

ΔΟΝΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΑΘΙΣΜΑ ΤΟΥ ΧΕΙΡΙΣΤΗ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΑΡΟΣΗΣ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΥΣ ΕΛΚΥΣΤΗΡΕΣ

Θ.Α. Γιαλαμάς^{1*}, Ι. Γράβαλος¹, Δ. Κατέρης¹, Π. Ξυραδάκης¹, Ζ. Τσιρόπουλος¹,
Κ.Α. Τσατσαρέλης², Δ. Μόσχου² και Θ.Α. Γέμτος³

¹Εργαστήριο Μηχανικής Οχημάτων Ανωμάλων Εδαφών, Τομέας Γεωργικής Μηχανικής, Τμήμα Μηχανικής Βιοσυστημάτων, Σ.Τ.Ε.Γ., Τ.Ε.Ι. Λάρισας, 41110 Λάρισα

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

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

*E-mail: gialamas@teilar.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία είναι μια συγκριτική ερευνητική μελέτη προσδιορισμού και καταγραφής των αναπτυσσομένων μηχανικών δονήσεων στο σώμα του χειριστή σε τρεις διευθύνσεις (X,Y,Z), στο κάθισμα του χειριστή, κατά τη διάρκεια της άροσης με διαφορετικούς τύπους γεωργικών ελκυστήρων. Οι ελκυστήρες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν α) Lamborghini R6 130 και β) Hurlimann H 6115. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών διατηρήθηκε η ίδια ταχύτητα, η οποία καθορίστηκε στα 5,5 – 6,0 km/h. Το άροτρο που χρησιμοποιήθηκε είναι 3υνο, αναστρεφόμενο με υδραυλική αναστροφή, είχε ρύθμιση του μέγιστου πλάτους άροσης στα 150 cm. Το βάθος άροσης ρυθμίστηκε στα 20 cm.

Λέξεις κλειδιά: μηχανική δόνηση, κόπωση χειριστών.

VIBRATIONS ON THE OPERATORS SEAT DURING PLOWING WITH DIFFERENT TRACTORS

Th.A. Gialamas^{1*}, I. Gravalos¹, D. Kateris¹, P. Xyradakis¹, Z. Tsiropoulos¹,
K.A. Tsatsarelis², D. Moshou² and Th.A. Gemtos³

¹Laboratory for Off-Road Equipment, Section of Agricultural Mechanics, Department of Biosystems Engineering, School of Agriculture, Technological Educational Institute of Larissa, 41110, Larissa, Greece

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

³Laboratory of Farm Mechanization Dep. Of Agriculture, Crop Production and Rural Environment, Univ.of Thessaly, 38446, Volos

*E-mail: gialamas@teilar.gr

ABSTRACT

This work is a comparative research study determining and recording the whole body mechanical vibrations in three directions (X, Y, Z), on the seat of the operator during tillage with different types of agricultural tractors. The Tractor used in this study were a) Lamborghini R6 130 and b) Hurlimann H 6115. During the tests the speed was constant and at 5,5 - 6,0 km/h. A three unit mould board plough used during the maximum tillage width of 150 cm. The tillage depth was adjusted at 20 cm.

Key words: whole body mechanical vibration, operators fatigue

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η προετοιμασία του εδάφους για σπορά των διαφόρων καλλιεργειών αρχίζει με την άροση η οποία είναι μια πολύ κουραστική εργασία για τους αγρότες και κυρίως για τους χειριστές των γεωργικών ελκυστήρων, οι οποίοι υποφέρουν από πόνους, στους ώμους, στον αυχένα και κυρίως χαμηλά στην πλάτη.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να προσδιοριστούν να καταγραφούν και να αναλυθούν σε πραγματικές συνθήκες τα μεγέθη των δονήσεων στο σώμα του χειριστή και των συχνοτήτων που αναπτύσσονται στο κάθισμα του χειριστή και προκαλούν την κόπωση του κατά τη διάρκεια της άροσης.

Χρησιμοποιήθηκαν δυο διαφορετικοί τύποι ελκυστήρων, α) LAMBORGHINI R6 130 και β) HURLIMANN H 6115, στο ίδιο έδαφος, με την ίδια ταχύτητα κίνησης, με το ίδιο άροτρο και το ίδιο βάθος άροσης ώστε να έχουμε τη δυνατότητα σύγκρισης.

Ο γεωργικός ελκυστήρας LAMBORGHINI R6 130, διαθέτει υδραυλικό σύστημα ανάρτησης του θαλάμου και υδροπνευματικό σύστημα ανάρτησης του καθίσματος με δυνατότητα ρύθμισης του εύρους των δονήσεων του καθίσματος και δυνατότητα περιστροφής του περίπου στις 20°. Διαθέτει επίσης ηλεκτροϋδροστατική οδήγηση και κίνηση στους 4τροχούς (4WD).

Ο γεωργικός ελκυστήρας HURLIMANN H 6115, διαθέτει μηχανικό σύστημα ρύθμισης του εύρους των δονήσεων του καθίσματος υδροστατική οδήγηση και κίνηση στους 4τροχούς (4WD).

Οι αναπτυσσόμενες δονήσεις δεν πρέπει να υπερβαίνουν κάποιες επιτρεπόμενες τιμές οι οποίες αναφέρονται στην προστασία των χειριστών και καθορίζονται με βάση τις οδηγίες της E.E. του ISO 2631/97 και της 89/391/EEC. Μαζί με την ολόσωμη δόνηση και άλλοι εργονομικοί παράγοντες μπορούν να συμβάλουν στην εμφάνιση του πόνου στην πλάτη και οι οποίοι προέρχονται από (Boshuizen et al., 1990; Boshuizen et al., 1992; Bordorf and Zondervan, 1990; Manninen et al., 1995):

- Την κακή στάση στο κάθισμα χειριστή ενώ χειρίζονται τα Γεωργικά Μηχανήματα.
- Όταν είναι καθισμένοι για πολλές ώρες χωρίς να υπάρχει δυνατότητα αλλαγής της στάσης τους.
- Όταν τα όργανα ελέγχου είναι τοποθετημένα σε απομακρυσμένη θέση, τα οποία απαιτούν από τον οδηγό/χειριστή να τεντωθεί ή να συστραφεί.
- Την κακή ορατότητα κατά τη διάρκεια της εργασίας, η οποία απαιτεί συστροφή και τέντωμα του σώματος για να έχει επαρκές οπτικό πεδίο.
- Χειρωνακτικές ανυψώσεις και μεταφορά βαρέων φορτίων π.χ. για την πλήρωση της σπαρτικής μηχανής με σπόρο ή την πλήρωση του λιπασματοδιανομέα με λίπασμα.
- Επανειλημμένη ανάβαση ή πήδημα από υψηλό ή δύσκολο σημείο πρόσβασης στα διάφορα γεωργικά μηχανήματα.

Όλοι αυτοί οι παράγοντες μπορούν χωριστά να προκαλέσουν τον πόνο στην πλάτη. Εντούτοις, ο κίνδυνος θα αυξηθεί όταν ένα άτομο εκτίθεται σε έναν ή περισσότερους από αυτούς τους παράγοντες εκτεθειμένος στην ολόσωμη δόνηση. (Pope et al., 1998a; Troup, 1984; Wikstrom, 1993).

Σε όλους τους τύπους των γεωργικών οχημάτων, όταν αυτά είναι σε κίνηση, υπάρχει πιθανότητα οι χειριστές να βιώνουν την ολόσωμη δόνηση (Brienza et al., 1996; Bovenzi and Betta, 1994; Krouskop et al., 1996; Low and Griffith, 1993). Εντούτοις, αυτή είναι πιθανό να προκαλέσει προβλήματα υγείας μόνο στους ανθρώπους που εκτίθενται τακτικά στα υψηλά επίπεδα της ολόσωμης δόνησης κατά τη διάρκεια μιας μεγάλης περιόδου, όπως είναι η προετοιμασία της σποροκλίνης για σπορά

Ο μέγιστος κίνδυνος από την έκθεση στη δόνηση θεωρείται ότι μπορεί να προέλ-

θει από την έκθεση στις αιφνίδιες δονήσεις. Οι αιφνίδιες δονήσεις μπορούν να προκύψουν από τις κακές οδικές επιφάνειες, οδηγώντας πάρα πολύ γρήγορα στο ανάγλυφο του εδάφους, ή την κακή ρύθμιση του καθίσματος. Τα γεωργικά μηχανήματα μπορούν να παραγάγουν υψηλά επίπεδα αιφνίδιων δονήσεων κατά το χειρισμό τους επάνω σε ανώμαλο έδαφος (Boshuizen et al., 1990; Boshuizen et al., 1992; Bordorf and Zondervan, 1990; Manninen et al., 1995).

Τα βαριά φορτωμένα γεωργικά μηχανήματα μπορούν να μεταβιβάσουν τις αιφνίδιες δονήσεις και τα τραντάγματα στον χειριστή, γιατί δε διαθέτουν συστήματα απόσβεσης των κραδασμών.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ο πειραματικός προσδιορισμός των ολόσωμων δονήσεων στα κάθισμα του χειριστή των γεωργικών ελκυστήρων, πραγματοποιήθηκε με τους ελκυστήρες του Τμήματος Μηχανικής Βιοσυστημάτων του Τ.Ε.Ι./Λάρισας, από το Εργαστήριο Μηχανικής Οχημάτων Ανωμάτων Εδαφών. Συγκεκριμένα οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο αγρόκτημα του Τ.Ε.Ι. Λάρισας, με κωδικό δοκιμής ΚΔ.291008.

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

Ο ένας από τους ελκυστήρες που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο LAMBORGHINI R6 130, ισχύος 135 PS που διαθέτει: υδραυλική ανάρτηση θαλάμου, ηλεκτρονικό ρυθμιστή στροφών, σύστημα μετάδοσης της κίνησης στους τέσσερις τροχούς (4WD), με ηλεκτρονικό έλεγχο υδραυλικού συστήματος. Διαθέτει επίσης αυτόματη επιλογή στο σύστημα μετάδοσης της κίνησης με δυνατότητες χαμηλής – μεσαίας – υψηλής σχέσης, υδροστατικό σύστημα διεύθυνσης και δυνατότητα υδροπνευματικής ρύθμισης του καθίσματος.

Ο δεύτερος ελκυστήρας ήταν ο HURLIMANN H 6115 ο οποίος έχει σύστημα μετάδοσης της κίνησης στους τέσσερις τροχούς (4WD), εμπρόσθιο σύστημα ανάρτησης παρελκομένων και εμπρόσθιο δυναμοδότη.

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών διατηρήθηκε η ίδια αναπτυσσόμενη ταχύτητα, η οποία καθορίστηκε στα 5,5 – 6,0 km/h. Το άροτρο που χρησιμοποιήθηκε ήταν 3υνο, αναστρεφόμενο με υδραυλική αναστροφή και δυνατότητα ρύθμισης του μέγιστου πλάτους άροσης στα 150 cm. Το βάθος άροσης ρυθμίστηκε στα 20 cm. Το έδαφος περιείχε καλαμιές σιτηρών από την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο.

Η μελέτη αφορά τις ολόσωμες δονήσεις που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της άροσης στο κάθισμα του χειριστή οι οποίες προκαλούν κόπωση και επηρεάζουν την υγεία του. Οι δονήσεις καταγράφονται με τη βοήθεια ηλεκτρονικής καταγραφικής μονάδας VIBROTEST 60 της εταιρείας Bruel & Kjaer Vibro. Η ίδια ηλεκτρονική μονάδα διαθέτει και τους αισθητήρες οι οποίοι προσαρμόζονται με τη βοήθεια μαγνητών κάτω από το κάθισμα του χειριστή. Οι αισθητήρες λαμβάνουν τα σήματα από όλα τα μεγέθη των δονήσεων κατά τη διάρκεια των δοκιμών. Καταγράφεται το εύρος των δονήσεων, καθώς και η συχνότητα που αντιστοιχεί σε κάθε εύρος. Η συσκευή ρυθμίστηκε να καταγράφει σε κάθε διαδρομή των 250μ, 1600 τιμές των επιταχύνσεων των δονήσεων m/s^2 και των συχνοτήτων με κλίμακα συχνοτήτων Hz από 0 – 100 Hz / 0,3125 Hz. Από τις παραπάνω μετρήσεις προσδιορίστηκε ο μέσος όρος και για κάθε κατεύθυνση ελήφθη η μέγιστη τιμή των μέσων όρων. Οι τιμές μεταφέρονται σε H/Y και με ειδικό πρόγραμμα δημιουργούνται τα διαγράμματα με συντεταγμένες το εύρος της επιτάχυνσης της δόνησης σε m/s^2 και τη συχνότητα που εμφανίζεται σε κάθε τιμή της επιτάχυνσης σε Hz.

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

Τα διεθνή πρότυπα ISO 2631-1/1997, ISO 10326-2/2001, ISO 8041/2005 καθορίζουν τα επιτρεπόμενα όρια της Ημερήσιας Έκθεσης Δόνησης A(8), που αντιστοιχούν σε επιτάχυνση δόνησης $0,5 \text{ m/s}^2$ και η Τιμή της Δόσης Δόνησης (VDV), η οποία είναι $9,1 \text{ m/s}^{1,75}$. Οι οριακές τιμές για την ανάληψη δράσης για την Ημερήσια Έκθεση Δόνησης A(8), είναι $1,15 \text{ m/s}^2$ και η Τιμή της Δόσης Δόνησης (VDV), είναι $21 \text{ m/s}^{1,75}$.

Η έκθεση του χειριστή σε ολόσωμες δονήσεις μεγαλύτερες από τα παραπάνω επιτρεπόμενα όρια μπορεί να παρουσιάσουν κινδύνους για την υγεία και μείωση της δυνατότητας χειρισμών των ελκυστήρων (Pope et al., 1998a; Pope et al., 1998b; Troup, 1984; Wikstrom, 1993). Συνήθως αναφέρεται ότι προκαλούν ή επιδεινώνουν τον τραυματισμό στη μέση και την πλάτη. Οι κίνδυνοι είναι μέγιστοι όταν οι επιταχύνσεις είναι υψηλές και μεγάλη η διάρκεια που εκτίθεται ο χειριστής. Σημαντικά συμβάλλει η συχνότητα στην οποία εμφανίζονται οι μέγιστες επιταχύνσεις, γιατί προκαλούν συντονισμούς με όργανα του σώματος.

2.1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΤΙΜΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΕ ΔΟΝΗΣΕΙΣ A(8), ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΡΟΣΗ ΜΕ ΑΝΑΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΤΡΙΥΝΟ ΑΡΟΤΡΟ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΟΔΗΓΙΑ 2002/44/EC

Από τις παρακάτω σχέσεις προσδιορίζεται η ημερήσια τιμή έκθεσης A(8), των ολόσωμων δονήσεων από τις τιμές (route mean square) r.m.s. των μέγιστων συχνοτήτων επιτάχυνσης m/s^2 στους τρεις άξονες a_{wx} , a_{wy} και a_{wz} . Από τις μετρήσεις των πειραματικών δοκιμών κατά τη διάρκεια της άροσης με αναστρεφόμενο τρίυνο άροτρο στο κάθισμα του χειριστή σε ελκυστήρα LAMBORGHINI R6 130, προκύπτει ο Πίνακας 1.

$$A_x(8) = 1,4a_{wx} \sqrt{\frac{T_{\text{exp}}}{T_0}} \quad (1)$$

$$A_y(8) = 1,4a_{wy} \sqrt{\frac{T_{\text{exp}}}{T_0}} \quad (2)$$

$$A_z(8) = a_{wz} \sqrt{\frac{T_{\text{exp}}}{T_0}} \quad (3)$$

Όπου:

- T_{exp} : είναι η ημερήσια διάρκεια έκθεσης στην δόνηση π.χ. 6 ώρες
- T_0 : είναι η ενδεικτική έκθεση για διάρκεια 8 ωρών.

Πίνακας 1. Τιμές μέγιστων επιταχύνσεων α_{wi} (m/s^2) και $A_i(8)$, LAMBORGHINI R6 130.

Άξονας	Άξονας	Άξονας	Άξονας	Άξονας	Άξονας
X	X	Y	Y	Z	Z
α_{wx} (m/s^2)	$A_x(8)$	α_{wy} (m/s^2)	$A_y(8)$	α_{wz} (m/s^2)	$A_z(8)$
0,2836	0,3438	0,3567	0,4324	0,3049	0,2640
0,2836	0,3438	0,1422	0,1724	0,5060	0,4382
0,2732	0,3312	0,1761	0,2135	0,5462	0,4730
0,2647	0,3209	0,2794	0,3387	0,1711	0,1418
0,3182	0,3857	0,2967	0,3597	0,4236	0,3668

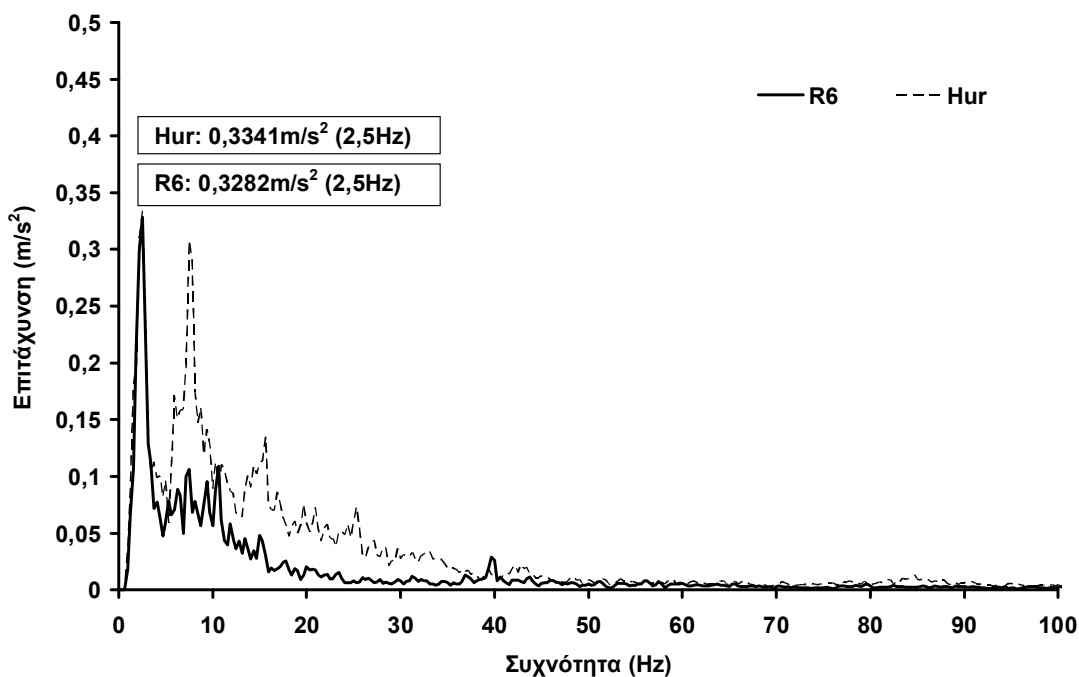
Πίνακας 2. Τιμές μέγιστων επιταχύνσεων α_{wi} (m/s^2) και $A_i(8)$, Hürlimann H- 6115.

Άξονας	Άξονας	Άξονας	Άξονας	Άξονας	Άξονας	Επιτρεπό- -μενες -ώρες εργασίας
X	X	Y	Y	Z	Z	
α_{wx} (m/s^2)	$A_x(8)$	α_{wy} (m/s^2)	$A_y(8)$	α_{wz} (m/s^2)	$A_z(8)$	
0,1887	0,2828	0,1414	0,1714	0,3348	0,2899	6,0
0,2870	0,3479	0,3636	0,4408	0,3681	0,3187	6,0
0,1794	0,2175	0,2632	0,3191	0,7268	0,6294	5,0
0,2151	0,2607	0,1846	0,2238	0,6420	0,5559	5,30
0,2367	0,2869	0,1733	0,2101	0,3516	0,3044	6,0
0,2952	0,3579	0,2247	0,2724	0,9369	0,8113	3,0
0,2960	0,3588	0,2849	0,3454	0,4493	0,3891	6,0
0,1342	0,1627	0,2772	0,3360	0,3150	0,2727	6,0

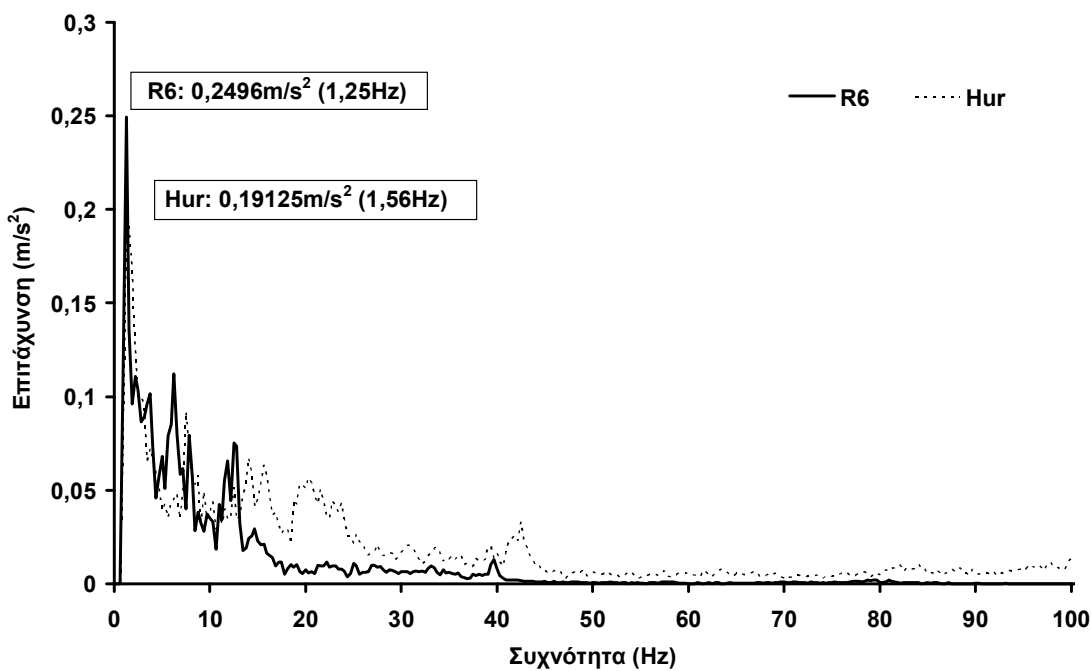
Από τον Πίνακα 1, προκύπτει ότι ο χειριστής του ελκυστήρα LAMBORGHINI R6 130 μπορεί να εργαστεί χωρίς να υποστεί κόπωση για τη διάρκεια εργασίας των έξι ωρών χωρίς να λάβει μέτρα προστασίας γιατί η ημερήσια τιμή έκθεσης $A(8)$ είναι σε όλες τις περιπτώσεις μικρότερη του $A(8) < 0,5 (m/s^2)$.

Από τον Πίνακα 2, προκύπτει ότι ο χειριστής για να μην υποστεί την κόπωση που προέρχεται από τις δονήσεις στο κατακόρυφο άξονα Z, στο κάθισμα θα πρέπει να εργαστεί μόνο 3,0 ώρες χωρίς να λάβει μέτρα προστασίας.

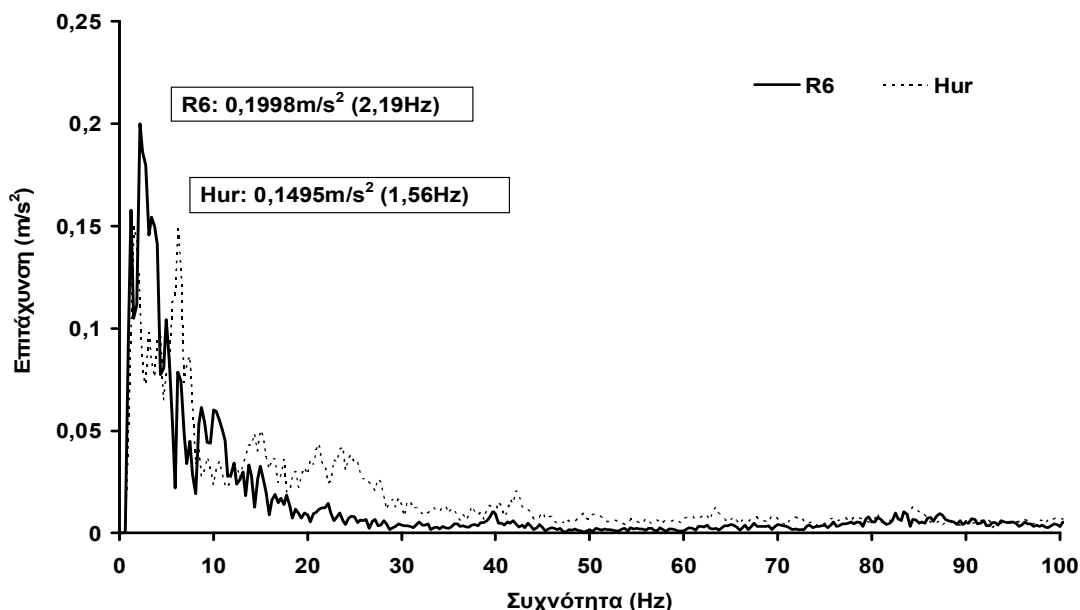
Από τις πειραματικές δοκιμές των επιταχύνσεων των δονήσεων που πραγματοποιήθηκαν στο κάθισμα του χειριστή σε ακαλλιέργητο έδαφος με το αναστρεφόμενο άροτρο, προκύπτουν τα παρακάτω διαγράμματα με τα οποία γίνεται σύγκριση των τιμών των επιταχύνσεων των δονήσεων (m/s^2) συναρτήσει των συχνοτήτων σε κάθε άξονα δόνησης με ταχύτητα $U_{ελ} = 5,5 - 6,0$ km/h.



Σχήμα 1. Σύγκριση των κατακόρυφων δονήσεων Z, στο κάθισμα του χειριστή των ελκυστήρων R6 & Hur. κατά τη διάρκεια άροσης με ζυνο άροτρο σε ακαλλιέργητο έδαφος.



Σχήμα 2. Σύγκριση των εγκάρσιων δονήσεων Y, στο κάθισμα του χειριστή των ελκυστήρων R6 & Hur. κατά τη διάρκεια άροσης με ζυνο άροτρο.



Σχήμα 3. Σύγκριση των δονήσεων στο διάμηκες επίπεδο X, στο κάθισμα του χειριστή των ελκυστήρων R6 & Hur. κατά τη διάρκεια άροσης με 3υνο άροτρο.

3. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

1. Από τον Πίνακα 1 προκύπτει ότι εάν ο χειριστής του ελκυστήρα LAMBORGHINI R6 130 αν εργαστεί για 6 ώρες την ημέρα πραγματοποιώντας την άροση με αναστρεφόμενο άροτρο δε θα χρειαστεί να λάβει μέτρα προστασίας, λόγω κόπωσης, γιατί σε όλους τους άξονες οι τιμές δόνησης δεν υπερβαίνουν το επιτρεπόμενο όριο που είναι $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$.

2. Από τον Πίνακα 2 προκύπτει ότι αν ο χειριστής του ελκυστήρα HURLIMANN H - 6115, εργαστεί για 6 ώρες την ημέρα πραγματοποιώντας την άροση με αναστρεφόμενο άροτρο θα χρειαστεί να λάβει μέτρα προστασίας, λόγω κόπωσης, με διακοπή της εργασίας του σε λιγότερες από 6 ώρες λόγω των δονήσεων που εμφανίζονται στον κατακόρυφο άξονα του Z, όταν η επιτάχυνση έχει τιμή $a_{wz} = 0,7268$ η ημερήσια τιμή έκθεσης είναι $A(8) = 0,6294$ με διάρκεια 5,0 ώρες, για $a_{wz} = 0,6420$, $A(8) = 0,5559$ με διάρκεια 5,30 ώρες και για $a_{wz} = 0,9369$, $A(8) = 0,8113$ με διάρκεια 3,0 ώρες.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια των δοκιμών στην άροση με τους δύο ελκυστήρες με την ταχύτητα των 5,5 – 6,0 km/h είναι: α) Με τον ελκυστήρα LAMBORGHINI R6 130, πραγματοποιήθηκαν πέντε επαναλήψεις στους άξονες X,Y,Z, και ο μέσος όρος είναι: Στον άξονα των X, η μέγιστη επιτάχυνση έχει μέτρο $0,1998 \text{ m/s}^2$ στα 2,19 Hz, στον Y, $0,2496 \text{ m/s}^2$ στα 1,25Hz, στον Z, $0,3282 \text{ m/s}^2$ στα 2,5 Hz. β) Με τον ελκυστήρα HURLIMANN H 6115, πραγματοποιήθηκαν 8 επαναλήψεις στους άξονες X,Y,Z, και ο μέσος όρος είναι: Στον άξονα των X, μέγιστη επιτάχυνση έχει μέτρο $0,1495 \text{ m/s}^2$ στα 1,56 Hz, στον Y, $0,1912 \text{ m/s}^2$ στα 1,56 Hz, στον Z, $0,3341 \text{ m/s}^2$ στα 2,5 Hz. Από τα παραπάνω προκύπτει ότι υπάρχει σημαντική αύξηση των δονήσεων από τον άξονα του X, στον Y, και στον Z και στους δύο ελκυστήρες.

2. Από τις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν προκύπτει, ότι στον ελκυστήρα LAMBORGHINI R6 130 που διαθέτει θάλαμο με υδραυλική ανάρτηση και κάθισμα χειριστή με υδροπνευματική ρύθμιση δε θα χρειαστεί να λάβει μέτρα προστασίας κατά την 6ωρη εργασία του λόγω κόπωσης διότι όλοι οι κραδασμοί που προέρχονται από το κάθισμα στο σώμα του χειριστή έχουν μικρότερη τιμή από την επιτρεπόμενη.

3. Ο χειριστής στον ελκυστήρα HURLIMANN H – 6115 δε θα μπορέσει να εργαστεί 6ωρες διότι η ολόσωμη μηχανική κόπωση που θα υποστεί θα είναι μεγάλη λόγω των κατακόρυφων δονήσεων με αποτέλεσμα να διακόψει την εργασία του μετά από 3,0 ώρες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Boshuizen, H.C., Bongers, P.M. and Hulshof, C.T.J., 1990. *Self-reported back pain in tractor drivers exposed to whole-body vibration*. International Archives of Occupational and Environmental Health, 62: 109-115.
- Boshuizen, H.C., Bongers, P.M. and Hulshof, C.T.J., 1992. *Self-reported back pain in fork-lift truck and freight-container tractor drivers exposed to whole body vibration*. Spine, 17: 59-65.
- Brienza, D.M., Karg, P.E. and Brubaker C.E., 1996. *Seat cushion design for elderly wheelchair users based on minimization of soft tissue deformation using stiffness and pressure measurements*. IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering, 4: 320-327.
- Burdorf, A. and Zondervan, H., 1990. *An epidemiological study of low-back pain in crane operators*. Ergonomics, 33: 981-987.
- Bovenzi, M. and Betta, A., 1994. *Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress*. Applied Ergonomics, 25: 231-241.
- Koo, T., Mak, A. and Lee, Y.L., 1996. *Posture effect on seating interface biomechanics: comparison between two seating cushions*. Archives of Physical and Medical Rehabilitation, 77: 40-47.
- Krouskop, T.A., Williams, R., Noble, P. and Brown, J., 1996. *Inflation pressures effect on performance of air-filled wheelchair cushions*. Archives of Physical and Medical Rehabilitation, 67: 126-128.
- Low, J.M. and Griffith, G.R. 1993. *Australian farm work injuries: 2. The diversity of damage*. Regional Veterinary Laboratory.
- Manninen, P., Riihimaki, H. and Heliovaara, M., 1995. *Incidence and risk factors of low-back pain in middle-aged farmers*. Occupational Medicine, 45: 141-146.
- Nishiyama, K., Taoda, K. and Kitihara, T., 1998. *A decade of improvement in whole-body vibration and low back pain for freight container tractor drivers*. Journal of Sound and Vibration, 215: 635-642.
- Ozkaya, N., Goldheyder, D., Willems, B., 1996. *Effect of operator seat design on vibration exposure*. American Industrial Hygiene Asssociation Journal, 57: 837-842.
- Periomakela, M. and Riihimaki, H., 1997. *Intervention on seat adjustment among drivers of forest tractors*. International Journal of Industrial Ergonomics, 19 231-237.
- Pope, MH., Magnusson, M., Wilder, DG., 1998a. *Low back pain and whole body vibration*. Clinical Orthopedics and Related Research, 241-248.
- Pope, MH., Wilder, DG., Magnusson, M., 1998b. *Possible mechanisms of low back pain due to whole-body vibration*. Journal of Sound and Vibration, 215, 687-697.
- Troup, J.D.G., 1984. *Causes, prediction and prevention of back pain at work*. Scandinavian Journal of Work and Environmental Health, 10: 419-428.
- Wikstrom, B.O., 1993. *Effects from twisted postures and whole-body vibration during driving*. International Journal of Industrial Ergonomics, 12: 61-75.