσης, ο οποίος στο περιφερειακό σύστημα κατεργασίας αυξήθηκε με την αύξηση του μήκους του χωραφιού. Τέλος, οι εμπλοκές του ελκυστήρα, λόγω του μεγάλου όγκου των φυτικών υπολειμμάτων, μπορούν να προκαλέσουν κάποια μεταβολή στον βαθμό απόδοσης, που όπως δείχνουν τα αποτελέσματα της όλης διαδικασίας μπορεί να έχουμε μείωση γύρω στο 1% με 4% κατά μέση τιμή βαθμού απόδοσης.

Για τη σωστή διαχείριση πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ο βαθμός απόδοσης σε σχέση με την κατεργασιμότητα του εδάφους. Δηλαδή την κατάσταση του εδάφους που επιτρέπει την εργασία των μηχανημάτων χωρίς να υποβαθμίζεται η δομή του. Έτσι, κατά την κατεργασία του εδάφους με το δισκάροτρο, στα αγροτεμάχια με μεγάλη εδαφική υγρασία, ο βαθμός απόδοσης ήταν μεγαλύτερος από τους αντίστοιχους σε αγροτεμάχια με κανονικά ποσοστά υγρασίας (έδαφος στο ρόγο). Αυτό οφείλεται στη μείωση της ταχύτητας κατεργασίας του εδάφους στα αγροτεμάχια με τη μεγάλη εδαφική υγρασία. Η δομή όμως του χωραφιού υποβαθμίστηκε και το κόστος της εργασίας αυξήθηκε επειδή απαιτήθηκε μεγαλύτερη ισχύς έλξης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Τσατσαρέλης, Κ. 2006. Διαχείριση Γεωργικών Μηχανημάτων. Εκδ. Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.
2. Hunt, D. 2001. Farm Power and Machinery Management. 10th Ed. Ames, Iowa. Iowa State Press.
3. Bochtis, D., Vougioukas, S. and Tsatsarelis, C. 2006. A Vehicle Routing Problem Formulation of Agricultural Field Operations Planning for Self-Propelled Machines. XVI CIGR Word Congress, Bonn Germany. Full paper on CD 6 pp.
4. Χ. Καβαλάρης, Καραμούτης, Χ., Παπαθανασίου, Ι. Γέμτος, Θ.Α. 2003. Προοπτικές εξοικονόμησης ενέργειας κατά την εφαρμογή μειωμένης κατεργασίας του εδάφους στο σιτάρι. Πρακτικά 3^{ου} Παν. Συνεδρίου γεωργικής μηχανικής ΕΓΜΕ, 473-480.
5. Auernhammer, H. 1996. Global Positioning Systems in Agriculture. Special issue of *Computers and Electronics in Agric.*, 11.
6. Hansen, A.C., Hornbaker, R.H. and Zhang, Q. 2003. Monitoring and analysis of in-field grain handling operations. In: *Proceedings of the International Conference on Crop Harvesting*, Louisville, Kentucky USA. ASEA Publication No 701P1103e.
7. Reid, J.F., Zhang, Q., Noguchi, N. and Dickson, M. 2000. Agricultural automatic guidance Research in North America. *Computers and Electronics in Agriculture*, 25, 155-167.
8. Τσατσαρέλης, Κ. 2000. Αρχές Μηχανικής Κατεργασίας του Εδάφους και Σποράς. Εκδ. Γιαχούδη, Θεσσαλονίκη.
9. Hettiarachi, D.R.P., Alam, M.M. 1997. Calculation, validation and simulation of soil reactions on concave agricultural discs. *J. agric. Engng Res*, 68: 63-75.

(184)

ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΙ ΚΡΑΔΑΣΜΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΣΤΟ ΧΩΡΑΦΙ

**Θ.Α. Γέμτος, Σπ. Φουντάς, Χρ. Παπανικολάου, Ν. Νάνμος, Β.
Βλάχος**

Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου,
Ν. Ιωνία, 38446 Μαγνησία, Τηλ. 2421093228, e-mail: gemtos@agr.uth.g

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο θόρυβος και οι κραδασμοί που δέχεται ο χειριστής ενός γεωργικού μηχανήματος μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές βλάβες στην υγεία του. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται μια σειρά προκαταρκτικών μετρήσεων για την εκτίμηση του προβλήματος για τον Έλληνα αγρότη. Για τη μέτρηση του θορύβου χρησιμοποιήθηκαν όργανα με μικρόφωνο στο επίπεδο των αυτιών του χειριστή ενώ για τους κραδασμούς επιταχυνσιόμετρο τριών διαστάσεων τοποθετημένο στη θέση του χειριστή. Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε αγρούς της περιοχής Φαρσάλων με διάφορα μηχανήματα και σε διάφορες εργασίες συμπεριλαμβανομένων των κινήσεων σε αγροτικούς δρόμους. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε πολλές περιπτώσεις τόσο ο θόρυβος όσο και οι κραδασμοί υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια.

NOISE AND VIBRATION LEVELS DURING FIELD WORK OF FARM MACHINERY

**T.A. Gemtos, S. Foyntas, Chr. Papanikolaou, N. Nanmos, V.
Vlachos**

Laboratory of Farm Mechanisation, University of Thessaly, Fytoko Street, N. Ionia,
38446 Magnesia, Tel 2421093228, e-mail gemtos@agr.uth.gr

ABSTRACT

Noise and vibration levels undertaken by the farm machinery operators during field work can considerably damage their health. In the present paper a series of measurements are presented to estimate the conditions for the Greek farmer. For the measurements a microphone placed at the operators ears level was used for noise levels and a three dimensional accelerometer placed at the operator seat for the vibration levels. Measurements were taken in the area of Farsala with different machinery and under different field works including transportation in rural roads. The results showed that in many cases the recorded values were above the accepted levels of noise and vibrations for the human body.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο χειριστής γεωργικών μηχανημάτων εργάζεται σε ένα περιβάλλον που δεν είναι ιδιαίτερα υγιεινό. Κατά τη λειτουργία των ελκυστήρων στους αγρούς και κατά την κίνηση στους αγροτικούς δρόμους βρίσκεται συχνά σε περιβάλλοντα με πολύ σκόνη, θόρυβο, ακραίες θερμοκρασίες ενώ το σώμα του δέχεται κραδασμούς. Επί πλέον αντιμετωπίζει κινδύνους τραυματισμών και θανάτων από ανατροπές ή άλλα ατυχήματα. Παράλληλα ο αγρότης χειριστής γεωργικών μηχανημάτων καταπονεί τον οργανισμό του (κυρίως το μυοσκελετικό του σύστημα) από ανύψωση βαρών, κακή στάση κατά την εργασία, μεγάλους χρόνους εργασίας κλπ. Πολλές επιδημιολογικές μελέτες υποδεικνύουν σημαντικά μυοσκελετικά προβλήματα των αγροτών καθώς και προβλήματα μείωσης της ακοής [1,2]. Πολλές προσπάθειες έχουν γίνει τα τελευταία έτη για την ασφάλεια και την υγεία των αγροτών. Καμπίνες ασφαλείας και άλλοι μηχανισμοί προστατεύουν τους χειριστές ελκυστήρων από τραυματισμούς από ατυχήματα. Φίλτρα εισαγωγής του αέρα προστατεύουν από τη σκόνη και πολλές φορές από άλλες επικίνδυνες ουσίες, όπως τα φυτοφάρμακα. Οι νέες προδιαγραφές των γεωργικών ελκυστήρων σε συνδυασμό με μονωμένες καμπίνες ασφαλείας προστατεύουν από θορύβους και τις κλιματικές συνθήκες. Καθίσματα με διάφορες αναρτήσεις προστατεύουν από κραδασμούς ενώ αναρτήσεις στις καμπίνες προσπαθούν να μειώσουν τη μεταφορά κραδασμών στο χειριστή. Μια πρώτη διερεύνηση των επιπέδων θορύβου και κραδασμών στους γεωργικούς ελκυστήρες έγινε στο Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας το 2006 και αποτελούν αντικείμενο της παρούσας εργασίας.

Οι γεωργικοί ελκυστήρες εργάζονται συχνά σε βαριές εργασίες που απαιτούν λειτουργία των μηχανών τους σε πλήρεις στροφές και φορτίο. Οι εργαζόμενοι στη γεωργία χειριστές γεωργικών μηχανημάτων αντιμετωπίζουν σε πολλές περιπτώσεις υψηλούς θορύβους. Σήμερα είναι αποδεκτό ότι οι εργαζόμενοι μπορούν να υποστούν επίπεδα θορύβων για ορισμένο χρόνο πριν υποστούν ζημία στην ακοή τους. Τα επίπεδα αυτά και οι επιτρεπτοί χρόνοι έκθεσης φαίνονται στον Πίνακα 1.

Γενικά ο θόρυβος είναι η διαδοχή στο χώρο και το χρόνο κυμάτων πίεσης. Χαρακτηριστικά του θορύβου είναι η συχνότητα, η πίεση και η ενέργεια στο αυτί.

Πίνακας 1 Επιτρεπτή έκθεση στο θόρυβο [3]

Επιτρεπτή έκθεση στο θόρυβο Διάρκεια /ημέρα(Σε ώρες)	Επίπεδο θορύβου dBA
8	85
6	86,5
4	88
2	91
0.5	97

Η συχνότητα του θορύβου μετράται σε Hz και οι συχνότητες που μπορεί να πιάσει το ανθρώπινο αυτί κυμαίνονται από 2-20000 Hz. Η πίεση θορύβου δηλαδή ο βαθμός στον οποίο τμήματα του αέρα σε ένα σημείο του χώρου (τύμπανο αυτιού) πιέζονται και αποκλίνουν από την κανονική κατάστασή τους, μετράται σε N/m² ή σε Pa. Με τις συσκευές μέτρησης θορύβου χρησιμοποιείται η πίεση αναφοράς. Η ενέργεια θορύβου μετράται σε dB που είναι :

$$dB = 10 \log_{10} (P_{2meas} / 20 \mu Pa^2),$$

όπου P_{2meas} είναι η μετρούμενη πίεση θορύβου και

20 είναι η πίεση αναφοράς σε μPa^2 .

Οι κραδασμοί που δέχεται ο χειριστής ενός γεωργικού ελκυστήρα ή μηχανήματος επιδρούν σε σημεία του σώματος πχ στα χέρια ή σε όλο το σώμα. Υπάρχουν 7 κατηγορίες μετρήσεων κραδασμών σε ένα γεωργικό ελκυστήρα. . Αυτές είναι οι :

- HA : WM -κραδασμοί στο χέρι – βραχίονα ως προς ένα άξονα
- HA : LM - κραδασμοί στο χέρι – βραχίονα ως προς ένα άξονα με γραμμική καταγραφή από 8 ως 1000Hz
- HA : WT - κραδασμοί στο χέρι – βραχίονα ως προς τρεις άξονες με ISO
- HA : LT - κραδασμοί στο χέρι – βραχίονα ως προς τρεις άξονες με γραμμική καταγραφή από 8 ως 1000 Hz
- WB : WT – κραδασμοί σε όλο το σώμα ως προς τρεις άξονες με ISO 2631/1
- WB : LT - κραδασμοί σε όλο το σώμα ως προς τρεις άξονες από 1 ως 80 Hz
- WB : CW - κραδασμοί σε όλο το σώμα ως προς ένα άξονα με

Στην παρούσα εργασία μετρήθηκαν οι κραδασμοί όλου του σώματος με μέτρηση της επιτάχυνσης στην επιφάνεια επαφής σώματος καθίσματος σε τρεις διαστάσεις. Οι κραδασμοί είναι ταλαντώσεις που χαρακτηρίζονται από το εύρος και τη συχνότητά τους. Οι ταλαντώσεις στους ελκυστήρες έχουν συχνότητα 4-8 Hz στον κατακόρυφο άξονα και κάτω από 2 Hz στους οριζόντιους άξονες (κατά τη φορά και κάθετα προς τη κίνηση του γ.ε.) [4]. Η εκτίμηση της ισχύος των κραδασμών γίνεται με τη μέτρηση της επιτάχυνσης που δέχεται το σώμα κυρίως στην επιφάνεια επαφής με το κάθισμα. Το μέγεθος της επιτάχυνσης προκαλεί διάφορες αντιδράσεις του ανθρώπου όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.

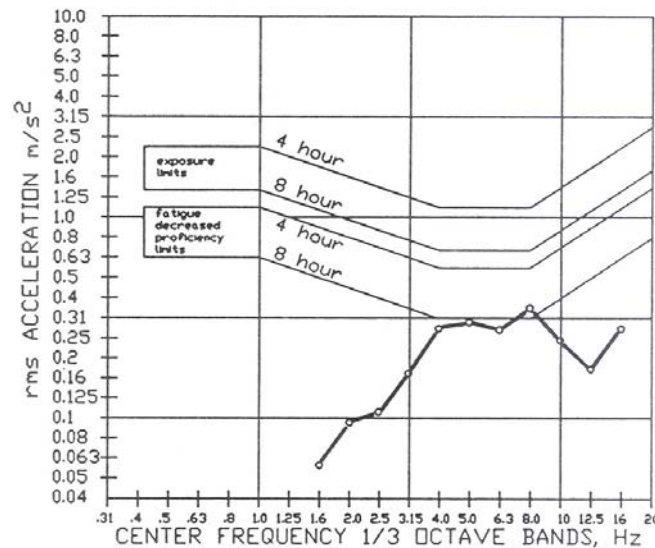
Πίνακας 2. Ποιοτικοί χαρακτηρισμοί του μεγέθους (επιτάχυνσης σε ms^{-2}) των κραδασμών [5]

Κλίμακα αντίδρασης	Τιμές επιτάχυνσης για συχνότητα 8 Hz
Καθόλου δυσάρεστα	0,25- 0,4
Λίγο δυσάρεστα	0.32 -0,63
Αρκετά δυσάρεστα	0,5 -1
Δυσάρεστα	0,8 -1,6
Πολύ δυσάρεστα	1,25- 2,5
Εξαιρετικά δυσάρεστα	2,0 -3,2

Στο διάγραμμα του Σχήματος 1 δίδεται ο χρόνος ανεκτής εργασίας για 4 και 8 ώρες κάτω από επίδραση επιταχύνσεων και για διάφορες συχνότητες κραδασμών.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για τη μέτρηση των θορύβων χρησιμοποιήθηκε ένα όργανο της Bruel and Kjaer. Το όργανο διέθετε μια σειρά modules για μετρήσεις. Ένα μικρόφωνο και μια βασική συσκευή που κατέγραφε το επίπεδο των θορύβων. Η ίδια βασική συσκευή χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των κραδασμών. Ο αισθητήρας αποτελούνταν από ένα επιταχυνσιόμετρο τριών διαστάσεων που ήταν τοποθετημένο σε μια λαστιχένια κατασκευή και τοποθετούνταν στο κάθισμα του χειριστή. Το όργανο κατέγραφε τα μετρούμενα μεγέθη που μπορούσαν στη συνέχεια να μεταφερθούν σε H/Y για επεξεργασία.



Σχήμα 1. Ανοχή του ανθρώπινου σώματος σε κραδασμούς. Επιτάχυνση σε σχέση με συχνότητα και ανεκτές ώρες έκθεσης [5].

Οι μετρήσεις έγιναν σε αγρούς της Θεσσαλίας σε γεωργικούς ελκυστήρες και σε μια θεριζοαλωνιστική κατά τη διάρκεια της εργασίας στους αγρούς. Για τη μέτρηση των θορύβων οι θύρες των ελκυστήρων ήταν άλλοτε κλειστές άλλοτε ανοιχτές. Για το θόρυβο καταγράφηκαν και αναλύθηκαν οι ακόλουθες μετρήσεις:

LEQ : Επίπεδο ισοδύναμου συνεχούς θορύβου (με το IEC 804)

MINL : Ελάχιστο επίπεδο RMS σε διάστημα 1 δευτερολέπτου από την αρχή της τρέχουσας μέτρησης

MAXL : Μέγιστο επίπεδο RMS από την αρχή της τρέχουσας μέτρησης

MAXP : Μέγιστο επίπεδο θορύβου από την αρχή της τρέχουσας μέτρησης

Στις μετρήσεις των κραδασμών διατηρήθηκαν οι ρυθμίσεις του καθίσματος όπως τις είχε ο χειριστής. Επομένως οι μετρήσεις που παρουσιάζονται είναι αυτές που αντιμετωπίζουν οι χειριστές στις καθημερινές εργασίες τους στους αγρούς και δείχνουν το κίνδυνο που διατρέχουν να υποστούν βλάβες στην υγεία τους.

Για τους κραδασμούς μετρήθηκαν και αναλύθηκαν τα ακόλουθα:

MAXP : μέγιστο επίπεδο αιχμής

MINL: ελάχιστο επίπεδο RMS

AEQ : επίπεδο ισοδύναμου συνεχούς κραδασμού (αντίστοιχο του Leq για θόρυβο)

MAXL : μέγιστο επίπεδο RMS

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα (Πίνακας 3) έδειξαν ότι σε πολλές περιπτώσεις ο θόρυβος ήταν μεγαλύτερος από τα επιτρεπόμενα όρια των 85 dBA. Λειτουργία σε ελαφρές εργασίες που δεν χρειάζονται όλη την ισχύ του ελκυστήρα προκαλεί μικρό επίπεδο θορύβων. Αντίθετα βαριές εργασίες αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις και κίνηση στους δρόμους έδωσαν υψηλό επίπεδο θορύβων. Η διατήρηση της πόρτας ανοιχτής, μια πρακτική που πολλές φορές χρησιμοποιείται από τους αγρότες αυξάνει ουσιαστικά το επίπεδο των θορύβων. Σημαντική συμβολή στο αυξημένο επίπεδο των θορύβων παρατηρήθηκε ότι είχαν τα εργαλεία ελεύθερα στην καμπίνα, όπου πολλές φορές διατηρούν οι αγρότες στην καμπίνα.

Πίνακας 3. Μέσος μέγιστος θόρυβος σε διάφορες γεωργικές εργασίες

Είδος εργασίας, Είδος καμπίνας	Στροφές κινητήρα ανά λεπτό	Θόρυβος MAX/LMEAN σε dBA
Όργανο, Ευρωπαϊκή καμπίνα K	2500	87,7
Όργανο, Ελληνική καμπίνα A	2200	98,1
Θερίζοαν/σμός, Ευρωπαϊκή καμπίνα K	2200	90,5
Κοπή τριφυλλιού, Ευρωπαϊκή καμπίνα K	1500	88,4
Σκαλιστήρι, Ελληνική καμπίνα A	1500	89,8
Ψεκάσμος, Ελληνική καμπίνα A	1500	89,7
Πορεία σε άσφαλτο, Ελληνική καμπίνα A	2200	104,5
Ντοματοσυλλογή, Χωρίς καμπίνα	2200	88,9
Αγροτικό αυτοκίνητο	3800	82,7
Απλό ΙΧ	6000	80,5

Όπου K = τελείως κλειστή καμπίνα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων

A = ανοιχτή καμπίνα κατά τη διάρκεια των μετρήσεων

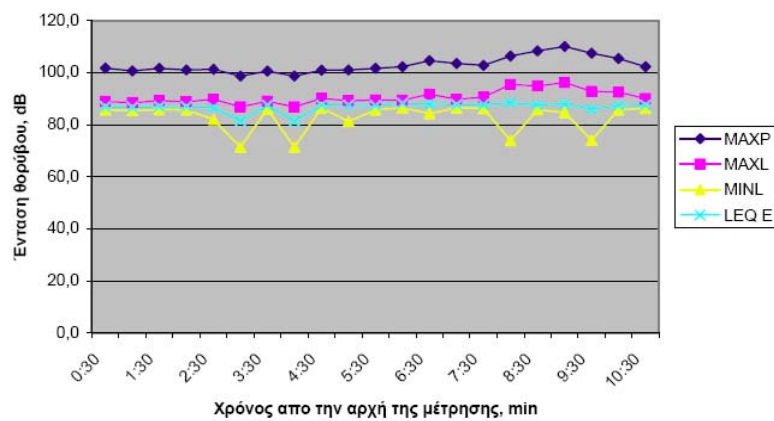
Είναι προφανές ότι σημαντικό ρόλο στο επίπεδο του θορύβου παίζει η ποιότητα κατασκευής της καμπίνας. Γενικά φαίνεται ότι υπάρχει πρόβλημα υψηλού θορύβου που θα πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα από τους αγρότες και τις οργανώσεις τους. Σημειώνεται ότι οι επιπτώσεις στους αγρότες είναι μακροχρόνιες καθώς οι έκθεση στο θόρυβο δρα αθροιστικά και πολλοί αγρότες είναι χειριστές μηχανημάτων από μικρή ηλικία μέχρι αρκετά μεγάλη. Συστηματικές μελέτες στο εξωτερικό έδειξαν ότι 25% των αγροτών παρουσιάζουν προβλήματα μειωμένης ακοής [1]. Στον Πίνακα 4 και στο Σχήμα 2 φαίνεται ένα δείγμα μετρήσεων θορύβου σε θεριζοαλωνιστική μηχανή. Ο θόρυβος είναι οριακά πάνω από τα 85 dBA και επομένως ο χειριστής πρέπει να εργάζεται λιγότερο από 8 ώρες κάτι που προφανώς δεν συμβαίνει.

Οι κραδασμοί ήταν γενικά χαμηλοί καθώς οι μετρήσεις έγιναν σε διάστημα που οι αγροί ήταν προετοιμασμένοι και ισοπεδωμένοι. Σε πολλές περιπτώσεις εμποδίων (βώλοι χώματος, πέτρες κλπ) η αναπήδηση προκάλεσε έντονους κραδασμούς. Συνέχιση των μετρήσεων θα δώσει σημαντικά στοιχεία για την επίδραση τη χρήσης των γεωργικών μηχανημάτων στην υγεία των αγροτών αλλά και τρόπους αντιμετώπισης και/ή πρόληψης των αρνητικών επιπτώσεων.

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 5 το εύρος των τιμών της επιτάχυνσης είναι γενικά μεγάλο. Η ελάχιστη τιμή είναι περισσότερο ενδεικτική των περισσότερων τιμών ενώ η μέγιστη είναι παρουσιάζει τοπικά μέγιστα που προφανώς οφείλονται σε τυχαία εμπόδια που προκαλούν αναπήδησεις του γεωργικού ελκυστήρα. Είναι χαρακτηριστικά τα διαγράμματα των μετρήσεως της Θ/Α (Πίνακας 6, Σχήμα 3, 4, 5) που οι περισσότερες τιμές είναι στα όρια των ανεκτών κραδασμών ενώ υπάρχει μια αντήδηση στην αρχή της μέτρησης (1~30 λεπτά μετά την έναρξη). Σε γενικές γραμμές οι τιμές είναι μάλλον χαμηλές και στα όρια της ανεκτής κατάστασης αλλά πάντα υπάρχουν σημεία αναπήδησης που δίνουν υψηλή ταλάντωση και ισχυρή δόνηση του χειριστή. Οι μετρήσεις που παρουσιάζονται και η εποχή που έγιναν καταγράφουν κινήσεις σε ομαλούς αγρούς. Πιστεύεται ότι μετρήσεις σε εποχές με ανώμαλα εδάφη και κίνηση σε αγροτικούς δρόμους θα δώσουν υψηλότερες τιμές.

Πίνακας 4. Μέτρηση θορύβου κατά τον Θεριζοαλωνισμό. Ευρωπαϊκή καμπίνα, κλειστή,

No	Date	Time	S - U	MAXP	MAXL	MINL	LEQ E	OVL	OVR	UNR	ELA.TIME
1	29/6/2006	11:05:06	FFA	101,7	88,9	85,7	86,9	0,00	0,00	0,00	0:30
2	29/6/2006	11:05:36	FFA	100,7	88,5	85,4	86,7	0,00	0,00	0,00	0:30
3	29/6/2006	11:06:06	FFA	101,6	89,2	85,8	87,0	0,00	0,00	0,00	0:30
4	29/6/2006	11:06:36	FFA	101,0	88,8	85,7	87,0	0,00	0,00	0,00	0:30
5	29/6/2006	11:07:06	FFA	101,3	89,7	82,0	86,5	0,00	0,00	0,00	0:30
6	29/6/2006	11:07:36	FFA	98,7	86,9	71,4	81,4	0,00	0,00	0,00	0:30
7	29/6/2006	11:08:06	FFA	100,6	89,0	86,1	87,5	0,00	0,00	0,00	0:30
8	29/6/2006	11:08:36	FFA	98,7	86,9	71,4	81,4	0,00	0,00	0,00	0:30
9	29/6/2006	11:09:06	FFA	100,9	90,1	86,5	87,5	0,00	0,00	0,00	0:30
10	29/6/2006	11:09:36	FFA	101,0	89,2	81,2	87,5	0,00	0,00	0,00	0:30
11	29/6/2006	11:10:06	FFA	101,6	89,5	85,7	87,3	0,00	0,00	0,00	0:30
12	29/6/2006	11:10:36	FFA	102,3	89,4	86,5	88,1	0,00	0,00	0,00	0:30
13	29/6/2006	11:11:06	FFA	104,6	91,7	84,3	87,9	0,00	0,00	0,00	0:30
14	29/6/2006	11:11:36	FFA	103,5	89,7	86,5	87,7	0,00	0,00	0,00	0:30
15	29/6/2006	11:12:06	FFA	102,8	90,5	86,2	87,7	0,00	0,00	0,00	0:30
16	29/6/2006	11:12:36	FFA	106,4	95,5	73,9	88,5	0,00	0,00	0,00	0:30
17	29/6/2006	11:13:06	FFA	108,4	94,8	85,8	87,6	0,00	0,00	0,00	0:30
18	29/6/2006	11:13:36	FFA	110,1	96,2	84,6	88,1	0,00	0,00	0,00	0:30
19	29/6/2006	11:14:06	FFA	107,5	92,8	74,1	86,0	0,00	0,00	0,00	0:30
20	29/6/2006	11:14:36	FFA	105,4	92,5	85,7	87,4	0,00	0,00	0,00	0:30
21	29/6/2006	11:15:06	FFA	102,3	90,0	86,3	87,5	0,00	0,00	0,00	0:30



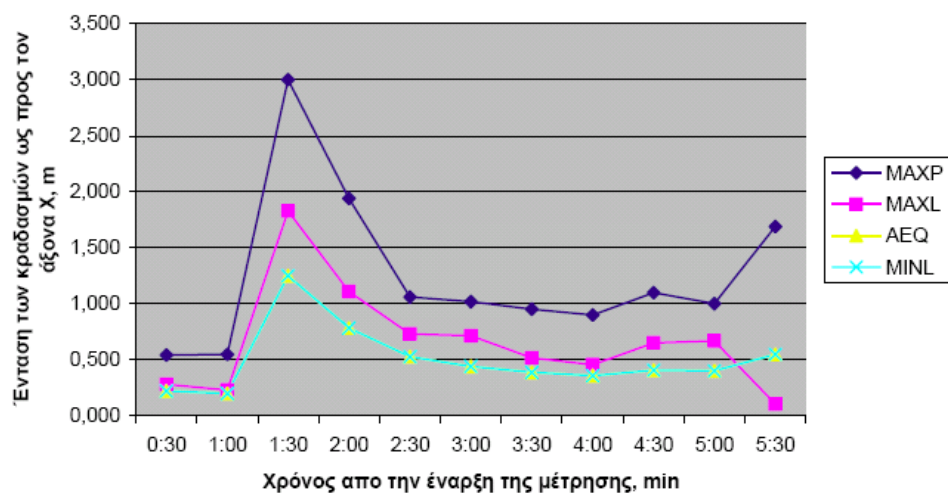
Σχήμα 2. Μετρήσεις θορύβου σε Θ/Α

Πίνακας 5. Ενδεικτικές τιμές επιτάχυνσης από καραδασμούς

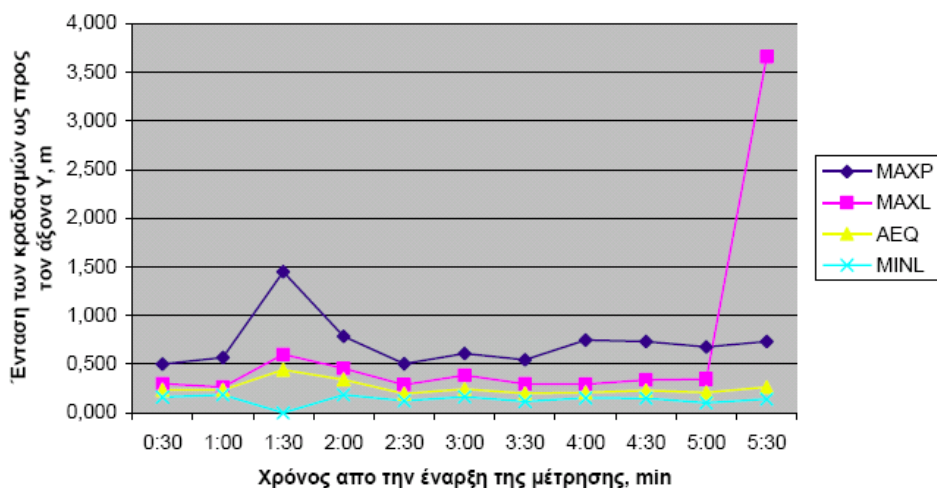
Εργασία	Μέριστο επίπεδο rms	Μέριστο επίπεδο rms	Μέριστο επίπεδο rms
	Κατακόρυφα	Οριχόντια κατά κίνηση	Οριζόντια κάθετα κίνηση
Άπλωμα σταλακτηφόρων	0,548-16,7	0,504-17,7	0,740-11,4
Θεριζοαλωνισμός	0,106-1,83	0,294-3,66	0,105-0,964
Σκαλιστήρι βαμβάκι (ελκ.)	0,410-14,4	0,346-17,3	0,600-11,100
Σκαλιστήρι βαμβάκι (κάθισμα σκαλιστήρι)	0,812-4,500	0,792-3,880	0,900-2,280
Κίνηση σε άσφαλτο	0,580-2,350	0,346-2,410	0,700-1,650
Γραμμική λίπανση βαμβάκι	0,358-1,070	0,278-1,060	0,420-1,610
;Οργωμα	0,868-25,10	0,568-17,300	1,420-17,500
Κοπή τριφυλλιού	0,416-1,260	0,318-0,832	0,444-1,220

Πίνακας 6. Μέτρηση κραδασμών στο κάθισμα του χειριστή κατά το Θεριζοαλωνισμό.

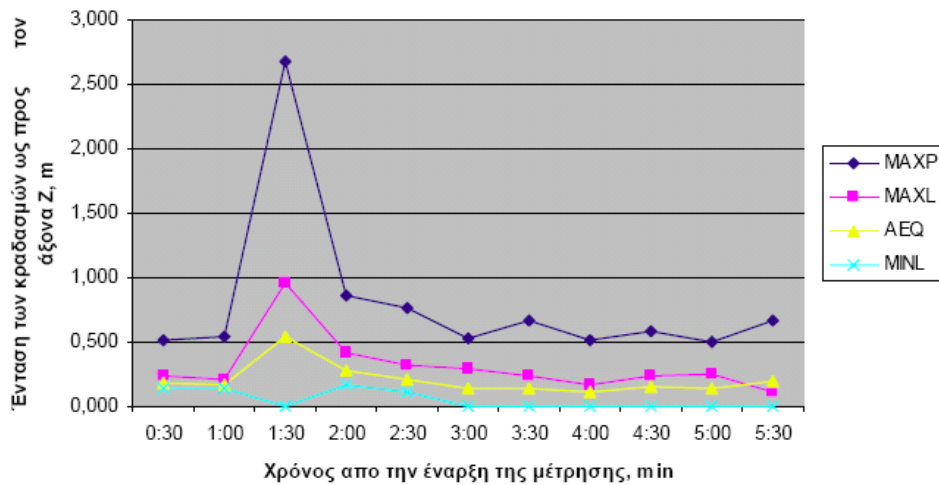
No	Time	Mode	MAXP			MAXL			AEQ			MINL			SUM	Duration
			X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z		
29	10:50:11	WB:LT	0,544	0,500	0,512	0,280	0,300	0,233	0,222	0,236	0,175	0,139	0,161	0,136	0,370	0:30
30	10:50:41	WB:LT	0,548	0,568	0,548	0,228	0,264	0,215	0,198	0,236	0,167	0,144	0,185	0,145	0,354	0:30
31	10:51:11	WB:LT	3,000	1,450	2,680	1,830	0,600	0,964	1,250	0,440	0,544	U	U	U	1,420	0:30
32	10:51:41	WB:LT	1,940	0,784	0,860	1,110	0,456	0,420	0,784	0,342	0,280	0,500	0,185	0,165	0,900	0:30
33	10:52:11	WB:LT	1,060	0,504	0,768	0,732	0,288	0,326	0,528	0,196	0,203	0,318	0,123	0,111	0,600	0:30
34	10:52:41	WB:LT	1,020	0,608	0,528	0,716	0,384	0,290	0,440	0,244	0,132	0,268	0,165	U	0,524	0:30
35	10:53:11	WB:LT	0,952	0,544	0,660	0,516	0,298	0,238	0,388	0,201	0,132	0,288	0,119	U	0,456	0:30
36	10:53:41	WB:LT	0,900	0,748	0,516	0,456	0,294	0,167	0,358	0,210	0,111	0,244	0,154	U	0,430	0:30
37	10:54:11	WB:LT	1,100	0,732	0,580	0,652	0,338	0,236	0,406	0,230	0,152	0,298	0,149	U	0,494	0:30
38	10:54:41	WB:LT	1,000	0,676	0,504	0,668	0,346	0,250	0,402	0,208	0,136	0,247	0,103	U	0,472	0:30
39	10:55:11	WB:LT	1,690	0,732	0,668	0,106	3,660	0,105	0,548	0,264	0,192	0,288	0,140	U	0,636	0:30



Σχήμα 3. Μέτρηση κραδασμών σε οριζόντιο επίπεδο κατά το θεριζοαλωνισμό



Σχήμα 4. Μέτρηση κραδασμών σε οριζόντιο επίπεδο κατά το θεριζοαλωνισμό



Σχήμα 5. Μέτρηση κραδασμών σε κατακόρυφο επίπεδο κατά το θεριζοαλωνισμό

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν μπορούμε να συμπεράνουμε ότι:

1. Σε πολλές περιπτώσεις ο θόρυβος ξεπερνά τα ανεκτά όρια και πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην ποιότητα των καμπίνων αλλά και στη διατήρηση των θυρών κλειστών κατά τη διάρκεια της εργασίας.
2. Σε περιπτώσεις ελκυστήρων χωρίς καμπίνες θα πρέπει να συστήνεται στους αγρότες η χρήση προστατευτικών στοιχείων στα αυτιά.
3. Οι κραδασμοί είναι γενικά χαμηλοί για τις κινήσεις μηχανημάτων που εξετάστηκαν αλλά υπάρχουν πάντα σημεία του χωροφίου με ιδιαίτερα υψηλούς κραδασμούς κάτι που γνωρίζουν όλοι οι χειριστές των γεωργικών μηχανημάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Wintetrs M. E. MacIntyre, C. Petrs, J. Thone, K. Teschke, H. Davies (2005). Noise and Hearing Loss in Farming.. Report prepared for Farm and Ranch Safety and Health Association, Langly, Brittish Columbia.
2. Balasubramanian K.,T.F.Burks,C.J. Lehtola,W.S. Lee (2006). Shock and Vibration Data Acquisition System for Off – Road Vehicle Operator Health and Safety Assessment. Journal of Agricultural Safety and Health 12(4)293-313
3. Krayter K. D.(1994). The Handbook of hearing and the effects of noise. Physiology, Psychology and public health. Academic Press Ltd
4. Stikeleather L.F (1991). Seat vibration and Ride confort. In Human Factors: A series of quality instructions materials. ASAE St Joseph, Michigan, USA.
6. Griffin M.J. (1990). Handbook of Human Vibration. Academic Press Ltd

(187)

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ, ΤΑ ΦΥΤΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

Καβαλάρης Χρ., Καραμούτης Χρ., Κ. Αγγελοπούλου, Θ.Α. Γέμτος
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστ., Τμ. Γεωπονίας Φ. Π. & Α. Π.,
Οδός Φυτόκου, 38446, Ν. Ιωνία Μαγνησίας, "gemtos@uth.gr,

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα συστήματα μειωμένης κατεργασίας θεωρούνται ότι μπορούν να συμβάλουν στην αειφορική διαχείριση του εδάφους. Μερικές φορές όμως μπορεί να συνοδεύονται με αρνητικές επιπτώσεις όπως η αύξηση της συμπίεσης του εδάφους, η εξάπλωση των ζιζανίων και η μείωση των αποδόσεων των καλλιεργειών. Για να μελετηθούν οι δυνατότητες περιορισμού των αρνητικών επιπτώσεων σε ένα μακροχρόνιο πείραμα κατεργασίας του εδάφους μετά από τέσσερα έτη έγινε αλλαγή της κατεργασίας. Η αλλαγή από τη μειωμένη κατεργασία σε συμβατική προκάλεσε μείωση της συμπίεσης των πληθυσμών των ζιζανίων αλλά και μείωση της οργανικής ουσίας. Το συμπέρασμα είναι ότι η ανά τακτά χρονικά διαστήματα βαθιά αναμόχλευση του εδάφους μειώνει τις αρνητικές επιπτώσεις αλλά και τα θετικά αποτελέσματα στην οργανική ουσία.

EFFECT OF CHANGING TILLAGE ON SOIL, PLANTS AND YIELD

C. Cavalaris, C. Karamoutis, K. Aggelopoulou, T.A. Gemtos
University of Thessaly, Sch. of Agricultural Sc., Dept. of Agriculture Crop Prod. &
Rural Env., Fytokou Str, 38446, N. Ionia Magnesias, "gemtos@uth.gr

ABSTRACT

Reduced tillage is a key strategy for sustainable agriculture. Many times however adverse effects to soil and crops are reported. These effects are increased soil density and weed infestation and in many cases reduced yields. In order to study methods to reduce these adverse effects, in a long-term tillage experiment the tillage was changed after four years. The results showed that ploughing reduced the soil density as well weeds but at the same time soil organic matter was reduced although some residual effect was observed. The conclusion is that using ploughing every few years alleviated most of the adverse effects but the beneficial as well.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα συστήματα μειωμένης κατεργασίας του εδάφους και η μηδενική κατεργασία έχουν σημαντικές θετικές επιδράσεις στο έδαφος. Μειώνοντας την αναμόχλευση του εδάφους και διατηρώντας την επιφάνεια του καλυμμένη από φυτικά υπολείμματα εξασφαλίζουν μειωμένη διάβρωση και αυξημένη γονιμότητα του εδάφους [1]. Η χρήση μεθόδων μειωμένης κατεργασίας αυξάνει μακροχρόνια την οργανική ουσία [2] που είναι σημαντικός παράγοντας βελτίωσης της δομής του εδάφους. Ταυτόχρονα όμως προκαλούν σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στο έδαφος, την καλλιέργεια και τελικά στην παραγωγή. Οι συνήθεις αρνητικές επιπτώσεις είναι η συμπίεση του εδάφους που εκδηλώνεται με την αύξηση της πυκνότητας του και της αντίστασης σε διείσδυση [3], οι αυξημένοι πληθυσμοί ζιζανίων (κυρίως πολυετών) [4]. Οι δύο αυτοί παράγοντες θεωρήθηκαν οι αιτίες των μειωμένων αποδόσεων των καλλιεργειών σε πειράματα στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με διάφορες καλλιέργειες [5]. Σε ένα μακροχρόνιο πείραμα σύγκρισης πέντε μεθόδων κατεργασίας του εδάφους μελετήθηκαν οι μακροχρόνιες επιδράσεις της κατεργασίας εδάφους και έδωσαν αποτελέσματα που επιβεβαίωσαν πολλά από τα στοιχεία της βιβλιογραφίας. Η εφαρμογή βαθιάς αναμόχλευσης του εδάφους μετά από μακροχρόνια χρήση μεθόδων συντηρήσεως του εδάφους είναι μια πιθανή λύση για μείωση της συμπίεσης. Συνδυασμός με αναστροφή του εδάφους θα οδηγήσει σε μείωση των ζιζανίων. Στη βιβλιογραφία υπάρχουν λίγες εργασίες που μελετούν την επίδραση αυτή. Οι Stockfish και συνεργάτες [6] μελέτησαν την επίδραση του οργώματος στις ιδιότητες του εδάφους μετά από είκοσι χρόνια μειωμένης κατεργασίας. Βρήκαν ότι στα είκοσι έτη η οργανική ουσία των 5 εκατοστών εδάφους αυξήθηκε κατά 7 g/kg^{-1} . Με την εισαγωγή του οργώματος το επίπεδο της οργανικής ουσίας επανήλθε στα επίπεδα των αγρών που οργώνονταν. Οι Reeder και συνεργάτες [7], εκτίμησαν ότι η αναμόχλευση του εδάφους προκάλεσε την απώλεια του 60-75% του οργανικού C.

Προκειμένου να μελετηθούν τρόποι αποφυγής των προβλημάτων της συνεχούς μειωμένης κατεργασίας του εδάφους αποφασίστηκε να αλλάξει η κατεργασία μετά από τέσσερα έτη συνεχούς εφαρμογής μιας μεθόδου. Για να επιτευχθεί αυτό έγινε αλλαγή της κατεύθυνσης κατεργασίας που είχε ως αποτέλεσμα να δημιουργηθούν τεμάχια με τέσσερα έτη μιας κατεργασίας και το πέμπτο όλους τους συνδυασμούς των άλλων πέντε. Δηλαδή πέντε χρόνια συμβατικής κατεργασίας, τέσσερα χρόνια συμβατικής και το πέμπτο μειωμένης 1,2 και 3 ή μηδενικής κατεργασίας. Κάτι ανάλογο ίσχυε για όλες τις κατεργασίες.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το πείραμα ξεκίνησε το 1997 σε δυο αγρούς στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Μελετήθηκαν πέντε συστήματα κατεργασίας: 1) Συμβατική κατεργασία (Σ) με όργωμα σε βάθος 25-30 cm, προετοιμασία της σποροκλίνης με σβαρνίσματα. 2) Μειωμένη κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή (BK) σε βάθος 20-25 cm, προετοιμασία της σποροκλίνης με σβαρνίσματα. 3) Μειωμένη κατεργασία με περιστροφικό σκαπτικό (ΠΣ) με κατακόρυφα ελάσματα σε βάθος 10-12 cm. 4) Μειωμένη κατεργασία με δισκοσβάρνα (Δ) σε βάθος 6-8 cm και 5) Ακαλλιέργεια (Α). Στην περίπτωση της ακαλλιέργειας έγινε καταστροφή των ζιζανίων με glyphosate (800 g/στρ) και απ' ευθείας σπορά. Το πειρατικό σχέδιο ήταν τυχαιοποιημένες ομάδες. Το πείραμα σε αυτή του τη μορφή διατηρήθηκε για τέσσερα έτη. Στην διάρκεια αυτή παρατηρήθηκαν όλες οι αρνητικές επιπτώσεις στο έδαφος (αύξηση της συμπίεσης), αύξηση των ζιζανίων (ιδιαίτερα των πολυετών), μείωση των αποδόσεων αλλά και αύξηση της οργανικής ουσίας του εδάφους.

Το πέμπτο έτος αποφασίστηκε να γίνει αλλαγή της κατεργασίας κατά τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργηθούν όλοι οι δυνατοί συνδυασμοί των πέντε μεταχειρίσεων μεταξύ τους, δηλαδή πειραματικά τεμάχια με πέντε έτη από κάθε κατεργασία και τεμάχια με τέσσερα έτη από μια κατεργασία και το πέμπτο έτος όλοι οι συνδυασμοί με τις υπόλοιπες τέσσερις (Πίνακας 1). Τα πειραματικά τεμάχια που δημιουργήθηκαν είχαν διαστάσεις 6Χ9 m. Στον ένα πειραματικό αγρό καλλιεργήθηκαν ζαχαρότευτλα, και στον άλλο σιτάρι. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τα ζαχαρότευτλα.

Πίνακας 1. Συνδυασμοί κατεργασιών εδάφους.

Πρώτα 4 έτη	Σ	ΒΚ	ΠΚ	Δ	Α
5 ^ο έτος					
Σ	5Σ	4ΒΚ+1Σ	4ΠΚ+1Σ	4Δ+1Σ	4Α+1Σ
ΒΚ	4Σ+1ΒΚ	5ΒΚ	4ΠΚ+1ΒΚ	4Δ+1ΒΚ	4Α+1ΒΚ
ΠΚ	4Σ+1ΠΚ	4ΒΚ+1ΠΚ	5ΠΚ	4Δ+1ΠΚ	4Α+1ΠΚ
Δ	4Σ+1Δ	4ΒΚ+1Δ	4ΠΚ+1Δ	5Δ	4Α+1Δ
Α	4Σ+1Α	4ΒΚ+1Α	4ΠΚ+1Α	4Δ+1Α	5Α

Η σπορά έγινε στις 9/3/2001. Χρησιμοποιήθηκε η ποικιλία DOROTHEA σε δυο πυκνότητες σποράς (16.700 και 13.300 φυτά/στρ), (τα κύρια τεμάχια 6Χ9 m διαιρέθηκαν σε υπο-τεμάχια διαστάσεων 3Χ9 m σε κάθε ένα από τα οποία τοποθετήθηκε μια πυκνότητα σποράς. Το πειραματικό σχέδιο διαμορφώθηκε λοιπόν σε τυχαιοποιημένες ομάδες με υπο-ομάδες.

Οι καλλιεργητικές φροντίδες ήταν κοινές και περιελάμβαναν βασική λίπανση με 10-5-5 μονάδες Ν-Ρ-Κ. Για τον έλεγχο των ζιζανίων έγινε προφυτρωτική εφαρμογή των ζιζανιοκτόνων ATLAS 400 l/στρ και PYRAMIN 200 l/στρ. Μετά το φύτευμα, πραγματοποιήθηκαν δυο συνολικά ψεκασμοί με το μείγμα: BETANAL 50l/στρ, GOLTIX 50l/στρ, NORTRON 50l/στρ. Επίσης έγινε δυο φορές ψεκασμός με GALLAND'S (80 g/στρ) για τα αγροστώδη. Τέλος, για την καταπολέμηση του κίρσιου, χρησιμοποιήθηκε το σκεύασμα LONTREL σε δόση 40 g/στρ.

Τα ποτίσματα έγιναν με σταλακτηφόρους σωλήνες με τετράλιτρους σταλάκτες σε αποστάσεις 1m που τοποθετήθηκαν ανά δεύτερη γραμμή της καλλιέργειας. Στον πίνακα 2 φαίνονται οι ημερομηνίες και οι δόσεις άρδευσης κατά την καλλιεργητική περίοδο.

Πίνακας 2. Ποτίσματα που πραγματοποιήθηκαν κατά την καλλιεργητική περίοδο.

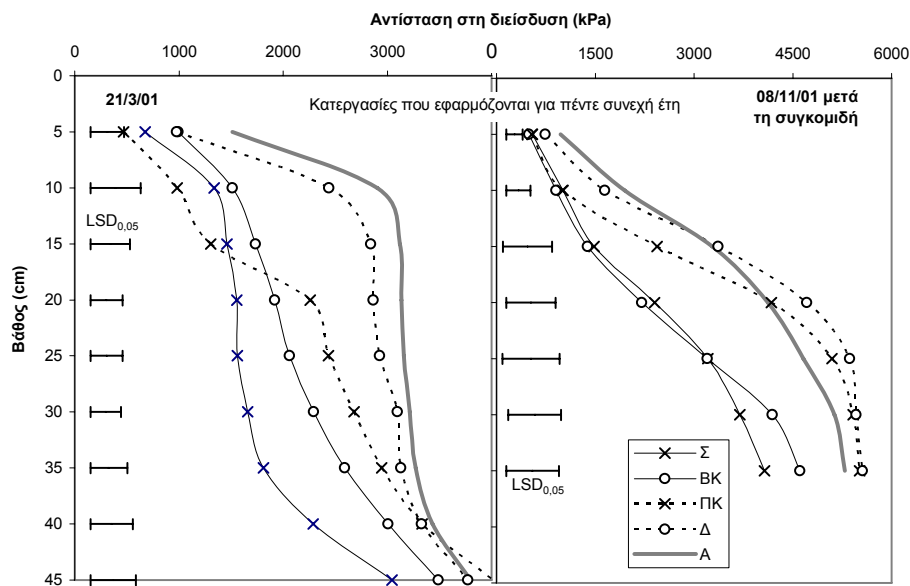
Ημερομηνία:	1/6	11/6	22/6	9/7	17/7	24/7	31/7	8/8	21/8	5/9	σύνολο
Δόση άρδευσης:	48	72	48	64	64	64	60	60	60	30	570

Κατά τη διάρκεια του πειράματος μετρήθηκαν:

1. Οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους με μέτρηση της αντίστασης στη διείσδυση ανά 1 cm και μέχρι τα 50 cm με ένα ηλεκτρονικό διεισδυσιόμετρο.
2. Η οργανική ουσία του εδάφους σε βάθη 0-10 και 10-20 cm.
3. Το φύτευμα της καλλιέργειας με μέτρηση του αριθμού των φυτών σε δύο σειρές από πέντε μέτρα.
4. Η παραγωγή των ζαχαροτεύτλων σε κάθε πειραματικό τεμάχιο

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στο Σχήμα 1α φαίνεται ότι στην αρχή της περιόδου η κατεργασία του εδάφους χαλαρώνει το έδαφος. Η αντίσταση σε διείσδυση είναι πολύ μεγαλύτερη στην ακαλλιέργεια και στη μειωμένη κατεργασία έναντι της συμβατικής. Στο τέλος της περιόδου το έδαφος συμπιέζεται από τις καλλιεργητικές φροντίδες και τη μηχανική συγκομιδή και οι διαφορές μειώνονται σημαντικά (σχήμα 1β). Η πρωτογενής κατεργασία θα επαναφέρει το πορώδες του εδάφους και την αντίσταση του εδάφους στην κατάσταση που φαίνεται στο Σχήμα 1α.



Σχήμα 1 Επίδραση των κατεργασιών του εδάφους στην αντίσταση σε διείσδυση. α) 21/3/01 στην αρχή της περιόδου, β) 8/11/01 μετά τη συγκομιδή των ζαχαροτεύλων.

Από τον πίνακα 3 μπορεί να διαπιστωθεί ότι, σε σχέση με την συμβατική κατεργασία, η % περιεκτικότητα του εδάφους σε οργανική ουσία, σε βάθος 0-10 cm, ήταν κατά 0,65 υψηλότερη έπειτα από πέντε έτη συνεχούς κατεργασίας με βαρύ καλλιεργητή, κατά 0,57 υψηλότερη έπειτα από πέντε έτη κατεργασίας με περιστροφικό καλλιεργητή, κατά 0,76 υψηλότερη έπειτα από πέντε έτη κατεργασίας μόνο με δισκοσβάρνα και κατά 1,19 υψηλότερη, έπειτα από πέντε έτη εφαρμογής ακαλλιέργειας. Συγκρίνοντας την αύξηση της οργανικής ουσίας που συνέβη στις μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους μέσα σε μια πενταετία, σε σχέση με την αύξηση που συνέβη στο πρώτο έτος από την εφαρμογή τους, διαπιστώνεται ότι μια σημαντική βελτίωση παρουσιάζεται ήδη από το πρώτο έτος. Για παράδειγμα, κατά το πρώτο έτος κατεργασίας με βαρύ καλλιεργητή σε τεμάχια τα οποία υπόκεινταν σε συμβατική κατεργασία, προέκυψε μια βελτίωση της οργανικής ουσίας κατά 0,24%. Κατά την εφαρμογή όμως περιστροφικού καλλιεργητή, η οργανική ουσία μειώθηκε κατά 0,08%. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου με δισκοσβάρνα προέκυψε μια βελτίωση κατά 0,44% ενώ κατά το πρώτο έτος της εφαρμογής της ακαλλιέργειας μια βελτίωση κατά 0,25%. Ομοίως, κατά την εφαρμογή οργώματος έπειτα από τέσσερα συνεχόμενα έτη εφαρμογής ακαλλιέργειας προκύπτει μια μείωση της οργανικής ουσίας κατά 1,04%, κατά την εφαρμογή βαρύ καλλιεργητή μια μείωση της τάξης του 0,38%, κατά την εφαρμογή

περιστροφικού καλλιεργητή, μείωση της τάξης του 0,39% ενώ κατά την εφαρμογή δισκοσβάρνας μια βελτίωση της τάξης του 0,06%.

Πίνακας 3. Οργανική ουσία του εδάφους σε βάθος 0-10 εκατοστά.

0 - 10 cm	Προηγούμενη κατεργασία					μέσος όρος
	Σ	ΒΚ	ΠΚ	Δ	Α	
<u>Πρόσφατη κατεργασία</u>						
Σ	1,59	1,92	1,73	1,88	1,74	1,77
ΒΚ	1,83	2,24	2,18	2,22	2,40	2,17
ΠΚ	1,51	1,75	2,17	2,09	2,39	1,98
Δ	2,03	2,29	2,63	2,35	2,83	2,43
Α	1,84	2,33	2,35	2,51	2,78	2,36
μέσος όρος	1,76	2,11	2,21	2,21	2,43	**
ΕΣΔ (P = 95%)					0,14	0,14
ΕΣΔ (P = 99%)					0,18	0,18
(CV%)				10,26		

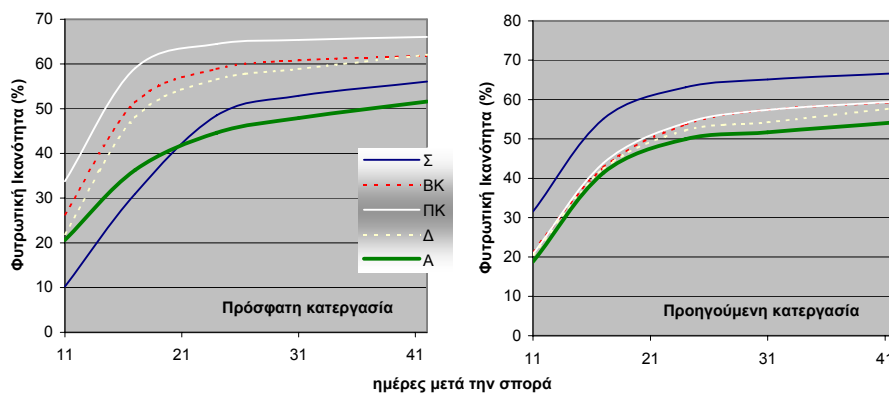
Πίνακας 4. Οργανική ουσία του εδάφους σε βάθος 10-20 εκατοστά.

10 - 20 cm	Προηγούμενη κατεργασία					μέσος όρος
	Σ	ΒΚ	ΠΚ	Δ	Α	
<u>Πρόσφατη κατεργασία</u>						
Σ	1,77	1,78	1,87	1,63	1,96	1,80
ΒΚ	1,54	1,63	1,54	1,56	1,60	1,57
ΠΚ	1,38	1,49	1,51	1,53	1,40	1,46
Δ	1,62	1,50	1,61	1,48	1,57	1,56
Α	1,48	1,53	1,43	1,39	1,33	1,43
μέσος όρος	1,56	1,58	1,59	1,52	1,57	ns
ΕΣΔ (P = 95%)					-	0,15
ΕΣΔ (P = 99%)					-	0,20
(CV%)				15,46		

Σε μεγαλύτερο βάθος (10–20cm) η κατάσταση φαίνεται σημαντικά διαφοροποιημένη (Πίνακας 4). Στην στοιβάδα αυτή την υψηλότερη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία παρουσίαζε η συμβατική κατεργασία. Με το όργωμα τα φυτικά υπολείμματα ενσωματώνονται στο έδαφος όπου και αποσυντίθενται εμπλουτίζοντάς το με οργανική ουσία. Μάλιστα ο εμπλουτισμός με οργανική ουσία ήταν μέγιστος όταν εφαρμόστηκε όργωμα μετά από τέσσερα χρόνια εφαρμογής ακαλλιέργειας. Στην περίπτωση αυτή, με την αναστροφή του εδάφους, η οργανική ουσία που είχε συσσωρευτεί στην επιφάνεια του ακαλλιέργητου εδάφους, ενσωματώθηκε στα βαθύτερα στρώματα. Την δεύτερη υψηλότερη περιεκτικότητα σε οργανική ουσία σε βάθος 10-20 cm παρουσίασε η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή ενώ την χαμηλότερη περιεκτικότητα είχε η μέθοδος της ακαλλιέργειας. Στη μέθοδο αυτή τα φυτικά υπολείμματα αποσυντίθενταν παραμένοντας στην επιφάνεια ενώ σε μεγαλύτερα βάθη η οργανική ουσία προέρχονταν αποκλειστικά από την αποσύνθεση ριζών και την δράση των μικροοργανισμών του εδάφους.

Το φύτευμα των τεύτλων παρουσίασε την ίδια συμπεριφορά στην πυκνή και αραιή σπορά. Αν και οι τελικοί πληθυσμοί ήταν διαφορετικοί, η επίδραση των κατεργασιών ήταν η ίδια. Για το λόγο αυτό παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικά τα αποτελέσματα για την πυκνή σπορά. Στο Σχήμα 2 φαίνεται η εξέλιξη του φυτρώματος για τους

συνδυασμούς των κατεργασιών των πρόσφατων και των προηγούμενων ετών. Στην μέθοδο ΠΚ παρατηρήθηκε πρωίμηση και σχετικά ταχύτερη εξέλιξη του φυτρώματος γεγονός που πιθανώς οφείλεται στο ότι η σποροκλίνη διατηρούσε σταθερά ένα υψηλό ποσοστό υγρασίας ενώ το έδαφος ήταν πιο ψιλοχωματισμένο με αποτέλεσμα να βελτιώνεται η επαφή του σπόρου με το έδαφος και η πρόσληψη υγρασίας. Ακολουθούν οι μέθοδοι ΒΚ και Δ ενώ η μέθοδο της ακαλλιέργειας, αν και ξεκίνησε μαζί με τις δυο προηγούμενες ήταν τελικά αυτή που εμφάνισε τους μικρότερους πληθυσμούς. Το ιδιαίτερα συνεκτικό και συμπαγές ακαλλιέργητο έδαφος της επιφάνειας, αφ' ενός εμπόδιζε την διείσδυση των μηχανισμών της σπартικής με αποτέλεσμα η σπορά να γίνει σε ανεπαρκές βάθος. Συνάμα, η έλλειψη ψιλοχωματισμένου εδάφους δεν επέτρεψε την επικάλυψη του σπόρου μέσα στο ρηχό αυλάκι. Το βραδύτερο φύτεωμα παρατηρήθηκε στην μέθοδο της συμβατικής κατεργασίας Έντεκα ημέρες από τη σπορά στην μέθοδο αυτή είχε φυτρώσει μόλις το 10% του σπόρου. Τελικά η μέθοδος παρουσίασε υψηλότερους πληθυσμούς από την ακαλλιέργεια αλλά μικρότερους από τις άλλες τρεις μεταχειρίσεις. Κύρια αιτία για το μειωμένο φύτεωμα ήταν το σημαντικά μικρότερο ποσοστό υγρασίας που διατηρούταν στην περιοχή της σποροκλίνης.



Σχήμα 2. Εξέλιξη του φυτρώματος των τεύτλων.

Πίνακας 5. Απόδοση των τεύτλων για τις μεταχειρίσεις κατεργασίας στις δυο πυκνότητες σποράς.

		Απόδοση τεύτλων (t/στρ)											
		Αραιή σπορά					Πυκνή σπορά						
		Προηγούμενη κατεργασία											
		Σ	ΒΚ	ΠΚ	Δ	Α	μέσος	Σ	ΒΚ	ΠΚ	Δ	Α	μέσος
Πρόσφατη κατεργασία	Σ	8,7	8,7	8,2	8,7	9,2	8,7	9,42	8,90	8,47	6,94	7,45	8,24
	ΒΚ	9,4	8,8	6,8	7,5	9,0	8,3	8,19	8,62	7,89	8,84	6,59	8,03
	ΠΚ	9,3	9,4	8,0	8,0	7,8	8,5	9,33	8,71	7,83	7,42	7,51	8,16
	Δ	9,8	7,3	6,5	6,2	6,3	7,2	6,05	5,54	4,94	4,33	5,67	5,31
	Α	8,8	7,2	7,3	8,1	5,7	7,4	6,94	6,85	6,74	5,49	5,88	6,38
Μέσος		9,2	8,3	7,4	7,7	7,6		7,98	7,73	7,17	6,60	6,62	
LSD _{0,05} για κύριες επιδράσεις =0,43, LSD _{0,05} για αλληλεπιδράσεις =1,13, CV% = 13,0													

Σημαντική ήταν επίσης και η επίδραση της κατεργασίας των προηγούμενων ετών (Σχήμα 2). Αντίθετα με ότι συνέβαινε με την πρόσφατη κατεργασία, σε όσα τεμάχια είχε εφαρμοστεί όργωμα κατά τα προηγούμενα έτη, το φύτεωμα ήταν καλύτερο και πρωιμότερο. Προφανώς το έδαφος εξαιτίας της εντατικής κατεργασίας τα προηγούμενα

έτη είχε μια λιγότερο σταθερή δομή με αποτέλεσμα να ψιλοχωματίζεται ευκολότερα. Αντίθετα στα τεμάχια που ήταν ακαλλιέργητα τα προηγούμενα έτη το έδαφος είχε αναπτύξει μια σταθερή δομή και δεν ήταν το ίδιο εύκολο να θρυμματιστεί με τα μηχανήματα κατεργασίας. Οι μεγαλύτεροι βόλοι και τα συσσωματώματα που δημιουργήθηκαν δεν διευκόλυναν την καλή επαφή του σπόρου με το έδαφος γεγονός που τελικά οδήγησε σε ένα μειωμένο φύτευμα.

Από τον Πίνακα 5 διαπιστώνεται ότι υπήρξαν σημαντικές διαφορές στην απόδοση των τεύτλων τόσο όσο αναφορά τις πρόσφατες όσο και τις προηγούμενες κατεργασίες του εδάφους. Συγκρίνοντας τις πρόσφατες κατεργασίες διαπιστώνεται ότι μεταξύ της συμβατικής κατεργασίας, του βαρύ καλλιεργητή και του περιστροφικού καλλιεργητή δεν υπήρξαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές. Με σημαντικά μειωμένες αποδόσεις ωστόσο εμφανίζονται οι μέθοδοι της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας.

Στον ίδιο πίνακα, συγκρίνοντας τις προηγούμενες κατεργασίες διαπιστώνεται ότι αυτές που προκαλούσαν χαλάρωση του εδάφους σε ένα μεγαλύτερο βάθος, βοήθησαν στην επίτευξη υψηλότερων αποδόσεων. Σημαντικά υψηλότερες αποδόσεις επιτεύχθηκαν στα τεμάχια που κατά τα προηγούμενα έτη εφαρμόζονταν όργωμα. Στην συνέχεια ήταν η μέθοδος του βαρύ καλλιεργητή ενώ σημαντικά μικρότερες αποδόσεις επιτεύχθηκαν στα τεμάχια που εφαρμόζονταν αβαθείς κατεργασίες με περιστροφικό καλλιεργητή και δισκοσβάρνα καθώς και στην ακαλλιέργεια.

Από την μελέτη των αλληλεπιδράσεων της προηγούμενης με την πρόσφατη κατεργασία διαπιστώνεται ότι η υψηλότερη απόδοση επιτεύχθηκε στη μέθοδο του περιστροφικού καλλιεργητή όταν όμως αυτός ακολουθούσε όργωμα ή κατεργασία με βαρύ καλλιεργητή. Όταν η προηγούμενη κατεργασία ήταν άβαθης, (περιστροφικός καλλιεργητής ή δισκοσβάρνα) ή όταν εφαρμόζονταν ακαλλιέργεια, η υψηλότερη απόδοση παρατηρήθηκε στη συμβατική κατεργασία και στη συνέχεια στον βαρύ καλλιεργητή. Οι μέθοδοι της δισκοσβάρνας και της ακαλλιέργειας ως πρόσφατες κατεργασίες, έδωσαν σημαντικά μειωμένες αποδόσεις ανεξάρτητα με το είδος της προηγούμενης κατεργασίας. Αξιοσημείωτο όμως είναι το γεγονός ότι η μείωση ήταν πολύ μικρότερη στην περίπτωση όπου η προηγούμενη κατεργασία περιλάμβανε όργωμα. Όπως φάνηκε και από τις μετρήσεις της αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση του εδάφους στα τεμάχια αυτά ήταν πιο χαλαρό ως συνέπεια της υπολειμματικής επίδρασης του οργώματος. Το γεγονός αυτό φαίνεται ότι διευκόλυνε την ανάπτυξη των φυτών. Οι χαμηλότερες αποδόσεις σημειώθηκαν στα τεμάχια όπου εφαρμόζονταν για πέμπτη συνεχή χρονιά κατεργασία με δισκοσβάρνα ή ακαλλιέργεια.

Τέλος σημαντικές διαφορές στην απόδοση διαπιστώθηκαν μεταξύ πυκνής και αραιής σποράς. Στην πρώτη περίπτωση η μέση απόδοση ανέρχονταν στους 8,03 t/στρ και στην δεύτερη στους 7,22 t/στρ.

4.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει ότι:

- Τα συστήματα μειωμένης κατεργασίας αυξάνουν την οργανική ουσία αλλά προκαλούν και αύξηση της συμπίεσης του εδάφους.
- Εντατικότερη κατεργασία περιορίζει τη συμπίεση αλλά μειώνει και την οργανική ουσία.
- Υπάρχουν υπολειμματικές επιδράσεις των μεθόδων βαθιάς κατεργασίας στην χαλάρωση του εδάφους που επιδρούν θετικά στην παραγωγή των επόμενων ετών.
- Η χρήση βαρύ καλλιεργητή αποτελεί μια συμβιβαστική προσέγγιση για την ελάττωση της συμπίεσης με μικρότερες απώλειες οργανικής ουσίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Yoo, K.H., Touchton, J.T. and Walker, R.H. (1988). Runoff, sediment and nutrient losses from various tillage systems of cotton. Soil and Tillage. Research. 12: 13-24.
2. Peterson, G.A., Halvorson, A.D. Havlin, J.L. Jones, O.R. Lyon, D.J. and Tanaka, D.L. (1998). Reduced tillage and increasing cropping intensity in the Great Plains conserves soil C, Soil and Tillage Research, Volume 47, Issues 3-4, 6: 207-218
3. Salinas-Garcia, J.R., Matocha, J.E. and Hons, F.M. (1997). Long-term tillage and nitrogen fertilization effects on soil properties of an Alfisol under dryland corn/cotton production, Soil and Tillage Research, Volume 42, (1-2), pp 79-93
4. Gill, K.S. and Arshad, M.A. (1995). Weed flora in the early growth period of spring crops under conventional, reduced, and zero tillage systems on a clay soil in northern Alberta, Canada, Soil and Tillage Research, 33, (1): 65-79
5. Cavalaris 2004. Ph.d. Thesis University of Thessaly, Greece.
6. Stockfisch, N., Forstreuter, T. and Ehlers, W. (1999). Ploughing effects on soil organic matter after twenty years of conservation tillage in Lower Saxony, Germany, Soil and Tillage Research, 52, (1-2): 91-101
7. Reeder, J.D., Schuman, G.E. and Bowman, R.A. (1998). Soil C and N changes on conservation reserve program lands in the Central Great Plains, Soil and Tillage Research, 47, (3-4): 339-349

(189)

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΗ ΕΝΟΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΙΣΧΥΟΔΟΤΟΥΜΕΝΟΥ ΔΙΕΙΣΔΥΣΙΟΜΕΤΡΟΥ

**Χ. Καραμούτης¹, Χ. Καβαλάρης¹, Δ. Παράφορος²,
Ο. Παπαδοπούλου², Κ. Κολιπέτσας² και Θ.Α. Γέμτος¹**

¹Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστ., Τμ. Γεωπονίας Φ. Π. & Α. Π.,
Οδός Φυτόκου, 38446, Ν. Ιωνία Μαγνησίας, "gemtos@uth.gr,

²ΤΕΙ Χαλκίδας Τμήμα Αυτοματισμών Ψαχνά Ευβοίας Τ.Κ. 34400

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η μέτρηση της αντίστασης του εδάφους είναι ευρέως διαδεδομένη λόγω της σχετικής ευκολίας λήψης παρατηρήσεων. Στην περίπτωση όμως που απαιτείται μια πληθώρα δεδομένων, όπως συνήθως συμβαίνει στον γεωργικό πειραματισμό, τότε, η μέθοδος ενδέχεται να αποδειχθεί επίπονη και κοπιαστική, ιδιαίτερα αν το έδαφος είναι ξηρό. Για το λόγο αυτό σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε ένα υδραυλικά ισχυοδοτούμενο από γεωργικό ελκυστήρα διεισδυσιόμετρο με μια συστοιχία πέντε κώνων και αναπτύχθηκε το κατάλληλο λογισμικό για την λήψη των δεδομένων. Η συσκευή δοκιμάστηκε στον αγρό δίνοντας ικανοποιητικά αποτελέσματα.

DESIGN, CONSTRUCTION AND TESTING OF A HYDRAULICALLY POWERED PENETROMETER

**C. Karamoutis¹, C. Cavalaris¹, D. Paraforos², O. Papadopoulou², K.
Kolipetsas² and T.A. Gemtos¹**

University of Thessaly, Sch. of Agricultural Sc., Dept. of Agriculture Crop Prod. &
Rural Env., Fytokou Str, 38446, N. Ionia Magnesias, "gemtos@uth.gr
Technological Institute of Chalkida, Dept of Automization Psachna Evias38400

ABSTRACT

Soil penetration resistance is a widely used method for testing soil compaction due to its convenience and quickness. However when a great number of samples is required, as it is usually the case in agricultural experimentation the method may prove a heavy task especially for dry soil conditions. For this reason a tractor hydraulically driven implement with a five cone gang was designed and constructed and a software was developed to obtain the data in a PC. The implement was tested in the field with good results

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αντίσταση του εδάφους στην διείσδυση αποτελεί μια εύκολη και ταχεία μέθοδο εκτίμησης της συνοχής και της συμπίεσης του εδάφους. Το σημαντικό της πλεονέκτημα είναι ότι μπορούν να γίνουν *in situ* μετρήσεις στον αγρό χωρίς να απαιτείται δειγματοληψία εδάφους κερδίζοντας χρόνο και αυξάνοντας τον όγκο των δεδομένων. Τα διεισδυσιόμετρα αποτελούνται έναν μεταλλικό κώνο καθορισμένων διαστάσεων που βρίσκεται στο άκρο μιας μεταλλικής ράβδου η οποία πιέζεται χειρονακτικά να εισέλθει μέσα στο έδαφος. Συνήθως για γεωργική χρήση το βάθος φθάνει τα 50 cm. Στις σύγχρονες συσκευές τα δεδομένα της αντίστασης που προβάλλει το έδαφος στην διείσδυση του κώνου καταγράφονται σε ένα ηλεκτρονικό καταχωρητή δεδομένων. Παράλληλα καταγράφεται και το βάθος δειγματοληψίας. Η χειρονακτική αυτή εργασία ωστόσο είναι επίπονη ιδίως όταν το έδαφος είναι συμπιεσμένο καθιστώντας την συλλογή μεγάλου αριθμού δεδομένων για πειραματικούς σκοπούς ιδιαίτερα κοπιαστική. Για τον λόγο αυτό έχουν γίνει προσπάθειες από ερευνητές για υδραυλική υποβοήθηση και αυτοματοματοποίηση της διαδικασίας των μετρήσεων. [2],[3].

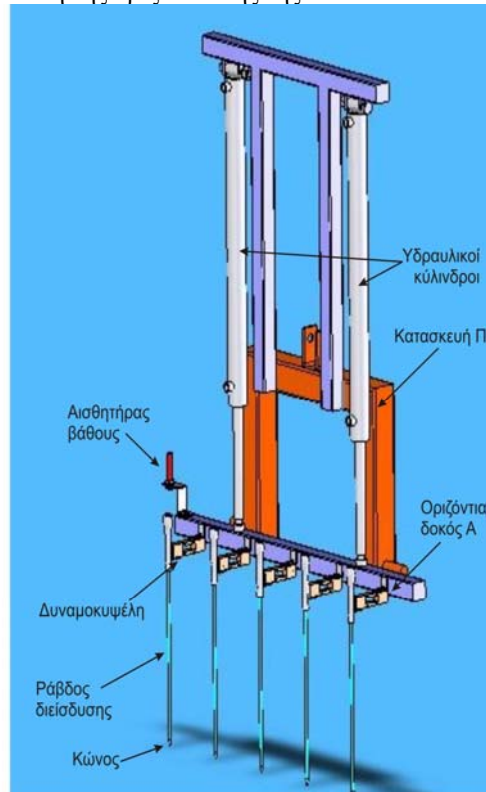
Στο εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Π.Θ. επιχειρήθηκε η κατασκευή ενός διεισδυσιόμετρου αναρτώμενο στο υδραυλικό σύστημα τριών σημείων και ισχυοδοτούμενο από τα υδραυλικά του γεωργικού ελκυστήρα. Η καινοτομία της κατασκευής είναι ότι χρησιμοποιεί μια συστοιχία από πέντε στελέχη που σε κάθε κάθοδο λαμβάνουν μέτρηση σε πέντε διαφορετικά σημεία αυξάνοντας σημαντικά την απόδοση της διαδικασίας. Τα στελέχη είναι διατεταγμένα στη σειρά και σε αποστάσεις 20 cm μεταξύ τους. Με τον τρόπο αυτό καταγράφεται η συμπίεση σε μια κατακόρυφη κατατομή του εδάφους μήκους 1 m και βάθους 0,5 m. Η μέτρηση της αντίστασης του εδάφους στην διείσδυση γίνεται από μια δυναμοκυψέλη που συγκρατεί το κάθε στέλεχος. Τα στοιχεία οδηγούνται σε μια κάρτα ADC και στην συνέχεια σε ένα φορητό H/Y, όπου για την καταγραφή των δεδομένων έχει αναπτυχθεί ανάλογο λογισμικό. Η συχνότητα δειγματοληψίας και ο συνολικός χρόνος λήψης δειγμάτων μπορεί να καθοριστεί από τον χρήστη. Παράλληλα λαμβάνονται στοιχεία μέτρησης του βάθους διείσδυσης μέσω ενός αισθητήρα υπερήχων που βρίσκεται προσαρμοσμένος επάνω στο όργανο. Τα στοιχεία αυτά οδηγούνται σε μια κάρτα μέτρησης παλμών και στην συνέχεια με την βοήθεια του λογισμικού καταγράφονται στον H/Y. Το σύστημα έχει την δυνατότητα σύνδεσης με GPS για καταγραφή του στίγματος της δειγματοληψίας. Το όργανο αναμένεται να βοηθήσει σημαντικά τους ερευνητικούς σκοπούς του εργαστηρίου καθώς έχει την δυνατότητα λήψης εύκολα και ταχύτατα ενός μεγάλου αριθμού δειγμάτων και επιπλέον καθιστά δυνατή τη λήψη μετρήσεων σε συμπιεσμένα και συνεκτικά εδάφη όπου η χειρονακτική διείσδυση του κώνου δεν ήταν δυνατή.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση των μηχανικών μερών, του ηλεκτρονικού κυκλώματος και του συνοδού λογισμικού του διεισδυσιόμετρου έγινε στο Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας του Π.Θ. Η συσκευή αποτελείται από μια στιβαρή μηχανική κατασκευή που εκμεταλλεύεται την υδραυλική ισχύ του γεωργικού ελκυστήρα για να πιέσει μια συστοιχία πέντε κατακόρυφων στελεχών με κωνική απόληξη στο έδαφος. Η αντίσταση που προβάλλει το έδαφος στην διείσδυση των κώνων μετράται από πέντε αντίστοιχες δυναμοκυψέλες. Παράλληλα, με έναν αισθητήρα υπερήχων μετράται το βάθος της διείσδυσης. Τα στοιχεία αφού μετατραπούν σε ψηφιακή μορφή καταγράφονται σε ένα φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή που μπορεί να φέρεται πάνω στον γεωργικό ελκυστήρα. Το σύστημα παρέχει την δυνατότητα σύνδεσης με GPS για παράλληλη καταγραφή του γεωγραφικού στίγματος της εκάστοτε δειγματοληψίας.

2.1 Μηχανική διάταξη

Το πλαίσιο της συσκευής κατασκευάστηκε να προσαρμόζεται στο υδραυλικό σύστημα ανάρτησης τριών σημείων του γεωργικού ελκυστήρα. Η βασική διάταξη περιλαμβάνει μια κατασκευή σχήματος Π από κοιλοδοκούς 10X10 cm η οποία φέρει τα τρία σημεία σύνδεσης με το υδραυλικό του γεωργικού ελκυστήρα (Σχήμα 1). Πάνω σε αυτή τη κατασκευή συνδέεται μέσω δυο υδραυλικών κυλίνδρων μια οριζόντια κοιλοδοκός 8X8 cm μήκους 1,30 m η οποία αποτελεί τη βάση ανάρτησης της συστοιχίας των διεισδυσιμέτρων. Οι υδραυλικοί κύλινδροι (με έμβολο Φ35) ισχυοδοτούνται από το υδραυλικό σύστημα του γεωργικού ελκυστήρα και δίνουν την δυνατότητα κατακόρυφης μετακίνησης στην οριζόντια δοκό για ένα μήκος διαδρομής 90 cm. Ο έλεγχος της διαδρομής (άνοδος ή κάθοδος) καθώς και της ταχύτητας κίνησης των κυλίνδρων μπορεί να γίνει από ένα υδραυλικό χειριστήριο που παρεμβάλλεται στο υδραυλικό κύκλωμα και προσαρμόζεται επάνω στο κυρίως πλαίσιο της συσκευής παρέχοντας τη δυνατότητα σε ένα χειριστή που βρίσκεται δίπλα στη συσκευή να ελέγχει άμεσα την λειτουργία. Η επιλογή της χρήσης δύο υδραυλικών κυλίνδρων αντί ενός, για την κατακόρυφη κίνηση της κοιλοδοκού έγινε με στόχο την αύξηση της ακαμψίας του συνόλου και την εξασφάλιση της οριζοντίωσης της δοκού.



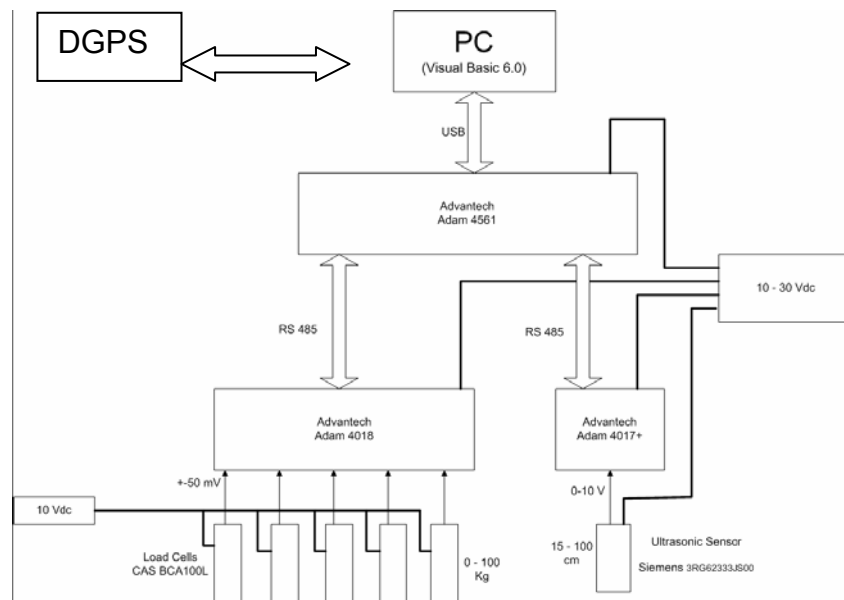
Σχήμα 1. Μηχανική διάταξη υδραυλικού διεισδυσιμέτρου

Κάθετα στην οριζόντια δοκό και σε κανονικές αποστάσεις 20 cm μεταξύ τους προσαρμόζονται πέντε χαλύβδινα στελέχη διαμέτρου 15 mm και μήκους 68 cm. Τα στελέχη φέρουν στο κατώτερο τους άκρο μεταλλικούς κώνους με διάμετρο βάσης 12,83 mm και γωνία 30⁰ σύμφωνα με την τυποποίηση ASABE.[1] Η προσαρμογή των στελεχών στη δοκό γίνεται μέσω πέντε αντίστοιχων ηλεκτρονικών δυναμοκυψελών οι οποίες παρεμβάλλονται μεταξύ του στελέχους και της δοκού έχοντας την δυνατότητα να

μετρούν την τάση που αναπτύσσεται σε κάθε στέλεχος καθώς ο αντίστοιχος κώνος πιέζεται να εισέλθει στο έδαφος. Επιπλέον, στη θέση που συνδέονται τα στελέχη με τις δυναμοκυψέλες παρεμβά-λονται πύροι ασφαλείας οι οποίοι υπόκειται διάτμηση όταν η αντίσταση στην διείσδυση του στελέχους υπερβεί τα 1500 N.

2.2 Ηλεκτρονική διάταξη

Η ηλεκτρική ισχύς για την λειτουργία όλων των ηλεκτρονικών μερών της συσκευής παρέχεται από μια συσκευή Αδιάκοπης Παροχής Ισχύος (UPS) η οποία έχει υποστεί μετατροπή για να χρησιμοποιεί την ενέργεια του ηλεκτρικού συσσωρευτή του γεωργικού ελκυστήρα παρέχοντας με τον τρόπο αυτό απεριόριστη αυτονομία ισχύος. Η συσκευή UPS δίδει ένα εναλλασσόμενο ρεύμα τάσης 220 V το οποίο στη συνέχεια με ανάλογους μετασχηματιστές/ανορθωτές χρησιμοποιείται για την τροφοδότηση των υπόλοιπων ηλεκτρικών μερών.



Σχήμα 2. Διάγραμμα επικοινωνίας και τροφοδοσίας της διάταξης

Για την μέτρηση της δύναμης που απαιτείται για την διείσδυση των ράβδων στο έδαφος χρησιμοποιούνται πέντε δυναμοκυψέλες (Σχήματα 1 & 2). Χρησιμοποιήθηκε ο τύπος CAS BCA 100L που έχει την δυνατότητα να καταγράφει δυνάμεις εύρους 0-1000 N . Οι δυναμοκυψέλες τροφοδοτούνται με συνεχή τάση περίπου 12 V και δίνουν μια αναλογική έξοδο 0-50 mV. Η αναλογική έξοδος από τις δυναμοκυψέλες οδηγείται στο εξάρτημα Advantech Adam 4018 που είναι μια κάρτα (A/D) μετατροπής του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό. Το εξάρτημα διαθέτει αναλογικά κανάλια εισόδου τα οποία μπορούν να ρυθμιστούν να δέχονται ± 50 mV, τάση την οποία έχουν ως σήμα εξόδου οι δυναμοκυψέλες. Στην συνέχεια μετατρέπουν αυτό το σήμα σε πρωτόκολλο σειριακής επικοινωνίας RS 485.

Η μέτρηση του βάθους γίνεται με την βοήθεια ενός αισθητήρα υπερήχων (τύπος Siemens 3RG62333JS00 Ultrasonic sensor) ο οποίος βρίσκεται επάνω στην οριζόντιο δοκό A (Σχήματα 1 & 2). Ο αισθητήρας χρησιμοποιεί υπέρηχους για να ανιχνεύσει την απόσταση του από το έδαφος και η ένδειξη αυτή χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του βάθους διείσδυσης των κώνων. Τροφοδοτείται με σταθερή τάση 24V δίνοντας μια

τάση εξόδου 0-10V η οποία μεταβάλλεται ανάλογα με την απόσταση του αισθητήρα από το έδαφος. Η έξοδος οδηγείται σε μια δεύτερη κάρτα A/D (τύπος Advantech Adam 4017+) η οποία μετατρέπει το σήμα σε πρωτόκολλο σειριακής επικοινωνίας RS 485. Σε μια ξέχωρη θύρα εισόδου του εξαρτήματος Adam 4017+ οδηγείται επίσης η τάση τροφοδοσίας των δυναμοκυψελών. Το στοιχείο αυτό είναι απαραίτητο για την βαθμονόμηση των δυναμοκυψελών καθώς η τάση που δίνουν στην έξοδο είναι ανάλογη με την τάση τροφοδοσίας

Οι δυο A/D κάρτες (Adam 4017+ και Adam 4018) οδηγούνται στο εξάρτημα Advantech Adam 4561 το οποίο είναι ένας μετατροπέας δικτύου συσκευών που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο RS 485 σε επικοινωνία με πρωτόκολλο USB έτσι ώστε να συνδεθεί πολύ εύκολα με ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Τέλος, στο σύστημα μπορεί να προσαρμοστεί μια συσκευή DGPS ώστε σε κάθε καταχώρηση να καταγράφεται και το αντίστοιχο γεωγραφικό μήκος και πλάτος. Η συσκευή DGPS συνδέεται σε μία ξεχωριστή σειριακή θύρα του υπολογιστή για να αποφευχθεί σύγκρουση με τα δεδομένα των δυναμοκυψελών και του αισθητήρα βάθους. Τροφοδοτείται με 12 Vdc και εκπέμπει συνεχώς μία συμβολοσειρά δεδομένων με πρωτόκολλο επικοινωνίας RS 232 που αποτελείται από το γεωγραφικό μήκος, γεωγραφικό πλάτος, αριθμός συνδεδεμένων δορυφόρων και ύψος.

2.3 Λογισμικό

Στον ηλεκτρονικό υπολογιστή υλοποιείται ένα λογισμικό σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic 6.0 με σκοπό την συλλογή και την διαχείριση των δεδομένων της διεργασίας. Το περιβάλλον επικοινωνίας του χρήστη με το λογισμικό υλοποιείται σε παραθυρική μορφή κάνοντάς το φιλικό και εύχρηστο

2.3.1 Ρυθμίσεις παραμέτρων

Όλες οι ρυθμίσεις των παραμέτρων του προγράμματος μπορούν να γίνουν μέσα από ένα αρχείο Config.ini. Οι παράμετροι που μπορούν να οριστούν είναι οι εξής:

Θύρα επικοινωνίας (Com Settings)

- Com: Σειριακή θύρα του υπολογιστή που συνδέεται το εξάρτημα Adam 4561
- Settings: Παράμετροι της σειριακής θύρας σύνδεσης, (baud rate, parity bit, data bits και stop bit)

Ρυθμίσεις GPS

- GExists: Καθορίζεται αν υπάρχει GPS ή όχι στο σύστημα
- GComPort: Η θύρα του υπολογιστή που είναι συνδεδεμένο το DGPS
- GSettings: Οι παράμετροι της σειριακής θύρας σύνδεσης του DGPS, (baud rate, parity bit, data bits και stop bit)

Ρυθμίσεις δειγματοληψίας (Sample)

- StoreTime: Ορίζεται το χρονικό διάστημα λήψης δειγμάτων
- Rate: Ορίζεται η συχνότητα δειγματοληψίας

Ρυθμίσεις αισθητήρα υπερήχων (ultrasonic)

- Port: Η θύρα της κάρτας 4017 που είναι συνδεδεμένος ο αισθητήρας υπερήχων για την μέτρηση του ύψους

Ρυθμίσεις της μέτρησης της τάσης τροφοδοσίας δυναμοκυψελών (voltage)

- Port: Η θύρα της κάρτας 4017 που μετρά την τάση τροφοδοσίας των δυναμοκυψελών

Ρυθμίσεις δυναμοκυψελών (Loadcells)

- L1Port, L2Port,... L5Port: Ορίζονται οι θύρες της κάρτας 4018 που συνδέονται οι δυναμοκυψέλες

Ρυθμίσεις της βάσης καταγραφής των δεδομένων (Data)

- path: Διαδρομή στην οποία βρίσκεται η βάση δεδομένων.

- file: Όνομα αρχείου βάσης δεδομένων
- table: Ο πίνακας της βάσης δεδομένων που αποθηκεύονται οι μετρήσεις
- index: Ορίζονται οι στήλες του πίνακα στις οποίες θα καταχωρηθούν οι τιμές των μεταβλητών του προγράμματος.

Ρυθμίσεις εκτύπωσης αναφοράς (Print)

- Header1Size, Header2Size, Header3Size: Γραμματοσειρά, μέγεθος και μορφή με την οποία θα τυπωθούν η ημερομηνία και η ώρα, οι επικεφαλίδες των στηλών και τα περιεχόμενα του πίνακα.

2.3.2 Οθόνη επικοινωνίας

Κατά την έναρξη της εφαρμογής εμφανίζεται η οθόνη διεπαφής χρήστη συστήματος που έχει την μορφή του Σχήματος 3. Η οθόνη περιλαμβάνει τα εξής πεδία:

Πεδίο 1: Όνομα καταχώρισης των δεδομένων (δίδεται από τον χρήστη).

Πεδίο 2: Συντεταγμένες που λαμβάνονται από το GPS,

Πεδίο 3: Βάθος της διείσδυσης κάθε χρονική στιγμή.

Πεδίο 4: Τάση που ασκείται σε κάθε δυναμοκυψέλη.

Πεδίο 5: Χρονικό της διεργασίας κατά τη συλλογή δεδομένων.

Πεδίο 6: Τρόπος σύνδεσης του διεισδυσιμέτρου με τον υπολογιστή.

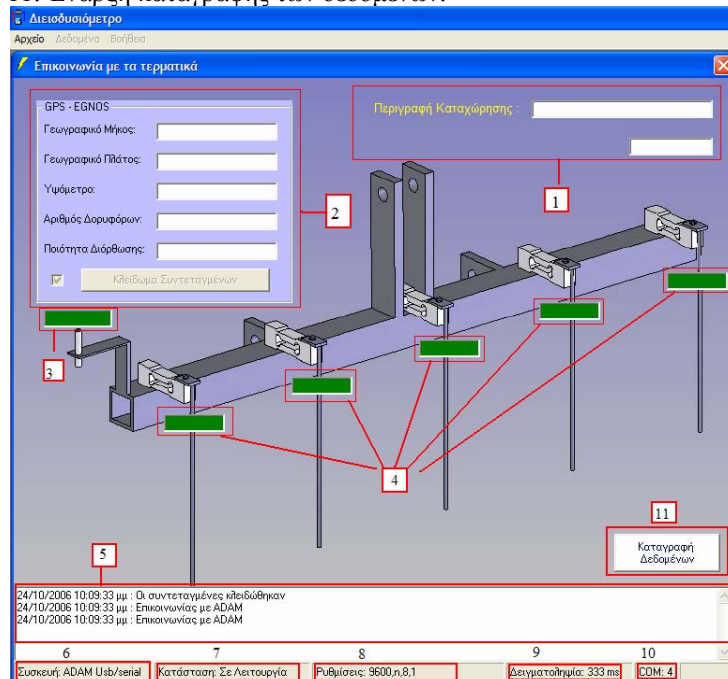
Πεδίο 7: Κατάσταση λειτουργίας του συστήματος.

Πεδίο 8: Ρυθμίσεις επικοινωνίας

Πεδίο 9: Χρονικό διάστημα της δειγματοληψίας.

Πεδίο 10: Θύρα επικοινωνίας συστήματος - υπολογιστή.

Πεδίο 11: Έναρξη καταγραφής των δεδομένων.

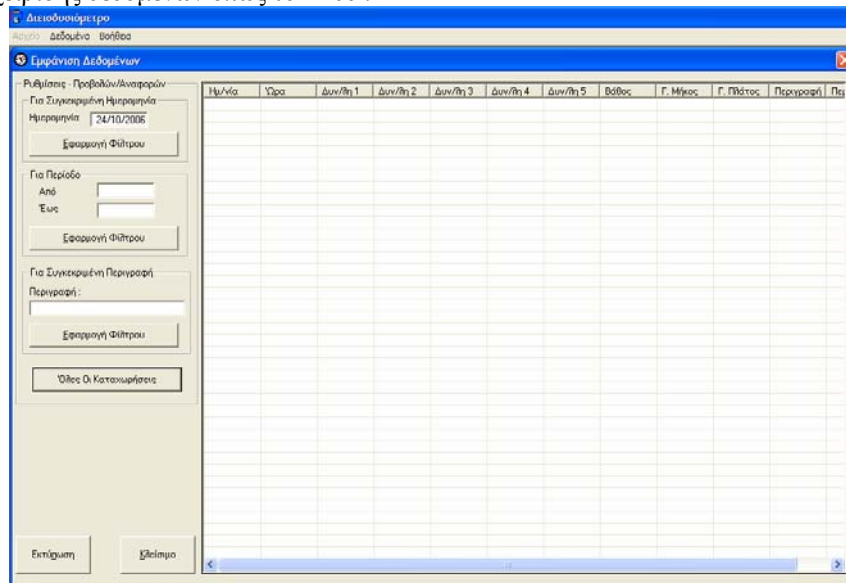


Σχήμα 3. Γραφική διαπροσωπεία ανάλυσης πεδίων

2.3.3.Εμφάνιση δεδομένων

Για την εμφάνιση των δεδομένων που λήφθηκαν από το σύστημα επιλέγεται η καρτέλα «δεδομένα» της οθόνης διεπαφής στο σχήμα 3. Η οθόνη διεπαφής μεταβαίνει

στη μορφή που παρουσιάζεται στο Σχήμα 4. Στο πλαίσιο που εμφανίζονται τα δεδομένα υπάρχουν στήλες που δείχνουν την ημερομηνία και την ώρα που έγινε η καταγραφή, τη δύναμη που ασκήθηκε στην κάθε δυναμοκυψέλη, το γεωγραφικό πλάτος και μήκος καθώς και τη περιγραφή της κάθε μέτρησης. Ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει φίλτρα επιλογής δεδομένων (π.χ. ημερομηνία, περίοδος ή συγκεκριμένη περιγραφή με βάση κάποιο όνομα). Τέλος, επιλέγοντας την εντολή «Επεξεργασία δεδομένων» εμφανίζονται όλες οι καταχωρήσεις στην βάση δεδομένων και τα στοιχεία μπορούν να υποστούν επεξεργασία, προσθήκη, διαγραφή ή εξαγωγή σε ένα άλλο πρόγραμμα διαχείρισης δεδομένων όπως το Excel.



Σχήμα 4. Γραφική διαπροσωπεία εμφάνισης δεδομένων

2.3.4 Μετατροπή δεδομένων

Τα δεδομένα καταγράφονται στη βάση δεδομένων ως τιμές τάσης εξόδου των αισθητηρίων (mV για τις δυναμοκυψέλες και V για τον αισθητήρα υπερήχων). Για να αποκτήσουν την φυσική έννοια των μεταβλητών που προσμετρούν τα δεδομένα χρειάζονται μετατροπή. Για τις μεν δυναμοκυψέλες, η τάση εξόδου είναι ανάλογη με την τάση τροφοδοσίας. Σύμφωνα με τον κατασκευαστή, σε μέγιστο φορτίο 1000N, παράγονται 2mV ανά V τροφοδοσίας. Η τάση τροφοδοσίας έχει ρυθμιστεί στα 12 Vdc ωστόσο είναι ενδεχόμενο να παρουσιάσει μικρές διακυμάνσεις που οφείλονται σε αστάθεια του συστήματος. Για τη βαθμονόμηση των δεδομένων των δυναμοκυψελών χρησιμοποιείται η σχέση:

$$F = V_{out} \times \frac{1000}{2V_{in}}$$

Όπου: F= η δύναμη που μετρούν οι δυναμοκυψέλες (σε N)

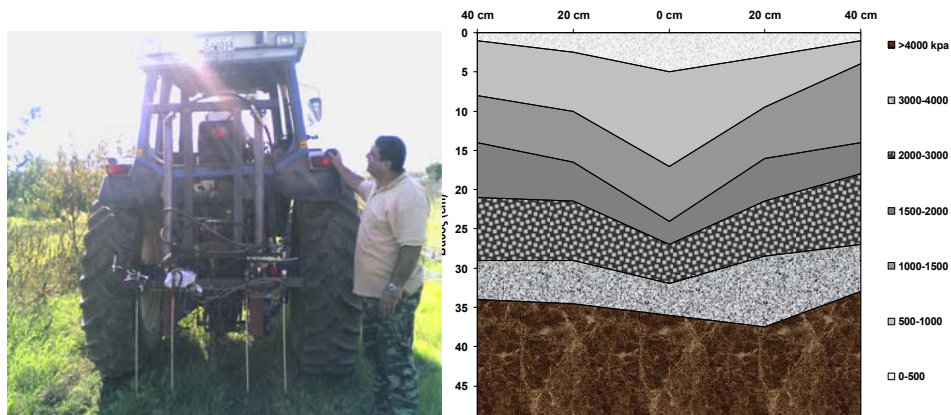
V_{in} = η τάση τροφοδοσίας των δυναμοκυψελών (σε mV)

V_{out} = η τάση εξόδου που καταγράφεται στην βάση δεδομένων (σε mV)

Ο αισθητήρας των υπερήχων διαθέτει ένα εύρος τροφοδοσίας (10-24 Vdc) παράγοντας μια τάση εξόδου 0-10 V η οποία είναι ανεξάρτητη από την τάση τροφοδοσίας. Διαθέτοντας ένα φάσμα ανίχνευσης απόστασης 0-100 cm προκύπτει ότι 1 V εξόδου αντιστοιχεί σε 10 cm.

3. ΔΟΚΙΜΕΣ

Η συσκευή δοκιμάστηκε σε πραγματικές συνθήκες παίρνοντας μετρήσεις σε ένα πειραματικό αγρό όπου υπήρχε μια μεταχείριση κατεργασίας του εδάφους σε λωρίδες (Σχήμα 5). Το χαρακτηριστικό αυτής της μορφής κατεργασίας ήταν ότι το έδαφος κατεργάστηκε σε στενές λωρίδες πλάτους 30 cm και σε βάθος μέχρι 25 cm που απείχαν μεταξύ τους 70 cm. (Στο κέντρο κάθε λωρίδας επρόκειτο να σπαρθεί βαμβάκι). Το διεισδυσιόμετρο τοποθετήθηκε κάθετα στις λωρίδες με τον μεσαίο κώνο να βρίσκεται στο κέντρο της λωρίδας. Με τον τρόπο αυτό λήφθηκαν μια σειρά από μετρήσεις ανιχνεύοντας μια κατακόρυφη κατατομή του εδάφους κάθετα στην κατεργασία. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 6, η συσκευή κατάφερε να ανιχνεύσει την χαλάρωση του εδάφους που υπήρχε στην κεντρική ζώνη.



Σχήμα 5. Μετρήσεις στον αγρό Σχήμα 6. Αποτελέσματα μετρήσεων

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ASABE 2002 Standard S313.2. Soil Cone penetrometer. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph Michigan.
2. Rooney, D.J. and B Lowery. 2000. A profile cone penetrometer for mapping soil horizons. Soil Science Society American Journal vol 64: 2136-2139
3. Tekin Y. and R. Okursoy. 2007. Development of a hydryalic-driven Soil Penetrometer for measuring soil compaction in field conditions. Journal of Applied Sciences 7 (6): 918-921

(196)

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΝΕΟΥ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗ ΤΩΝ ΖΙΖΑΝΙΩΝ ΣΤΗ ΓΡΑΜΜΗ ΣΠΟΡΑΣ

A. Π. Δεδούσης, R. J. Godwin

Cranfield University, Agricultural & Environmental Engineering Group, Cranfield,
MK43 0AL, UK, e-mail: a.dedousis.s04@cranfield.ac.uk

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή παρουσιάζει τη μεθοδολογία για τον σχεδιασμό, κατασκευή και αξιολόγηση ενός νέου μηχανήματος για τη μηχανική καταπολέμηση των ζιζανίων στη γραμμή σποράς. Οι έρευνες προσομοίωσης καθώς επίσης και τα εργαστηριακά πειράματα χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να ορισθούν όλες οι μηχανολογικές και λειτουργικές απαιτήσεις καθώς επίσης και στο να ορισθούν οι βέλτιστες ρυθμίσεις εργασίας του μηχανήματος. Το μηχάνημα έχει τη δυνατότητα να αργαστεί σε ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ των φυτών μέχρι 150 mm και με ταχύτητα 1 m s⁻¹. Το μηχάνημα μπορεί να εργαστεί σε γραμμές με μεταβαλλόμενη απόσταση μεταξύ των φυτών χρησιμοποιώντας κάμερες καθοδήγησης.

DESIGN CONSTRUCTION AND EVALUATION OF A NOVEL MACHINE FOR INTRA-ROW MECHANICAL WEED CONTROL

A. P. Dedousis, R. J. Godwin

Cranfield University, Agricultural & Environmental Engineering Group, Cranfield,
MK43 0AL, UK, e-mail: a.dedousis.s04@cranfield.ac.uk

ABSTRACT

This paper presents the research methodology into the design and performance of a novel machine for intra-row mechanical weed control. The simulation and controlled laboratory studies aid the design and specification of the optimum working properties of the proposed machine. The system can work at minimum intra-row spacing of 150 mm at a 1 m s⁻¹ forward speed. The machine can cope with the intra-row spacing variability using machine vision.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον για τη μηχανική καταπολέμηση των ζιζανίων, λόγω της ανησυχίας για την περιβαλλοντική υποβάθμιση των εδαφών και υδάτων. Επίσης υπάρχει αυξημένη ζήτηση για οργανικά τρόφιμα από τους καταναλωτές [1], [2], [3]. Τα ζιζάνια τα οποία βρίσκονται μεταξύ των γραμμών της καλλιέργειας μπορούν να καταπολεμηθούν με απλά εργαλεία τα οποία είναι διαθέσιμα λόγω της εύκολης πρόσβασης μεταξύ των σειρών της καλλιέργειας. Τα ζιζάνια που βρίσκονται στη γραμμή σποράς είναι δύσκολο να καταπολεμηθούν με μηχανικό τρόπο λόγω του ότι βρίσκονται πολύ κοντά στα φυτά και υπάρχει κίνδυνος καταστροφής της καλλιέργειας.

Διάφορες έρευνες έχουν διεξαχθεί τη τελευταία δεκαετία προκειμένου να αναπτυχθεί ένα σύστημα για τη μηχανική καταπολέμηση των ζιζανίων στη γραμμή σποράς [4], [5], [6], [7], [8]. Σύμφωνα με τους Griepentrog et al., [6] οι κοινές αρχές αυτών των συστημάτων είναι, να καθοδηγήσουν ενεργά ή να ενεργοποιήσουν ένα εργαλείο στη γραμμή σποράς. Οι πληροφορίες για τη θέση του κάθε φυτού στη γραμμή σποράς μπορούν να προέλθουν από χρόνο αισθητήρες που λειτουργούν σε πραγματικό (real-time sensors) [9], [10], [11] ή σε μη απευθείας σύνδεση από τα στοιχεία GPS και τους χρόνους πτώσης σπόρου που καταγράφονται κατά τη διάρκεια της σποράς [12]. Ο μηχανισμός που εξετάζεται σε αυτή την εργασία και περιγράφεται από τους Dedousis et al., [13] και O'Dogherty et al., [14] αποτελείται από έναν ειδικά σχεδιασμένο δίσκο του οποίου έχει αφαιρεθεί ένας τομέας που περιστρέφεται γύρω από κατακόρυφο άξονα. Το κέντρο του δίσκου που περιστρέφεται κινείται σε μια απόσταση παράλληλα από το κέντρο της γραμμής σποράς έτσι ώστε να καλλιεργεί το έδαφος μεταξύ των φυτών αλλά αφήνοντας αδιατάραχτα τα χρήσιμα φυτά μέσω του αφαιρεμένου τομέα του δίσκου. Επιπλέον, ο δίσκος καλλιεργεί το έδαφος μεταξύ των γραμμών σποράς με τη βοήθεια συμβατικών υνιών (Inter-row blades) [14].

Η εργασία αυτή παρουσιάζει έρευνες προσομοίωσης, εργαστηριακές μετρήσεις και πειράματα στον αγρό σχετικά με τον σχεδιασμό τη κατασκευή και την αξιολόγηση ενός νέου μηχανήματος για τη μηχανική καταπολέμηση των ζιζανίων στη γραμμή σποράς. Η επίδραση του βάθους εργασίας στις δυνάμεις έλξης και κατακόρυφες καθώς επίσης και στη ροπή αναλύθηκαν προκειμένου να προσδιοριστεί η κατάλληλη γεωμετρία και να οριστούν οι βέλτιστες ρυθμίσεις εργασίας για έναν δίσκο προκειμένου να καταπολεμήσει τα ζιζάνια με μηχανικό τρόπο με τις χαμηλότερες απαιτήσεις σε ισχύ.

Πειράματα στον αγρό του προτύπου μηχανήματος σε προϊόντα υψηλής αξίας έδειξαν ότι τα επίπεδα ζημιάς στη καλλιέργεια εξαιτίας του μηχανήματος ήταν ελάχιστα, με μείωση των ζιζανίων στη γραμμή σποράς μέχρι 87%.

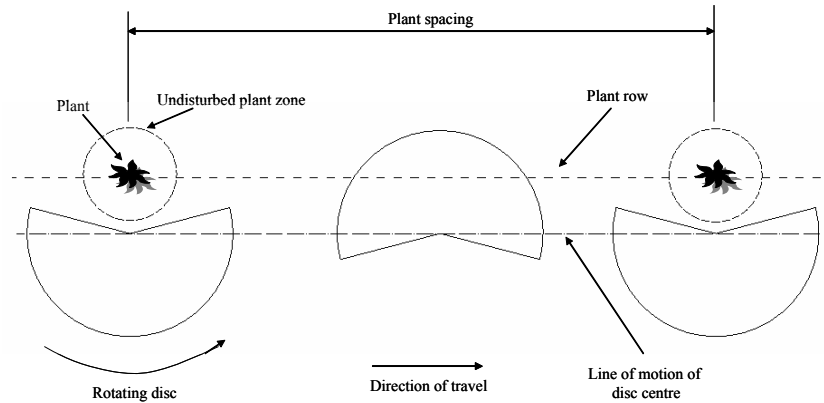
2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑΣ ΤΟΥ ΔΙΣΚΟΥ

Ένας περιστρεφόμενος δίσκος που μπορεί να λειτουργήσει στην γραμμή σποράς για να καταπολεμήσει τα ζιζάνια, τα καταστρέφει όχι μόνο με την κάλυψη τους με χώμα, αλλά και με την κοπή αυτών, ο όποιος είναι αποτελεσματικότερος αφού συνδυάζει δύο ενέργειες (burial with soil, cutting) καταπολέμησης [15], [16].

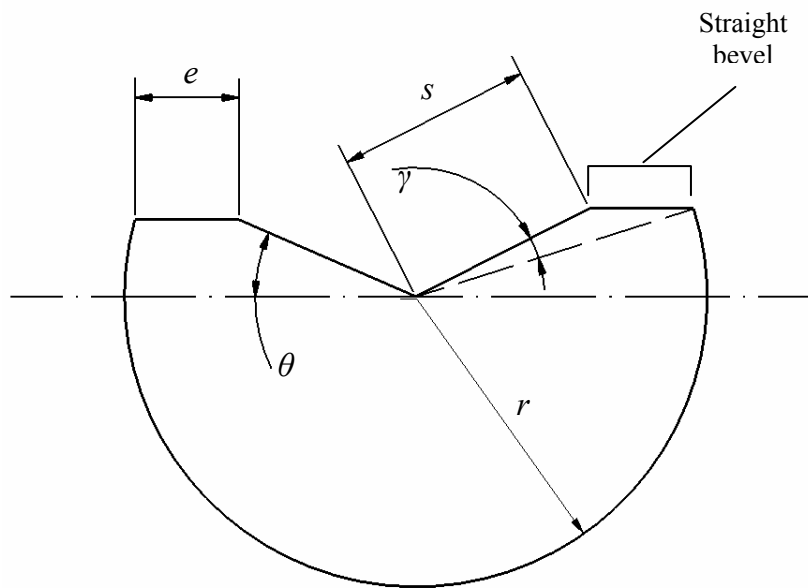
Η γεωμετρία των δίσκων είναι ένας συμβιβασμός μεταξύ της απαραίτητης μεγιστοποίησης της καλλιεργούμενης περιοχής και της επαρκούς ανοχής στην πλευρική και γωνιακή μη ευθυγράμμιση, η οποία εάν είναι ανεπαρκής, θα τραυματίσει τα φυτά στη γραμμή σποράς. Η ανοχή που απαιτείται εξαρτάται από τη δυναμική απόδοση του συστήματος συνολικά και τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης των φυτών (growth habit) [11].

Η απόσταση μεταξύ των φυτών στη γραμμή σποράς ορίστηκε στα 300 mm και η αδιατάραχτη διάμετρος (undisturbed zone) που περικλείει τα φυτά σε 80 mm (Σχήμα 1). Μια αρχική γωνία του αφαιρούμενου τομέα σχεδιάστηκε και έπειτα ο δίσκος

περιστράφηκε 36° μετά από 30 mm. Αυτό επαναλήφθηκε έως ότου περιστράφηκε ο δίσκος 360° σε 300 mm. Διάφοροι συνδυασμοί δίσκων ερευνήθηκαν προκειμένου να καθοριστεί η βέλτιστη γεωμετρία του δίσκου καθώς επίσης και απόσταση εργασίας αυτού από τη γραμμή σποράς. Σε αυτήν την μελέτη η ανοχή του δίσκου λόγω πλευρικής και γωνιακής μη ευθυγράμμισης δεν λήφθηκε υπόψη. Οι δοκιμές από τον Tillett et al., [11] και Tillett and Hague [10] έδειξαν 10 mm και 10° πλευρική και γωνιακή μη ευθυγράμμιση αντίστοιχα.



Σχήμα 1. Εννοιολογικό διάγραμμα του περιστρεφόμενου δισκο-καλλιεργητή



Σχήμα 2. Γεωμετρικά στοιχεία του δίσκου (r : 87,5 mm, e : 34 mm, s : 54 mm, γ : 12° , θ : 25°)

Ένα μαθηματικό μοντέλο της κινηματικής των περιστρεφόμενων δίσκων αναπτύχθηκε από τους O'Dogherty et al., [14], το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως

εργαλείο υπολογισμού της κινηματικής διαφόρων εργαλείων όπως στο σχεδιασμό περιστρεφόμενων δίσκων. Τα αποτελέσματα από τη γραφική προσομοίωση επιβεβαιώθηκαν από το μαθηματικό μοντέλο της κινηματικής των περιστρεφόμενων δίσκων. Οι διαστάσεις και η μορφή των δίσκων που χρησιμοποιήθηκαν και για τις δύο γεωμετρίες απεικονίζονται στα Σχήματα 2 και 3.

Ο χρόνος t σε s για το κέντρο του δίσκου να κινηθεί μεταξύ των κέντρων των φυτών σύμφωνα με τη γραμμική κίνησή του παράλληλα στη γραμμική σποράς δίνεται από:

$$t = \frac{d}{v} \quad (1)$$

όπου: d είναι η απόσταση σε m μεταξύ των κέντρων των φυτών και v είναι η ταχύτητα κίνησης των δίσκων σε m s^{-1} . Σε αυτήν την περίοδο, ο δίσκος πρέπει να διαγράψει μια πλήρη περιστροφή, έτσι η περιστροφική ταχύτητά της, R σε s^{-1} δίνεται από:

$$R = \frac{v}{d} \quad (2)$$

Η γωνιακή ταχύτητα ω σε rad s^{-1} του δίσκου, επομένως, είναι:

$$\omega = \frac{2\pi v}{d} \quad (3)$$

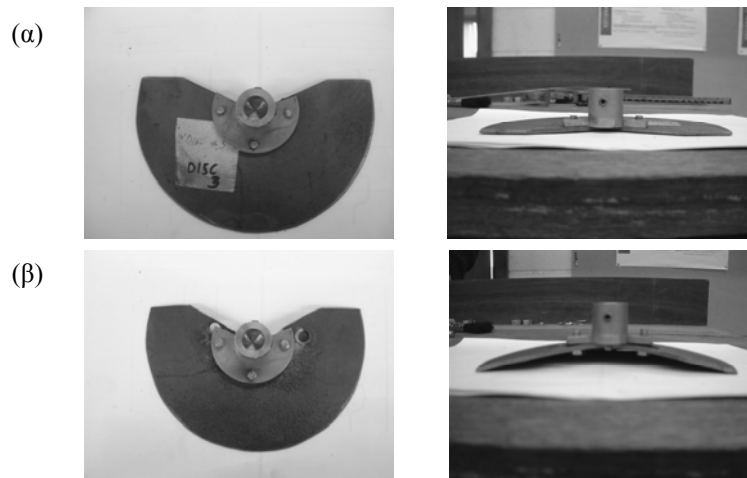
3. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΣΤΗ ΕΔΑΦΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΔΙΣΚΩΝ

Ο τύπος και ο βαθμός της διατάραξης του εδάφους είναι ο πρωταρχικός παράγοντας κατά την επιλογή των εργαλείων κατεργασίας μαζί με τις απαιτήσεις της δύναμης έλξης και διείδυσης (κατακόρυφες δυνάμεις) για την αποδοτική λειτουργία τους [17]. Η επίδραση του βάθους εργασίας, της γωνίας κλίσης και της γεωμετρίας των δίσκων στις δυνάμεις έλξης και διείδυσης καθώς επίσης και της αστοχίας του εδάφους για επίπεδους και κυρτούς δίσκους (Σχήμα 3) αξιολογήθηκε στο εργαστήριο εδαφοδυναμικής του πανεπιστημίου Cranfield στο Silsoe. Τέσσερις γωνίες κλίσης (0° , 5° , 10° και 15°) εξετάστηκαν με ταχύτητα εργασίας, $0,5 \text{ m s}^{-1}$ ($1,8 \text{ km h}^{-1}$) και περιστροφική ταχύτητα $1,6 \text{ rev s}^{-1}$ σε 10 mm βάθος εργασίας. Τέσσερα βάθη εργασίας (10 mm , 15 mm , 20 mm και 25 mm) εξετάστηκαν με ταχύτητα εργασίας $0,5 \text{ m s}^{-1}$ και περιστροφική ταχύτητα $1,6 \text{ rev s}^{-1}$ και 0° γωνία κλίσης εξετάστηκε κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται ένα μέρος των αποτελεσμάτων της επίδρασης του βάθους εργασίας των δίσκων στις δυνάμεις έλξης και τις κατακόρυφες, καθώς επίσης και της ροπής.

3.1. Εργαστηριακή πειραματική συσκευή εδαφοδυναμικής

Η εσωτερική εδαφο-λεκάνη του εργαστηρίου έχει 20 m μήκος, $1,7 \text{ m}$ πλάτος και 1 m βάθος. Στο οπίσθιο τμήμα του επεξεργαστή (soil-bin processor) η πειραματική συσκευή είναι συνδεδεμένη με ένα δυναμόμετρο (Extended Octagonal Ring Transducer). Το δυναμόμετρο παρέχει πληροφορίες για τις οριζόντιες (draught force) και κατακόρυφες (vertical force) δυνάμεις που εφαρμόζονται στο δίσκο. Το έδαφος προετοιμάστηκε ανά στρώματα των 50 mm προκειμένου να επιτευχθεί ομοιομορφία και να περιοριστούν στο ελάχιστο παράγοντες που μπορούν να αλλιώσουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων υπό ελεγχόμενες συνθήκες.

Ο τύπος του εδάφους που χρησιμοποιήθηκε ήταν αμμολιώδες με 66% , 17% , και 17% ποσοστό άμμου, ιλύος και αργίλου αντίστοιχα. Η μέση περιεκτικότητα της εδαφικής υγρασίας ήταν 8% με μια τυπική απόκλιση $0,79\%$. Το μέσο φαινόμενο ειδικό βάρος πριν από την επεξεργασία ήταν 1549 kg m^{-3} με μια τυπική απόκλιση $57,85 \text{ kg m}^{-3}$.



Σχήμα 3. Γεωμετρία δίσκων που αξιολογήθηκε στα ελεγχόμενα εργαστηριακά πειράματα, (α) επίπεδος δίσκος (β) κυρτός δίσκος

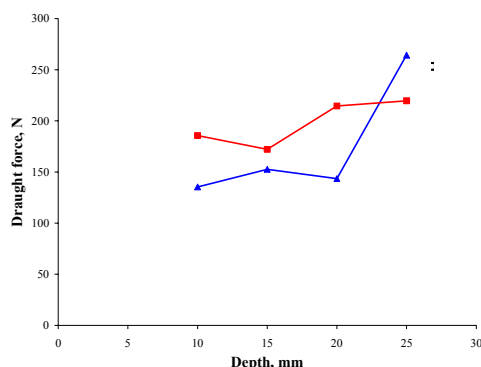
3.2. Η επίδραση του βάθους εργασίας των δίσκων στις ελκτικές και κατακόρυφες δυνάμεις

Το Σχήμα 4 παρουσιάζει την επίδραση του βάθους εργασίας στη δύναμη έλξης για έναν κυρτό και επίπεδο δίσκο που λειτουργεί σε τέσσερα βάθη, με γωνία κλίσης, 0° , ταχύτητα εργασίας $0,5 \text{ m s}^{-1}$ και περιστροφική ταχύτητα $1,6 \text{ rev s}^{-1}$. Η δύναμη έλξης για τον κυρτό δίσκο είναι μεγαλύτερη από τον αντίστοιχο επίπεδο δίσκο για βάθη μέχρι 20 mm. Η δύναμη έλξης για τον επίπεδο δίσκο ήταν από 135 N μέχρι 152 N και για τον κυρτό δίσκο ήταν από 185 N μέχρι 214 N, για βάθη από 10 mm μέχρι 20 mm. Σε 25 mm βάθος εργασίας υπάρχει μια σημαντική αύξηση και για τους δύο δίσκους με 264 N και 220 N για τον επίπεδο και κυρτό δίσκο αντίστοιχα. Η αύξηση στη δύναμη έλξης από τα 20 mm στα 25 mm βάθους εργασίας για τον επίπεδο δίσκο δείχνει, ότι ο δίσκος λειτουργεί πιθανώς κάτω από το κρίσιμο βάθος (critical depth), το οποίο αφορά το πάχος του δίσκου (3 mm) σε σχέση με το βάθος εργασίας όπου η αστοχία του εδάφους πλησιάζει την bearing capacity failure επάνω, κάτω και στην άκρη των δίσκων που είναι σε γενικές γραμμές παρόμοια με αυτήν που περιγράφεται από τους Godwin and Spoor [18] για μικρού πλάτους καλλιεργητές (narrow tines). Αυτό το φαινόμενο αύξησε τη δύναμη έλξης κατά 84% από τα 20 mm στα 25 mm βάθους εργασίας για τον επίπεδο δίσκο.

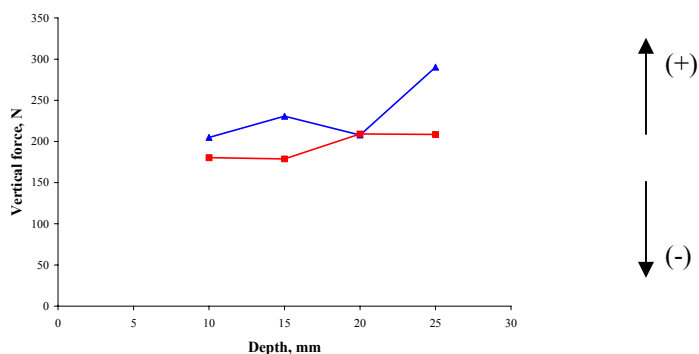
Η διεύθυνση της κατακόρυφης δύναμης ήταν ανοδική και αυξήθηκε με το βάθος εργασίας, τείνοντας κατά συνέπεια να ανυψώσει το δίσκο από το έδαφος (Σχήμα 5). Ο επίπεδος δίσκος απαιτούσε από 205 N μέχρι 290 N για βάθη εργασίας από 10 έως 25 mm και ο αντίστοιχος κυρτός δίσκος απαιτούσε σημαντικά λιγότερο από 180 N μέχρι 208 N.

Το Σχήμα 6 παρουσιάζει το μέγεθος της ροπής για τις δύο διαφορετικές γεωμετρίες δίσκων σε διάφορα βάθη εργασίας. Η μέση ροπή που απαιτείται για να περιστρέψει τον κυρτό δίσκο είναι 67% περισσότερη απ' ό,τι για τον επίπεδο δίσκο.

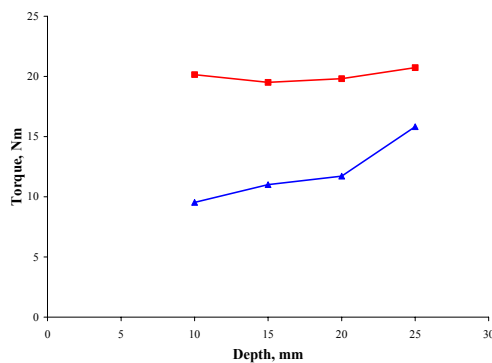
Η ροπή για τον κυρτό δίσκο είναι ομοιόμορφη για τη σειρά των βαθών που εξετάστηκαν με τη μέση τιμή της ροπής να είναι 20 Nm η οποία είναι σημαντικά διαφορετική από τα 10 mm μέχρι τα 15 mm βάθους εργασίας. Σε βάθη από 15 mm μέχρι 20 mm η ροπή δεν ήταν σημαντικά διαφορετική. Για τον επίπεδο δίσκο η ροπή αυξάνεται με το βάθος εργασίας από 9,5 Nm σε 15,8 Nm, για βάθη εργασίας από 10 mm μέχρι 25 mm.



Σχήμα 4. Η επίδραση του βάθους εργασίας του επίπεδου (▲) και κυρτού (■) δίσκου στη μέση τιμή της δύναμης έλξης



Σχήμα 5. Η επίδραση του βάθους εργασίας του επίπεδου (▲) και κυρτού (■) δίσκου στη μέση τιμή της κάθετης δύναμης



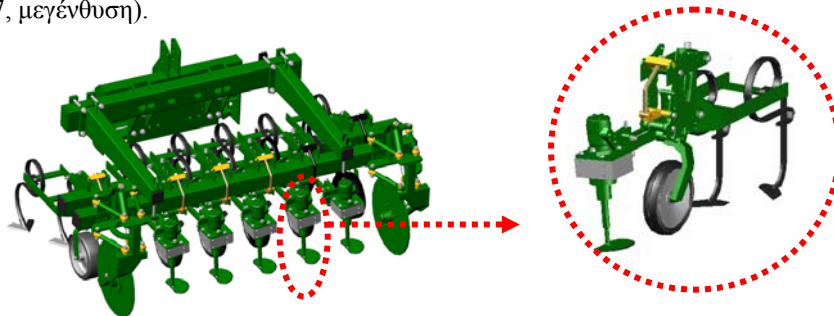
Σχήμα 6. Η επίδραση του βάθους εργασίας του επίπεδου (▲) και κυρτού (■) δίσκου στη μέση τιμή της ροπής

4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΣΤΟΝ ΑΓΡΟ ΤΟΥ ΠΡΟΤΟΤΥΠΟΥ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ

4.1. Γενική περιγραφή του μηχανήματος

Το προτότυπο μηχάνημα κατασκευάστηκε από την εταιρεία Garford Farm Machinery, UK με βάση το υπάρχον μηχάνημα της εταιρείας, Robocrop για καταπολέμηση των ζιζανίων μεταξύ των γραμμών σποράς. Η κάμερα καθοδήγησης

τοποθετήθηκε στο μέσο του μηχανήματος σε μια απόσταση 1,7 m από την επιφάνεια του εδάφους, με μέγιστη εμπρόσθια ορατότητα 2,5 m. Οι περιστρεφόμενοι δισκοκαλλιεργητές (Σχήμα 7) τοποθετήθηκαν σε ειδική κατασκευή που αποτελείται από τον κινητήρα, τον τροχό ρύθμισης του βάθους εργασίας καθώς επίσης και τους καλλιεργητές για καταπολέμηση των ζιζανίων ανάμεσα από τις γραμμές σποράς (Σχήμα 7, μεγένθυση).



Σχήμα 7. 3D Σχέδιο του προτύπου μηχανήματος πέντε σειρών και μεγένθυση ενός μόνο στοιχείου με το δίσκο και τους καλλιεργητές

4.2. Γενική περιγραφή του συστήματος καθοδήγησης

Η θέση των φυτών και της φάσης προσέγγισής τους σχετικά με τον περιστρεφόμενο δίσκο ανιχνεύθηκε χρησιμοποιώντας κάμερες καθοδήγησης. Ο αλγόριθμος εντοπισμού των φυτών αναπτύχθηκε από την εταιρεία Tillet & Hague Technology Ltd που συμμετείχαν στο ερευνητικό πρόγραμμα HortLink που χρηματοδοτήθηκε από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Τροφίμων και Αγροτικών Υποθέσεων (DEFRA, UK) της Αγγλίας (κωδικός προγράμματος: HL0173LFV). Ο αλγόριθμος εντοπισμού των φυτών είναι βασισμένος σε μύκη κύματος δύο διαστάσεων και παρέχει χωροταξικές πληροφορίες για τη θέση κάθε φυτού ξεχωριστά. Η τοποθέτηση του φίλτρου ανίχνευσης (Mexican hat) βασίζεται στις προβλέψιμες θέσεις των φυτών χρησιμοποιώντας ένα φίλτρο Κάλμαν. Το λογισμικό έχει δοκιμαστεί με επιτυχία σε πειράματα στο αγρό σε μια σειρά αποστάσεων μεταξύ των φυτών στη γραμμή σποράς καθώς επίσης και σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης αυτών. Προκαταρκτικά αποτελέσματα σχετικά με τη ανάπτυξη του λογισμικού αναφέρονται από τους Tillet et al., [11].

4.3. Αποτελέσματα

Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα από τη δοκιμή του μηχανήματος σε λαχανικά με αποστάσεις μεταξύ των φυτών 500 mm έδειξαν ότι η κάλυψη της περιοχής ανάμεσα στα φυτά ήταν 95% και η καταστροφή των ζιζανίων που επιτευχθηκε με μια μόνο μεταχείριση ήταν 87%.



Σχήμα 8. Φωτογραφία πριν και δύο εβδομάδες μετά τη χρησιμοποίηση του περιστρεφόμενου δισκοκαλλιεργητή από τα πειράματα στον αγρό (Σεπτέμβριος 2006)

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ένα νέο μηχάνημα για την καταπολέμηση των ζιζανίων στη γραμμή σποράς σχεδιάστηκε, κατασκευάστηκε και αξιολογήθηκε σε μια σειρά πειραμάτων στο εργαστήριο και τον αγρό. Τα ακόλουθα συμπεράσματα προέκυψαν από την εργασία:

1. Η γωνία κλίσης εργασίας του δίσκου σε σχέση με το έδαφος (rake angle) και η γεωμετρία των δίσκων έχουν σημαντική επίδραση στις δυνάμεις έλξης και κατακόρυφες καθής επίσης και στο μέγεθος και μορφή της αστοχίας (διάτμησης) του εδάφους (resulting tilth).

2. Μια μικρή αύξηση στη γωνία κλίσης του δίσκου μειώνει σημαντικά το μέγεθος των ασκούμενων δυνάμεων.

4. Το μηχάνημα μπορεί να επιτύχει μια μείωση ζιζανίων στη γραμμή σποράς μέχρι 87%.

5. Όσο αυξάνεται η απόσταση μεταξύ των φυτών στη γραμμή σποράς, αυξάνεται η επι τις εκατό επεξεργασμένη επιφάνεια, από 83% σε 95% για αποστάσεις μεταξύ των φυτών από 200 mm μέχρι 500 mm.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Fogelberg F; Kritz G (1999). Intra-row weeding with brushes on vertical axes-factors influencing in-row soil height. *Soil and Tillage Research*, 50 (2), 149-157,
2. Bond, W., Grundy, A. C. 2001. Non-chemical weed management in organic farming systems. *Weed Research*, 41 (5), 383-405.
3. Dedousis, A. P. & Godwin, R. J. 2005. Precision mechanical weed control. In: Proceedings of the 13th European Weed Research Society Symposium, Bari, Italy.
4. Kouwenhoven J K (1997). Intra-row mechanical weed control-possibilities and problems. *Soil and Tillage Research*, 41, 87-104
5. Home M (2003). An investigation into the design of cultivation systems for inter- and intra-row weed control. EngD Thesis, Cranfield University, Silsoe, United Kingdom
6. Griepentrog, H. W., Norremark, M., Nielsen, J. 2006. Autonomous intra-row rotor weeding based on GPS. In Proceedings of the Agricultural Engineering World Congress, Bonn, Germany.
7. Dedousis, A. P., Godwin, R. J., O'Dogherty, M. J., Tillett, N. D. & Brighton, J. L. 2006a. Effect of implement geometry and inclination angle on soil failure and forces acting on a shallow rotating disc for inter and intra-row hoeing. In: Advances in GeoEcology, Soil Management for Sustainability, Vol 38, 15-20.
8. Dedousis A.P., O'Dogherty M J., Godwin R J, Tillett N.D. & Brighton J.L. 2006b. A novel approach to precision mechanical weed control with a rotating disc for inter and intra-row weed hoeing. In: Proceedings of the 17th Triennial Conference of the International Soil Tillage Research Organisation , Kiel, Germany.
9. Aastrand B; Baerveldt A J (2005). A vision based row-following system for agricultural field machinery. *Mechatronics*, 15 (2), 251-269
10. Tillett, N. D. and Hague, T. 2006. Increasing work rate in vision guided precision banded operations. *Biosystems Engineering* 94 (4), 487-494.
11. Tillett, N. D., Hague, T., Grundy, A., and Dedousis, A. P. 2007. A vision guided system using rotating discs for within-row mechanical weed control. Proceedings of the 6th European Conference in Precision Agriculture, Skiathos, Greece.
12. Griepentrog, H. W., Norremark, M., Nielsen, J., Blackmore, B. S. 2005. Seed mapping of sugar beet. *Precision Agriculture*, 6 (2), 157-165.

13. Dedousis, A. P., Godwin, R.J., O'Dogherty, M .J., Tillett N.D., & Grundy, A. C. 2007. Inter and intra-row mechanical weed control with rotating discs. Proceedings of the 6th European Conference in Precision Agriculture, Skiathos, Greece.
14. O'Dogherty M J; Godwin R J; Dedousis A P; Brighton J L; Tillett N D (2007). A mathematical model of the kinematics of a rotating disc for inter- and intra-row hoeing. *Biosystems Engineering*, 96 (2), 169-179,
15. Jones P A; Blair A M; Orson J H (1995). The effect of different types of psysical damage to four weed species. In: Brighton crop protection conference-weeds, 653-658, Brighton, UK
16. Jones P A; Blair A M; Orson J H (1996). Mechanical damage to kill weeds. In: Second international weed control congress, 949-954, Copenhagen, Denmark
17. Godwin R J (2007). A review of the effect of implement geometry on soil failure and implement forces. *Soil and Tillage Research*, (in press)
18. Godwin R. & Spoor G. (1977) Soil failure with narrow tines. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 22, 213-228.

(228)

Η ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΤΩΝ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΕΛΚΥΣΤΗΡΩΝ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΔΟΣΗ ΤΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Α. Νάτσης¹, Θ. Γέμτος², Ε. Μυγδάκος³, Η. Νάτσης⁴

¹ ΓΠΑ, Ιερά Οδός 75, ΤΚ 11855 Βοτανικό Αθήνα, e-mail: lmac2naa@aau.gr

² Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας, Βόλος

³ Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων Αγροτικών Προϊόντων
και Τροφίμων, Αγρίνιο, e-mail: emygdak@cc.uoi.gr

⁴ Εταιρία NEW HOLLAND Αθήνα : ΟΡΦΕΩΣ 113, ΡΟΥΦ, ΤΚ 11855

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η έγκαιρη εκτέλεση των εργασιών από τα γεωργικά μηχανήματα επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες και κυρίως από τις διαθέσιμες ημέρες εργασίας, το μέγεθος και η δυναμικότητα των μηχανημάτων αλλά και η αξιοπιστία τους. Η γνώση της αξιοπιστίας ενός μηχανήματος έχει μεγάλη σημασία διότι δίνει τη δυνατότητα προσδιορισμού αφενός μεν των αναγκών σε ανταλλακτικά εξαρτήματα σε είδος και ποσότητα και αφετέρου του υπολογισμού των απωλειών των ωρών εργασίας των μηχανημάτων αλλά και των προϊόντων σε ποσότητα και αξία. Η παρούσα εργασία διερευνά την αξιοπιστία των ελκυστήρων τύπου FORD 6600-6610 για τις Ελληνικές συνθήκες. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι απώλειες από τις καθυστερήσεις λόγω βλαβών ανέρχονται σε 12 ώρες ετησίως, ενώ οι απώλειες παραγωγής μπορούν να φτάνουν το 4% από καθυστερήσεις εκτέλεσης εργασιών.

FARM TRACTOR RELIABILITY AND EFFECT IN CROP YIELD

A. Natsis¹, T.A. Gemtos², E. Mygdakos³, H. Natsis⁴

¹ Agricultural University of Athens, Iera Street 75, 11855 Votanikos Athens.

² University of Thessaly, Dept of Agriculture, Volos e-mail: gemots@agr.uth.gr

³ University of Ioannina, Dept of Management of Companies of Agricultural products
and Food, Agrinio, e-mail: emygdak@cc.uoi.gr

⁴ NEW HOLLAND Co. Athens, Orfeos 113, 11855, Rouf

ABSTRACT

Timely execution of farm works by farm machinery is affected by factors as working days, size of the machinery as well as their reliability. Farm machinery reliability is important because it permits the estimation of the spare parts requirements by the dealers and the working hours losses by the farmer. The present paper aims at the study of the reliability of the farm tractors FORD 6600 –6610 under Greek conditions. The results showed that 12 hours per year are lost due to tractors break downs (timeliness cost). This time loss can cause a 4% yield losses due to delayed execution of field works.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αξιοπιστία είναι η πιθανότητα με την οποία ένα μηχανικό στοιχείο ή ένα σύνολο μηχανικών στοιχείων ηλικίας (T) θα λειτουργήσει για μια χρονική περίοδο (t) σύμφωνα με τις υπάρχουσες προδιαγραφές και κάτω από τις συνθήκες που επικρατούν στην συγκεκριμένη περιοχή. Η συνεχής παρακολούθηση της αξιοπιστίας των μηχανικών μονάδων και των στοιχείων που απαρτίζουν το μηχανικό σύστημα, είναι απαραίτητη, διότι επηρεάζει τη λειτουργία ολόκληρου του συστήματος και επιδρά στην ανταπόκριση του συστήματος στις απαιτήσεις της εκτελούμενης εργασίας. Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αξιοπιστία ενός μηχανικού συστήματος είναι

1. Η ποιότητα σχεδίασης και κατασκευής των εξαρτημάτων
2. Η συντήρηση και ρύθμιση των μηχανισμών του.
3. Η κόπωση υλικών κατασκευής τους.
4. Ο τρόπος και η ορθολογική χρήση του συστήματος.
5. Η διάρκεια και οι συνθήκες λειτουργίας του
6. Το είδος εργασίας κ.α.

Ως αστοχία χαρακτηρίζεται η αδυναμία συνέχισης της λειτουργίας ενός μηχανήματος μέχρι το τέλος κάποιας χρονικής περιόδου, λόγω βλάβης κάποιου στοιχείου αυτού. Η αστοχία των μηχανικών συστημάτων επιδρά άμεσα στην απόδοση και την εκτέλεση των εργασιών στο συγκεκριμένο χρόνο, όπως για παράδειγμα, η μη έγκαιρη εκτέλεση των εργασιών, η απώλεια της παραγωγής, η υποβάθμιση της ποιότητας κ.λ.π. Βεβαίως η απόδοση ενός μηχανήματος επηρεάζεται και από το μέγεθος του, τις κατάλληλες ημέρες εργασίας, την ταχύτητα εργασίας, την ικανότητα του χειριστή κ.λ.π.

Η συνάρτηση $F(t)$ της πιθανότητας αστοχίας (βλάβης) των μηχανικών συστημάτων μπορεί να έχει διάφορες μορφές κατανομών. Ο Δρακάτος [4], θεωρεί το μηχανικό σύστημα (ελκυστήρα) ως ένα πλήρες σύστημα που αποτελείται από πολλά στοιχεία, καθένα από τα οποία έχει ανεξάρτητους χρόνους ανάμεσα σε δύο βλάβες. Ο ίδιος ερευνητής απέδειξε ότι η εκθετική κατανομή δίνει καλύτερα αποτελέσματα, για τον υπολογισμό της αξιοπιστίας του μηχανικού συστήματος. Ένα σύστημα δεν λειτουργεί όταν υπάρχει βλάβη ακόμα και ενός στοιχείου, οπότε η ακολουθία των βλαβών του στο χρόνο είναι απλά η ακολουθία όλων των βλαβών των ατομικών στοιχείων. Το χαρακτηριστικό της εκθετικής κατανομής είναι ο ανεξάρτητος χρόνος αστοχιών για κάθε εξάρτημα, γι' αυτό και οι αστοχίες αυτές, καλούνται και «τυχαίες» αστοχίες και περιγράφονται πλήρως από την εκθετική κατανομή.

Θεωρητικό μοντέλο της εκθετικής κατανομής

Από θεωρητικής πλευράς η εκθετική κατανομή περιγράφεται με την παρακάτω εξίσωση καλούμενη και συνάρτηση αξιοπιστίας η συνάρτηση επιβίωσης [1]

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (1)$$

όπου:

$R(t)$ – συνάρτηση αξιοπιστίας (reliability function)

t – χρονική περίοδος

λ – σταθερός όρος

e – βάση φυσικών λογάριθμων.

Η συνάρτηση αστοχίας στον αντίστοιχο χρόνο δίνεται από τον τύπο:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (2)$$

και η συνάρτηση πυκνότητας αστοχίας (density function) δίνεται από την εξίσωση:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (3)$$

Γενικά για ένα μηχανικό σύστημα ισχύ η σχέση

$$R + F = 1 \quad (4)$$

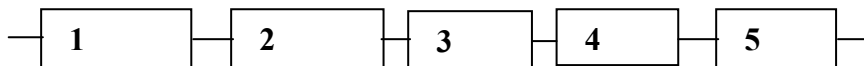
Για τα γεωργικά μηχανήματα και τους ελκυστήρες, από όλες τις συναρτήσεις κατανομής που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της αξιοπιστίας, καλύτερα αποτελέσματα δίνει η συνάρτηση εκθετικής κατανομής. [2,3,4,5]

Ο προσδιορισμός της αξιοπιστίας ενός μηχανήματος είναι μία δύσκολη διεργασία, διότι απαιτούνται πολυδιάστατα σύνολα εμπιστοσύνης για να καθοριστούν τα όρια της αξιοπιστίας του συστήματος. Αλλιώς, είτε το διάστημα της αξιοπιστίας γίνεται υπερβολικά ευρύ, είτε ο συντελεστής εμπιστοσύνης γίνεται πολύ μικρός. Η ελαχιστοποίηση των αστοχιών (βλαβών) έχει σαν αποτέλεσμα την αποδοτικότερη λειτουργία των μηχανημάτων. Η λειτουργία όμως των μηχανημάτων προκειμένου να επιτυγχάνεται η άριστη απόδοση τους είναι άμεσα συνδεδεμένη με πολλές μεταβλητές. Η «στενή» σχέση μεταξύ ελαχιστοποίησης και συχνότητας των αστοχιών, η αύξηση της αξιοπιστίας και της διάρκειας χρόνου λειτουργίας ενός συστήματος, η απόδοση και η ποιότητα συντήρησης μαζί με το κόστος παραγωγής δημιουργούν δυσχέρειες στην ερευνητική προσέγγιση λόγω πολλαπλών μεταβλητών και κατά συνέπεια μείωση του βαθμού εμπιστοσύνης των αποτελεσμάτων. Γενικά η αύξηση της αξιοπιστίας συνδέεται με την αύξηση του κόστους επένδυσης, όταν για την αύξηση αυτή απαιτούνται περισσότερα στοιχεία ή στοιχεία ανώτερης ποιότητας. Επομένως η επιλογή της βέλτιστης λύσης θα είναι το αποτέλεσμα της αλληλοεπίδρασης των συναρτήσεων αξιοπιστίας και κόστους επισκευών

Ο εντοπισμός των βλαβών των συγκεκριμένων εξαρτημάτων, στο γενικό σχήμα που θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό της αξιοπιστίας του ελκυστήρα έχει μεγάλη σημασία και απαιτεί καλή γνώση της λειτουργίας του συστήματος. Τα αποτελέσματα αλλάζουν όταν τα στοιχεία παρουσιάζονται στη σειρά, παράλληλα ή όταν παρουσιάζονται στη σειρά και παράλληλα μαζί. (Σχήμα.1,2).

Για τον τρόπο υπολογισμού της αξιοπιστίας των τροχοφόρων μηχανών, χρησιμοποιούνται τα σχήματα τα οποία παρουσιάζονται στα Σχήματα.1 και 2. Η τοποθέτηση των στοιχείων που αστοχούν στα σχήματα αυτά μας δίνει τις εκδοχές υπολογισμού της αξιοπιστίας για κάθε περίπτωση.

α) Τοποθέτηση σε σειρά των στοιχείων ενός συστήματος (Σχήμα.1)



Σχήμα.1. Τοποθέτηση των στοιχείων σε σειρά . 1. πρόσθια γέφυρα. 2. κινητήρας. 3.συμπλέκτης. 4. κιβώτιο ταχυτήτων. 5. οπίσθια γέφυρα.

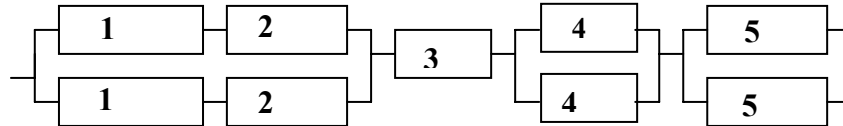
Στην περίπτωση τοποθέτησης σε σειρά των στοιχείων η συνάρτηση αξιοπιστίας δίνεται από την παρακάτω εξίσωση. [6]

$$R_{\Sigma} = R_1 R_2 R_3 R_4 R_5 \quad (5)$$

Στην περίπτωση αυτή, για τα συγκεκριμένα στοιχεία, εφαρμόζοντας την εξίσωση $R_i = e^{-\lambda_i}$ για κάθε στοιχείο, προσδιορίζεται η συνολική αξιοπιστία του συστήματος με την παρακάτω εξίσωση [1]

$$R_{\Sigma} = e^{-\lambda_{\Sigma}} = e^{-(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_N)} \quad (6)$$

β) Παράλληλη τοποθέτηση των στοιχείων ενός συστήματος (Σχήμα.2)



Σχήμα.2. Παράλληλη τοποθέτηση στοιχείων. 1. πρόσθια γέφυρα. 2. οπίσθια γέφυρα. 3. κιβώτιο ταχυτήτων. 4. συμπλέκτης. 5. κινητήρας.

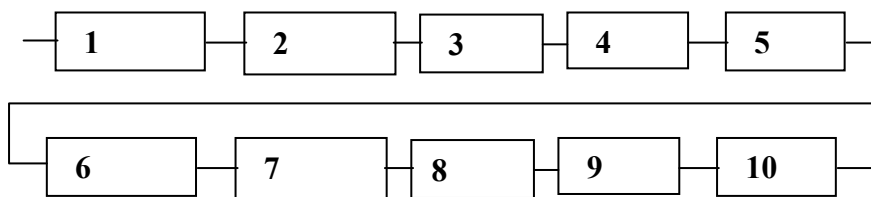
Στην περίπτωση της παράλληλης τοποθέτησης η συνάρτηση της αξιοπιστίας δίνεται από την παρακάτω σχέση [1, 6]:

$$R_{\Sigma} = [1 - (1 - R_5 R_4)(1 - R'_5 R'_4)] R_3 [1 - (1 - R_2 R_1)(1 - R'_2 R'_1)] \quad (7)$$

Η παράλληλη τοποθέτηση στοιχείων που παρουσιάζουμε είναι καθαρά θεωρητική και ερευνητική εκδοχή, τουλάχιστον για την γεωργική μηχανολογία προς το παρόν, και έχει πρακτική χρήση στον ηλεκτρονικό εξοπλισμό, στις αερομεταφορές και σε λοιπά άλλα συστήματα που απαιτείται ύψιστη σταθερότητα των συστημάτων αυτών [6].

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα στην αξιοπιστία των μηχανημάτων και στις καθυστερήσεις εκτέλεσης των εργασιών, σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο, καθώς και η τελική επίπτωση την απώλεια της παραγωγής.

Για τα τροχοφόρα οχήματα (και συγκεκριμένα για τον ελκυστήρα) και για δέκα (τυχαία) εξαρτήματα που ερευνήθηκαν, βασίζοντας στα Σχήματα..1,2, προκύπτει το Σχήμα.3 που θα χρησιμοποιηθεί στον υπολογισμό της αξιοπιστίας για την συγκεκριμένη περίπτωση όπου στην πραγματικότητα είναι ένα σχήμα τοποθέτησης στοιχείων εν σειρά.



Εικ.2. Τοποθέτηση των δέκα εξαρτημάτων στο σχήμα του τροχοφόρου οχήματος που ερευνήθηκε. Οι αριθμοί όπως στον Πίνακα 1.

Η αξιοπιστία για τη συγκεκριμένη σύνδεση υπολογίζεται με την παρακάτω εξίσωση :

$$R_{\Sigma} = R_1 \times R_2 \times R_3 \times \dots \times R_{10} = 0,9044 \quad (8)$$

Στην πιο επάνω εξίσωση με $R_{1,2,\dots,10}$, είναι η αξιοπιστία κάθε στοιχείου ξεχωριστά (Πίνακα.3)

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Όπως προαναφέρθηκε η έρευνα αυτή αφορά στη διερεύνηση της αξιοπιστίας του ελκυστήρα στη διάρκεια ενός χρόνου (η έρευνα έγινε για ελκυστήρες FORD- 6600-6610). Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς παρουσιάζονται στο Πίνακα.1. και αναφέρονται στο έτος 2000. Τα στοιχεία αυτά ελήφθησαν σε συνεργασία με την εταιρία NEW HOLLAND στην Ελλάδα για 100 ελκυστήρες και για 500 ώρες εργασίας το χρόνο για κάθε ελκυστήρα [7]. Η έρευνα αφορούσε 10 τυχαία εξαρτήματα με τη μεγαλύτερη συχνότητα αστοχίας και τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται ο αριθμός βλαβών για κάθε είδος εξαρτήματος που ερευνήθηκε για τους 100 ελκυστήρες και για 500 ώρες εργασίας για κάθε ελκυστήρα, δηλαδή συνολικά για 50000 ώρες εργασίας. Όπως φαίνατε στον Πίνακα.1, στην διάρκεια των 50000 ωρών εργασίας συνέβησαν 404 βλάβες και ο μέσος χρόνος μεταξύ δύο βλαβών για όλα τα είδη των εξαρτημάτων και για τους 100 ελκυστήρες ήταν 136,05 ώρες, αυτό σημαίνει ότι για κάθε 136,05 ώρες σε όλη την διάρκεια των 50000 ωρών, συμβαίνει μία βλάβη σε κάποιο από τους 100 ελκυστήρες

Στον Πίνακα.1 παρουσιάζεται επίσης και ο μέσος όρος του λόγος αστοχίας ($\lambda_{μ.ο}$) ανά ώρα για κάθε στοιχείο ξεχωριστά που αντιστοιχεί στις βλάβες που συμβαίνουν ανά ώρα για τις 50000 ώρες εργασίας συνολικά. Παρουσιάζεται, επίσης, και ο μέσος χρόνος μεταξύ δύο βλαβών που συμβαίνουν μία μετά την άλλη (MTBF) για κάθε στοιχείο και για 50000 ώρες εργασίας του πληθυσμού (δηλαδή 100 ελκυστήρων). Ακόμη, στον Πίνακα.1 δίνεται και ο αριθμός βλαβών για κάθε στοιχείο (N_f) στην διάρκεια των 50000 ωρών.

Πίνακας 1.Αριθμός βλαβών και μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών

A/ A	Όνομα κομβίου (ανταλαχτικού)	Λόγος αστοχίας $\lambda_{μ.ο}$, ανά ώρα εργασία.	Τιμή C_i σε εύρω	Αριθμός βλαβών στοιχ. N_f	Μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών (h) MTBF*
1	Αντλία υδραυλικού	0,00018	362	9	5555,6
2.	Φωλιά PTO	0,0006	29,3	30	1666,6
3.	Σφικτήρας PTO	0,00084	26	42	1190,5
4.	Ακρόμπαρο πρεσαριστώ	0,00102	33,84	51	980,4
5.	Ρουλεμάν τροχού	0,00011	29,16	55	909,1
6.	Ελατήρια (εμβόλου)	0,0005	37,4	25 σετ	2000
7.	Φλάντζα κεφαλής	0,00054	33,14	27	1851,8
8.	Δίσκος συμπλέκτη	0,00058	122,8	29	1724,2
9.	Αντλία πετρελαίου (επισκευή)	0,0006	721,4	30	1666,6
10	Φίλτρα Αέρος	0,00205	35	106	471,7
		0,00735		404	136,05

Ο μέσος χρόνος μεταξύ βλαβών, για κάθε στοιχείο, βρίσκεται με την εξίσωση που ακολουθεί:

$$MTBF = \frac{\text{ολικός χρόνος λειτουργίας του πληθυσμού}}{\text{αριθμός βλαβών που συμβαίνουν}}$$

Οι βλάβες κατανέμονται στο χρόνο και στις επαναλήψεις όπως φαίνεται στον πίνακα. 2

Πίνακας 2. Κατανομή βλαβών σε χρόνο και επαναλήψεις

Α / Α	Εξάρτημα	ΒΛΑΒΕΣ						
		Σύν.	Πόσες φορές το ίδιο εξάρτ.			Σε πόσες ώρες εργασίας		
			1	2	ποτέ	150	300	500
1	Υδρ.Αντλ.	9	7	1	92	1	3	5
2	Φωλιά PTO	30	30	0	70	8	12	10
3	Σφικτήρας PTO	42	42	0	58	4	18	20
4	Ακρόμπαρ	51	45	3	52	6	20	25
5	Ρουλεμ.με τσιμούχα τροχού	55	47	4	49	9	28	18
6	Ελατήρια Εμβόλου	Σετ 25	25	0	75	2	8	15
7	Φλάντζα κεφαλής	27	23	2	83	9	9	9
8	Δίσκος Συμπλ.	29	23	3	74	5	10	14
9	Αντλία Πετρελ.	30	26	2	70	0	28	2
10	Φίλτρο Αέρα	106	100	3	0	3	50	53
		404	368	18		47	186	171

Από τον Πίνακα. 2 διαπιστώνεται ότι από τις 404 συνολικές βλάβες οι 368 συμβαίνουν για πρώτη φορά στα ίδια εξαρτήματα, ενώ η 18 βλάβες επαναλαμβάνονται για δεύτερη φορά. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει πρόβλημα ποιότητας επισκευής είτε ποιότητας των εξαρτημάτων που αγοράζονται. Επίσης από τον Πίνακα.2 βλέπουμε ότι 47 βλάβες συμβαίνουν στην διάρκεια από 0 έως 15000 ώρες εργασίας συνολικά, 186 βλάβες στην διάρκεια 15000 έως 30000 ώρες και 171 βλάβες συμβαίνουν από τις 30000 έως 50000 ώρες εργασίας.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο χρόνος για την επισκευή των βλαβών και ο συνολικός χρόνος καθυστέρησης της εργασίας παρουσιάζεται στον Πίνακα 3. Τα δεδομένα για τον χρόνο επισκευής έχουν ληφθεί από τιμοκατάλογο εργασιών για, τις βλάβες αυτές, που εφαρμόζεται στην εταιρία NEWHOLLAND για την οποία έχει γίνει η έρευνα. Επίσης παρουσιάζονται στον Πίνακα.3 ο συνολικός χρόνος καθυστέρησης της εργασίας για κάθε είδος βλάβης και συνολικά για όλες τις βλάβες. Από τα στοιχεία αυτά υπολογίζεται η αξιοπιστία του

συστήματος για κάθε βλάβη και η συνολική αξιοπιστία του. Από τον πίνακα αυτόν προσδιορίζεται ο μέσος όρος καθυστέρησης για κάθε ελκυστήρα για έναν χρόνο από τις βλάβης που συνέβησαν.

Πίνακας.3. Χρόνος επισκευής βλαβών και αξιοπιστία συστήματος

A/A	Εξάρτημα η κόμβοι που εξετάζονται	Χρόνος για την αντικατάσταση (σε ώρες)*	Αριθμός βλαβών	Καθυστερήση εργασιών σε ώρες	$R_i = e^{-\lambda_i}$
1	Αντλία υδραυλικού	4,50	9	40,5	0,999
2	Φωλιά P.T.O.	7,50	30	225	0,995
3	Σφικτήρας P.T.O.	1,00	42	42	0,999
4.	Ακρόμπαρο αντ/ση	1,00	51	51	0,998
5	Ρουλεμάν τροχού	0,80	55	44	0,999
6	Ελατήρια Κινητήρα	10,00	25	250	0,995
7	Φλάντζα κεφαλής	5,00	27	135	0,997
8	Δίσκος συμπλέκτη	4,40	29	127,6	0,997
9	Αντλία πετρελαίου	8,50	30	255	0,995
10	Φίλτρα αέρα	0,50	106	53	0,998
	Σύνολο		404	1222,1	0,9044

Από τον Πίνακα 3 προκύπτει ότι η καθυστέρηση εργασιών για την περιοχή, λόγω βλαβών στα εξαρτήματα που ερευνήθηκαν είναι συνολικά 1222,1 ώρες για 100 ελκυστήρες για τη συγκεκριμένη χρονιά δηλαδή κατά μέσο όρο, 12,22 ώρες για κάθε ελκυστήρα το χρόνο. Η καθυστέρηση αυτή προέρχεται μόνο από αστοχίες στους ελκυστήρες χωρίς να ληφθούν υπόψη οι αστοχίες στα παρελκόμενα μηχανήματα ή από άλλους παράγοντες και άλλα εξαρτήματα του ελκυστήρα. Στη βιβλιογραφία, για τους ελκυστήρες diesel οι συνολικές απώλειες χρόνου λόγω βλαβών υπολογίζεται από την σχέση $A = 0,000323X^{1,4173}$, όπου X είναι η συνολική διάρκεια λειτουργίας σε ώρες [7]. Σε προηγούμενη μελέτη [8] μερικών ετών οι συνολικές απώλειες χρόνου λόγω βλαβών υπολογίζονται με την παρακάτω εξίσωση $A = 0,00049X^{1,42}$

Η διάρκεια χρόνου που συμβαίνουν οι βλάβες και η σχετική συχνότητα επισκευής τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Από τον πίνακα αυτόν παρατηρείται ότι για όλη την διάρκεια εργασίας των ελκυστήρων συμβαίνουν βλάβες με πιο μεγαλύτερη συχνότητα μετά από τις πρώτες 150 ώρες εργασίας. Επίσης διαπιστώνεται ότι η περισσότερες βλάβες είναι μικρής διάρκειας επισκευής, ήτοι: 254 βλάβες που η διάρκεια επισκευής τους είναι από 0 – 1 ώρα, 65 βλάβες, που η διάρκεια επισκευής τους ήταν από 4 – 5 ώρες, 30 βλάβες με διάρκεια επισκευής τους 7 – 8 ώρες, και 55 βλάβες που η διάρκεια επισκευής τους ήταν από 8 – 10 ώρες. Ο χρόνος επισκευής όλων των βλαβών αποτελεί και τον συνολικό χρόνο

καθυστερήσης εργασιών στις καλλιέργειες και οι οποίες προκαλούν απώλειες στην παραγωγή.

Πίνακας. 4 Συχνότητα βλαβών και διάρκεια επισκευών.

Διάρκεια χρόνου που συμβαίνει η βλάβη h.	Αριθμός βλαβών στο συγκεκριμένο χρόνο.	Σχετική συχνότητα βλαβών	Χρόνος επισκευής βλαβών σε ώρες	Αριθμός επισκευών στο συγκεκριμένο χρόνο	Σχετική συχνότητα επισκευής βλαβών.
0 - 50	19	0,047	0 – 1	254	0,629
50 - 100	15	0,037	1 – 2	0	0,000
100 - 150	13	0,032	2 – 3	0	0,000
150 - 200	65	0,161	3 – 4	0	0,000
200 - 250	67	0,166	4 – 5	65	0,161
250 - 300	54	0,134	5 - 6	0	0,000
300 - 350	35	0,086	6 - 7	0	0,000
350 - 400	42	0,104	7 - 8	30	0,074
400 - 450	46	0,114	8 -10	55	0,136
450- 500	48	0,119	>10	0	0,000
Σύνολο	404			404	

Οι απώλειες παραγωγής, γενικώς μπορούν να εκφραστούν ως απώλειες από πρόωμη η από όψιμη εκτέλεση εργασιών σε σχέση με την άριστη περίοδο (t_0) [7,9]. Για την περίπτωση που αρχίζει t_1 ημέρες νωρίτερα και περατώνεται t_2 ημέρες νωρίτερα της άριστης περιόδου, οι συνολικές απώλειες της παραγωγής (% της μέγιστης) εκφράζεται από την σχέση :

$$y_{\Sigma} = k_{t_1} (t_2 - t_1)^{2/3} \quad (9)$$

όπου : y_{Σ} - συνολικές απώλειες (% της μέγιστης παραγωγής)

k_{t_1} - συντελεστής μείωσης για εργασίες πριν από την άριστη περίοδο.

$t_2 - t_1$ - ημέρες εκτέλεσης εργασιών νωρίτερα από την άριστη περίοδο.

Ανάλογες είναι και οι απώλειες όταν η εργασία αρχίζει t_1 ημέρες μετά και περατώνεται t_2 ημέρες μετά την άριστη περίοδο (t_0) .

$$y_{\Sigma} = k_{t_2} (t_2 - t_1)^{2/3} \quad (10)$$

όπου : k_{t_2} - συντελεστής μείωσης, για εργασίες μετά την άριστη περίοδο.

Αν η εργασία αρχίζει t_1 ημέρες πριν από την άριστη περίοδο (t_0) και περατώνεται t_2 ημέρες μετά , οι συνολικές απώλειες δίνονται από την σχέση :

$$y_{\Sigma} = \frac{1}{3} [k_{t_1} (t_0 - t_1)^3 + k_{t_2} (t_2 - t_0)^3] / (t_2 - t_1) \quad (11)$$

Οι συντελεστές επιβάρυνσης που χρησιμοποιούνται δίνονται στον Πίνακα.5 και η επιβάρυνση δίνεται για κάθε μία ώρα καθυστέρησης της εργασίας. [2,7,11]

Πίνακας 5. Συντελεστές επιβάρυνσης, λόγω μη έγκαιρης εκτέλεσης διαφόρων εργασιών.

Είδος εργασίας	Κ	Είδος φυτών	Κ	
			Σπορά	Συγκομιδή
Όργωμα	0,001	Αραβόσιτος	0,001-0,002	0,0003
Σκάλισμα	0,001	Σιτηρά	0,007 -0,008	0,0005
Σβάρνισμα	0,012	Βαμβάκι	0,002-0,005	0,0008
Καλλιέργ. Εδάφους	0,001	ρυζιού	0,001	0,0009

Τα δεδομένα του Πίνακα 5 έχουν ληφθεί από την διεθνή βιβλιογραφία [2,10] για να σχηματιστεί μια εικόνα για την σχέση ανάμεσα στις διάφορες εργασίες και στον συντελεστή επιβάρυνσης όταν οι εργασίες καθυστερούν μία ώρα από την βέλτιστη χρονική στιγμή.

Σε πολλές προηγμένες χώρες (ΗΠΑ, χώρες της Ε.Ε.), έχουν προσδιορισθεί συντελεστές επιβάρυνσης (timelines coefficients ή timelines loss factors), για ορισμένες εργασίες, σε διάφορες περιοχές. Για την Ελλάδα θα πρέπει να ερευνηθεί και να συμπληρωθεί η βιβλιογραφία με τους συντελεστές αυτούς.

Συνήθως οι βλάβες στους ελκυστήρες και στα γεωργικά μηχανήματα συμβαίνουν στην περίοδο αιχμής των εργασιών οπότε η συνέπειές τους στην απόδοση και στο κόστος των καλλιεργειών είναι άμεση και υπολογίσιμη. Στην παρούσα έρευνα βρέθηκε ότι για καθυστέρηση 12,2 ώρες από κάθε ελκυστήρα και για βαθμό αξιοπιστίας ολόκληρου του συστήματος $R_{\Sigma} = 0,9044$, οι απώλειες της παραγωγής υπολογίζονται από 2 – 4 %.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η αξιοπιστία των ελκυστήρων εξαρτάτε άμεσα από τις βλάβες των στοιχείων που ερευνήθηκαν. Στην παρούσα εργασία η αξιοπιστία του ελκυστήρα υπολογίστηκε $R_{\Sigma} = 0,9044$. Υπάρχει ισχυρή σχέση μεταξύ των βλαβών και των καθυστερήσεων των εργασιών στις καλλιέργειες στο συγκεκριμένο χρόνο εκτέλεσης εργασιών.

2. Η καθυστέρηση εκτελέσεως εργασιών έχει επιπτώσεις στις απώλειες της παραγωγής.

Για την συγκεκριμένη περίπτωση η καθυστέρηση εκτέλεσης εργασιών από βλάβες στον ελκυστήρα ήταν 12,2 ώρες, και οι απώλειες υπολογίζονται 2 – 4 % της μέγιστης παραγωγής.

3. Οι συντελεστές επιβάρυνσης θα πρέπει να ερευνηθούν και να συμπληρωθεί η βιβλιογραφία και για την Ελλάδα, ώστε να υπάρχουν πιο αξιόπιστα αποτελέσματα στις μελέτες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Π. Δρακάτος, 2001. Τεχνική Διαγνωστική – Προγνωστική Αξιοπιστία Μηχανικών Συστημάτων . Τόμος 4. Πάτρα 2001.
2. Hunt, D., 1977. Farm power and Machinery management (7th Edn.) Iowa State University Press, Ames, IA
3. American Society of Agricultural Engineers. Standards 1985.
4. E.Mygdakos, T.A.Gemtos., 2002. Reliability of Cotton Pickers and its Effect on Harvesting Cost. Biosystems Engineering 82(4), 381 – 391pp.
5. Mehanizacija I Elektrifikacija selkohozjasveni - 2/2003 pp.6 – 8.

6. Ksenovic B.A., 2003. Ground tractor transport systems. Encyclopedia. Moskva 2003.
7. Τσατσαρέλη Κ., 2006. Διαχείριση Γεωργικών Μηχανημάτων. Θεσσαλονίκη 2006.
8. Νάτσης Α., 1983. Ποιοτική επισκευή και συντήρηση ελκυστήρων και γεωργικών μηχανημάτων, κύριος παράγων για εξοικονόμηση καυσίμων στην Γεωργική Μηχανολογία. Γεωργική Μηχανολογία Nr.2 σελ.(3 – 15). Τίρανα. 1983
9. Νάτσης Α. Αριστοποίηση εκλογής μηχανολογικού εξοπλισμού. Μονογραφία Αθήνα 2001.
10. Witney, B. 1988. Choosing and Using Farm Machines. Longman Scientific and Technical, Singapore
11. Mehanizacija I Elektrifikacija selkohozjasveni – 7/2003 pp. 22 - 27.
12. Π. Καραρίζος., 2000. Αξιοπιστία Μηχανικών μέσων μετατόπισης του ξύλου . Βόλος 2000. (σελ.519 – 526)
13. Π. Τσαρουχά κ.α., 2005. Συντήρηση μηχανολογικού εξοπλισμού. Δελτίο TEE. Τεύχος 375 Μάρτιος 2005. σελ.(42- 50).
14. Mehanizacija I elektrifikacija selkohozjasveni 1967, Nr.4.
15. Mehanizacija I Elektrifikacija selkohozjasveni – 9/2002 pp. 20 -21, 25 – 27
16. Mehanizacija I elektrifikacija selsko hozjasveni 2002, Nr.9 pp. (25 – 27)
17. Χαράλαμπος Ε., 1981. Μπότσαρη Επιχειρησιακή Έρευνα. Αθήνα 1981.
18. Von Bargen K (1970a). Reliability and the capacitive performance of field machines. ASAE, Paper No. 70-647.