

## ΔΟΝΗΣΕΙΣ ΣΤΟ ΚΑΘΙΣΜΑ ΤΟΥ ΧΕΙΡΙΣΤΗ ΕΛΚΥΣΤΗΡΑ ΣΕ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΕΛΑΦΟΥΣ ΜΕ ΔΙΣΚΟΣΒΑΡΝΑ

Θ. Γιαλαμάς<sup>1\*</sup>, Δ. Κατέρης<sup>1</sup>, Ι. Γράβαλος<sup>1</sup>, Π. Ξυραδάκης<sup>1</sup>, Ζ. Τσιρόπουλος<sup>1</sup>,  
Χ. Δημητριάδης<sup>1</sup>, Κ.Α. Τσατσαρέλης<sup>2</sup> και Θ.Α. Γέμτος<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Εργαστήριο Μηχανικής Οχημάτων Ανωμάτων Εδαφών, Τομέας Γεωργικής  
Μηχανικής, Τμήμα Μηχανικής Βιοσυστημάτων, Σ.Τ.Ε.Γ., Τ.Ε.Ι.Λάρισας, 41110, Λάρισσα

<sup>2</sup>Εργαστήριο Γ. Μηχανολογίας, Γεωπονική Σχολή, Α.Π.Θ., 54124, Θεσσαλονίκη

<sup>3</sup>Εργαστήριο 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

Σκοπός της εργασίας ήταν να προσδιοριστούν σε πραγματικές συνθήκες οι επιταχύνσεις των δονήσεων στο σώμα του χειριστή, καθώς και οι περιοχές των συχνοτήτων τους, στους τρεις άξονες X,Y,Z, στο κάθισμα του χειριστή, κατά τη διάρκεια της εργασίας με δισκοσβάρνα. Οι δοκιμές έγιναν σε τρεις διαφορετικές κατευθύνσεις πορείας σε σχέση με την άροση ώστε να γίνει ανάλυση - σύγκριση των αποτελεσμάτων και να καθορισθούν οι τιμές της ημερήσιας έκθεσης σε δόνηση. Προσδιορίστηκαν οι επιτρεπόμενες ώρες εργασίας σε σχέση με τα διεθνή πρότυπα ISO 2631/97 για τις κατευθύνσεις πορείας, α) Παράλληλα, β) Κάθετα και γ) με γωνία 30° σε σχέση με την άροση.

*Λέξεις κλειδιά:* δόνηση, ημερήσια έκθεση δόνησης, υγεία και ασφάλεια χειριστών.

## VIBRATIONS ON THE SEAT OF TRACTOR OPERATOR DURING SOIL TREATMENT WITH A DISC HARROW

Th.A. Gialamas<sup>1\*</sup>, D. Kateris<sup>1</sup>, I. Gravalos<sup>1</sup>, P. Xyradakis<sup>1</sup>, Z. Tsiropoulos<sup>1</sup>,  
X. Dimitriadis<sup>1</sup>, K.A. Tsatsarelis<sup>2</sup>, Th. A. Gemtos<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Laboratory for Agricul.Engineering, Aristotle University of Thessaloniki, 54124

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

\*E-mail: gialamas@teilar.gr

### ABSTRACT

The aim of this work was to determine the accelerations of the whole body vibrations and their frequency ranges on the three axes X, Y, Z, on the operator's seat during tillage with a disc harrow. The tests were conducted in three different directions in relation to tillage, so as to analyze - compared the results with an aim to determine the values of daily exposure to vibrations. The allowable hours of work in relation to the international ISO standards were identified with relation to the direction a) parallels b) Vertical and c) an angle 30° in relation to tillage.

*Key words:* whole-body vibration, daily vibration exposure A(8), health and safety drivers.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να προσδιοριστούν να καταγραφούν και να αναλυθούν σε πραγματικές συνθήκες τα μεγέθη των δονήσεων και των συχνοτήτων που αναπτύσσονται στο κάθισμα του χειριστή και προκαλούν την κόπωση του κυρίως χαμηλά στη μέση, κατά τη διάρκεια προετοιμασίας της σποροκλίνης με δισκοσβάρνα σε τρεις διαφορετικές κατευθύνσεις πορείας σε σχέση με την άροση (Rakheja et al., 1984b; Boshuizen et al., 1992; Burdorf and Zondervan, 1990).

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

Τα μέτρα που αναφέρονται στην προστασία των χειριστών είναι η τοποθέτηση στους σύγχρονους ελκυστήρες θαλάμων ασφαλείας οι οποίοι να εδράζονται σε υδραυλικούς αποσβεστήρες κραδασμών. Η θέση του καθίσματος καθώς και η στάση που κάθεται ο χειριστής θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, ώστε να επιτυγχάνεται η ελάχιστη κόπωση (Potecchi, 1986; Rakheja et al., 1984a; Sankar and Afonso, 1993).

Στις συχνότητες από 2 έως 80 Hz, το μυϊκό σύστημα δεν μπορεί να ελέγξει τις δονήσεις (ταλαντώσεις) που υφίστανται τα διάφορα μέρη του σώματος. Κάθε ένα τμήμα του σώματος αντιδρά κατά διαφορετικό τρόπο ανάλογα με την ύλη που αποτελείται, την αδράνεια του, και την ιδιοσυχνότητά του. Οι δονήσεις άνω των 80 Hz, απορροφώνται πολύ εύκολα από τον οργανισμό του ανθρώπου. Διάφορα συμπτώματα μπορούν να παρατηρηθούν γύρω από το σημείο που εφαρμόζεται η δύναμη της δόνησης.

Τα όργανα που απορροφούν και συγκρατούν κατά ένα μέρος την ενέργεια των δονήσεων προστατεύουν τους γειτονικούς ιστούς, αν και τα ίδια μπορούν να πάθουν άμεσα βλάβη από αυτές.

Ο χειριστής ενός γεωργικού μηχανήματος εκτός δρόμου, όπως είναι ένας γεωργικός ελκυστήρας, αποτελεί ένα **βιο-μηχανικό** στοιχείο ενός κατά τα άλλα μηχανικού συστήματος, το οποίο δονείται εξαιτίας της τραχύτητας του εδάφους (Rakheja et al., 1984b; Boshuizen et al., 1992; Brienza et al., 1996).

Οι μελέτες των ανθρωπίνων παραγόντων είναι σημαντικές στον σχεδιασμό και έλεγχο της έκθεσης σε κραδασμό, για να παρέχουν το επίπεδο άνεσης που αναμένει ο χειριστής και για να τον προστατέψουν ενάντια σε επιβλαβείς επιδράσεις στην υγεία και την ασφάλεια του.

## 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ο πειραματικός προσδιορισμός των δονήσεων στο κάθισμα του χειριστή του γεωργικού ελκυστήρα, πραγματοποιήθηκε με τα μηχανήματα του Τμήματος Μηχανικής Βιοσυστημάτων του Τ.Ε.Ι./Λάρισας από το Εργαστήριο Μηχανικής Οχημάτων Ανωμάλων Εδαφών. Συγκεκριμένα οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν στο αγρόκτημα του Τ.Ε.Ι. Λάρισας, με κωδικό δοκιμής Κ.Δ.031108. Η προετοιμασία της σποροκλίνης πραγματοποιήθηκε με τρεις διαφορετικές κατευθύνσεις πορείας σε σχέση με την άροση: α) Παράλληλα με την άροση, β) σε γωνία 30° και γ) κάθετη. Στο έδαφος που πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμές ήταν οργωμένο με σχετική υγρασία 12%, η σύσταση του ήταν αμμοαργιλλωπηλώδες (SCL), και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος ήταν 22°C.

Ο ελκυστήρας που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο LAMBORGHINI PREMIUM 950, ισχύος 95 PS που διαθέτει: Υδροστατικό σύστημα διεύθυνσης και δυνατότητα μηχανικής ρύθμισης του καθίσματος.

Η δισκοσβάρνα που χρησιμοποιήθηκε για την προετοιμασία της σποροκλίνης είναι ημιαναρτώμενη, με πλάτος εργασίας 3,20m, αριθμό δίσκων 33, διάμετρο δίσκων 50 cm., το βάθος εργασίας ήταν 11,0 cm. με μέγιστη γωνία κλίσης των δίσκων 25°.

Για τη μέτρηση και καταγραφή των δονήσεων χρησιμοποιήθηκε μία ηλεκτρονική

συσκευή μέτρησης του εργοστασίου BRUEL & KJAER, (VIBROTEST 60).

Οι τιμές μέτρησης της συσκευής είναι RMS, επιτάχυνσης σε  $m/s^2$  και της αντίστοιχης συχνότητας των δονήσεων σε Hz. Η συσκευή ρυθμίστηκε για κάθε διαδρομή μήκους περίπου 500m, να λαμβάνει 1600 τιμές με κλίμακα συχνοτήτων 0 – 500 Hz / 0,3125 Hz.

Οι μετρήσεις των πειραματικών δοκιμών δόνησης πραγματοποιήθηκαν στο κάθισμα του χειριστή κάτω από πραγματικές συνθήκες εργασίας με σταθερή ταχύτητα κίνησης η οποία ήταν μεταξύ 8,7 και 8,9 Km/h. Η ταχύτητα αυτή επιλέχθηκε για καλλίτερο θρυμματισμό του εδάφους. Κατά τη διάρκεια των πειραματικών δοκιμών καταγραφόταν οι δονήσεις με τις αντίστοιχες επιταχύνσεις στους τρεις άξονες X,Y,Z.

Σκοπός της εργασίας ήταν να προσδιοριστούν οι αναπτυσσόμενες δονήσεις στους τρεις άξονες X,Y,Z, στις τρεις διαφορετικές κατευθύνσεις πορείας να γίνει ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων και να καθορισθούν οι ημερήσιες τιμές έκθεσης σε δόνηση από τις επιταχύνσεις των δονήσεων καθώς και οι περιοχές των συχνοτήτων στις οποίες εμφανίζονται και προκαλούν σημαντική κόπωση των χειριστών με σοβαρές συνέπειες στη υγεία τους. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε τρεις κατευθύνσεις πορείας εργασίας σε σχέση με την άροση και ήταν: α) **Παράλληλη κατεύθυνση** σε σχέση με την άροση, β) **Κάθετη κατεύθυνση** σε σχέση με την άροση και γ) **Κατεύθυνση με γωνία 30°** σε σχέση με την άροση.

### 3. ΔΟΚΙΜΕΣ - ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Από τις μετρήσεις προσδιορίστηκε ο μέσος όρος και για κάθε κατεύθυνση ελήφθη η μέγιστη τιμή των μέσων όρων. Ο Πίνακας 1. εμφανίζει τα αποτελέσματα και τη σύγκριση των τιμών των δοκιμών με Κ.Δ. 121108 με ελκυστήρα LAMBORGHINI PREMIUM 950 με ελκόμενη – κυλιόμενη δισκοσβάρνα.

Πίνακας 1. Σύγκριση των μέγιστων μέσων όρων μεταξύ της μέγιστης επιτάχυνσης [ $m/s^2$ ] και της αντίστοιχης συχνότητας [Hz] των δονήσεων.

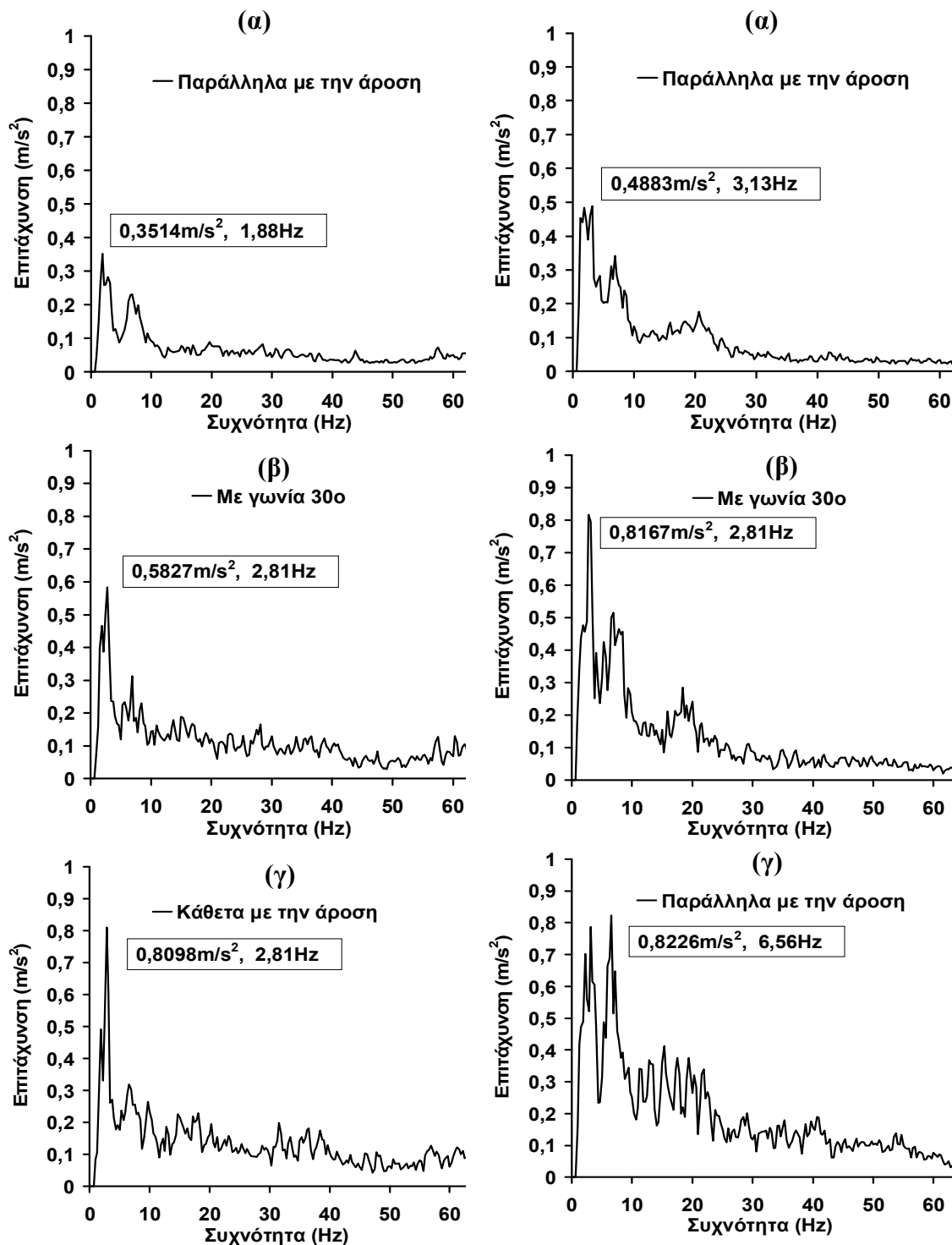
Κατεύθυνση Πορείας / Άξονες	Παράλληλα με την άροση		Γωνιά 30° με την άροση		Κάθετα με την άροση	
	$m/s^2$	Hz	$m/s^2$	Hz	$m/s^2$	Hz
X	<b>X1 0,3514</b>	<b>1,88</b>	<b>X2 0,5827</b>	<b>2,81</b>	<b>X3 0,8098</b>	<b>2,81</b>
Y	<b>Y1 0,4883</b>	<b>3,13</b>	<b>Y2 0,8167</b>	<b>2,81</b>	<b>Y3 0,8226</b>	<b>6,56</b>
Z	<b>Z1 0,8084</b>	<b>2,50</b>	<b>Z2 1,2467</b>	<b>2,50</b>	<b>Z3 1,9886</b>	<b>2,19</b>
	<b>X3-X2</b>	38,97%	<b>X2-X1</b>	65,82%	<b>X3-X1</b>	130,45%
	<b>Y3-Y2</b>	0,72%	<b>Y2-Y1</b>	67,25%	<b>Y3-Y1</b>	68,46%
	<b>Z3-Z2</b>	59,50%	<b>Z2-Z1</b>	54,21%	<b>Z3-Z1</b>	146,00%
	<b>Z1-X1</b>	130,00%	<b>Z2-X2</b>	113,95%	<b>Z3-X3</b>	117,88%
	<b>Z1-Y1</b>	65,55%	<b>Z2-Y2</b>	52,65%	<b>Z3-Y3</b>	141,75%
	<b>Y1-X1</b>	38,95%	<b>Y2-X2</b>	40,15%	<b>Y3-X3</b>	1,58%

Οι παραπάνω τιμές του Πίνακα 1, σχετικά με τα ποσοστά σύγκρισης των δονήσεων σε σχέση με τις τρεις διευθύνσεις προκύπτουν από τη σχέση (1):

$$\frac{X_3 - X_2}{X_2} 100\% = \frac{0,8098 - 0,5827}{0,5827} 100\% = 38,97\% \quad (1)$$

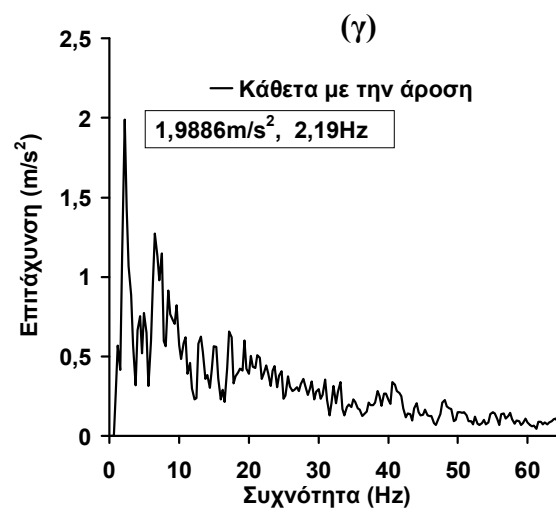
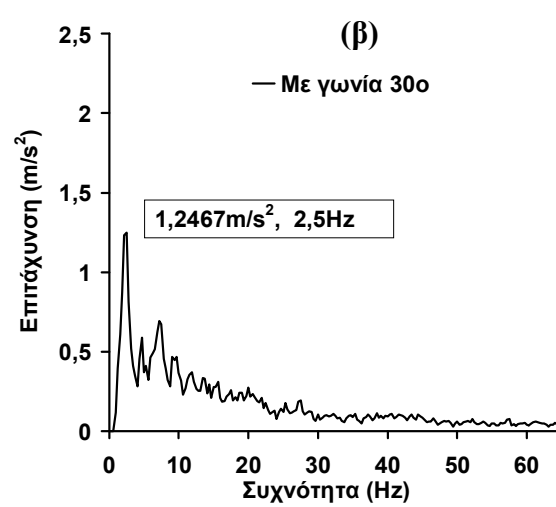
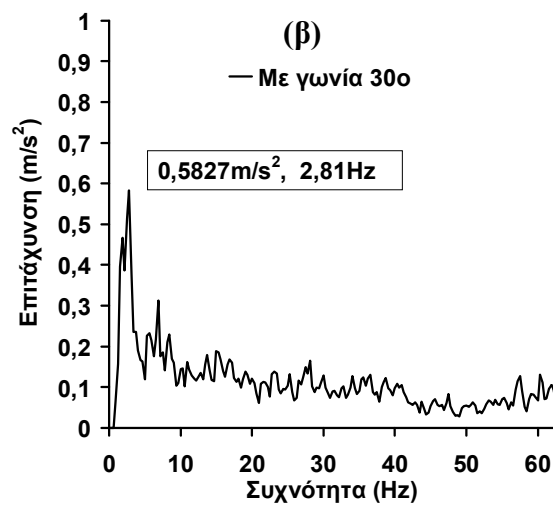
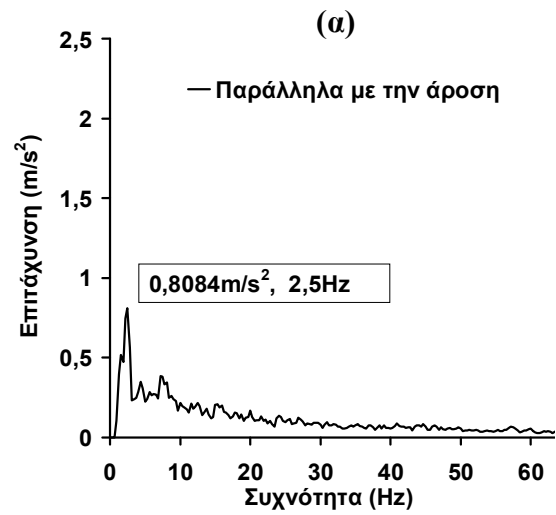
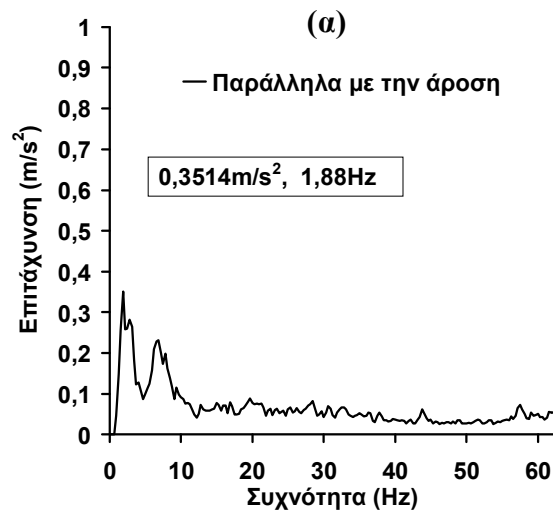
Από τις δοκιμές ολόσωμων δονήσεων που πραγματοποιήθηκαν στους άξονες (X,Y,Z) δημιουργήθηκαν τα παρακάτω διαγράμματα που αντιστοιχούν στις τιμές του μέσου όρου των έξι διαδρομών προς κάθε κατεύθυνση πορείας σε σχέση με την άροση

με σταθερή ταχύτητα του ελκυστήρα,  $U_{ελ} = 8,7 - 8,9$  km/h και με σταθερό βάθος 11,0 [cm].



Σχήμα 1. Δονήσεις στο διάμηκες επίπεδο (X), στο κάθισμα του χειριστή κατά τη διάρκεια της κατεργασίας με δισκοσβάρνα για κατεύθυνση πορείας σε σχέση με την άροση α) παράλληλη, β) γωνία 30° και γ) κάθετη.

Σχήμα 2. Εγκάρσιες δονήσεις (Y), στο κάθισμα του χειριστή κατά τη διάρκεια της κατεργασίας με δισκοσβάρνα για κατεύθυνση πορείας σε σχέση με την άροση α) παράλληλη, β) γωνία 30° και γ) κάθετη.



Σχήμα 3. Δονήσεις στο διάμικες επίπεδο (X), στο κάθισμα του χειριστή κατά τη διάρκεια της κατεργασίας με δισκοσβάρνα για κατεύθυνση πορείας σε σχέση με την άροση α) παράλληλη, β) γωνία 30° και γ) κάθετη.

Σχήμα 4. Κατακόρυφες δονήσεις (Z), στο κάθισμα του χειριστή κατά τη διάρκεια της κατεργασίας με δισκοσβάρνα για κατεύθυνση πορείας σε σχέση με την άροση α) παράλληλη, β) γωνία 30° και γ) κάθετη.

### 3.1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΗΜΕΡΗΣΙΑΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΔΟΝΗΣΗΣ A(8)

Η οδηγίες που αναφέρονται στις μηχανικές ολόσωμες δονήσεις επιτρέπουν δύο μεθόδους αξιολόγησης της δόνησης:

- Η ημερήσια έκθεση δόνησης A(8), αναφέρεται στον υπολογισμό του μέσου όρου της μέσης τετραγωνικής τιμής (RMS) του σήματος επιτάχυνσης και έχει μονάδες [m/s<sup>2</sup>] και αναφέρεται σε διάρκεια 8 ωρών
- Η τιμή δόσης δόνησης (VDV), είναι μια συσσωρευτική δόση, βασισμένη στη 4η ρίζα του μέσου τετραγώνου του σήματος επιτάχυνσης με μονάδες [m/s<sup>1,75</sup>].

Κατά την εξέταση των κινδύνων για την υγεία από την ολόσωμη δόνηση πρέπει ένας πρόσθετος πολλαπλασιαζόμενος παράγοντας να εφαρμοστεί στη τιμή της σταθμισμένης συχνότητας δόνησης. Για τους δύο πλευρικούς άξονες (X και Y) οι τιμές επιτάχυνσης πολλαπλασιάζονται με 1,4. Για τον κατακόρυφο, άξονα δόνησης Z, ο παράγοντας είναι 1,0.

Η ημερήσια έκθεση δόνησης A(8), στις τρεις κατευθύνσεις στις ολόσωμες μηχανικές δονήσεις στους τρεις άξονες, X, Y και Z δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις: 2,3,& 4.

$$A_x(8) = 1,4a_{wx} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad (2)$$

$$A_y(8) = 1,4a_{wy} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad (3)$$

$$A_z(8) = a_{wz} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}} \quad (4)$$

Όπου:

$T_{exp}$  είναι η ημερήσια διάρκεια έκθεσης στη δόνηση.

$T_0$  είναι η ενδεικτική έκθεση 8 ωρών.

Η μεγαλύτερη τιμή από τις τρεις  $A_x(8)$ ,  $A_y(8)$  και  $A_z(8)$  είναι η ημερήσια έκθεση στη δόνηση. Από τις τιμές του Πίνακα 1 και τις σχέσεις υπολογισμού της Ημερήσιας Έκθεσης Δόνησης A(8) για  $T_{exp} = 6$  ώρες και  $T_0 = 8$  ώρες εργασίας προκύπτει ο Πίνακας 2. για παράλληλη κατεύθυνση πορείας, ο Πίνακας 3. για κατεύθυνση πορείας με γωνία 30° και ο Πίνακας 4. για κάθετη κατεύθυνση πορείας.

Πίνακας 2. Δονήσεις στο κάθισμα του χειριστή κατά τη διάρκεια της κατεργασίας του εδάφους με δισκοσβάρνα. **Παράλληλη κατεύθυνση πορείας** σε σχέση με την άροση  $U_{ελ} = 8,7-8,9$  km/h. Μέγιστες τιμές των μέσων όρων 6 επαναλήψεων.

ΑΞΟΝΕΣ	Τιμές m/s <sup>2</sup>	Τιμές Hz	Τιμές A(8) [m/s <sup>2</sup> ]	Ωρες επιτρ. εργασίας h
X	0,3514	1,88	0,426	8,0
Y	0,4883	3,13	0,592	8,0
Z	<b>0,8084</b>	2,50	<b>0,700</b>	<b>3,0</b>

Από τον Πίνακα 2 προκύπτει ότι η υψηλότερη τιμή δόνησης είναι στον κατακόρυφο άξονα Z, με τιμή επιτάχυνσης  $a_{wz} = 0,8084$  m/s<sup>2</sup> η ημερήσια έκθεση δόνησης του χειριστή από τη σχέση (4) είναι **A(8) = 0,700 m/s<sup>2</sup>** και επιτρεπόμενες ώρες εργασίας

προκύπτουν από τις αντίστοιχες καμπύλες νομογραφήματος είναι: **h = 3,0**.

Πίνακας 3. Δονήσεις στο κάθισμα με **Κατεύθυνση πορείας με γωνία 30°** σε σχέση με την άροση,  $U_{ελ} = 8,7-8,9$  km/h. Μέγιστες τιμές των μέσων όρων 6 επαναλήψεων.

ΑΞΟΝΕΣ	Τιμές m/s <sup>2</sup>	Τιμές Hz	Τιμές A(8) [m/s <sup>2</sup> ]	Ώρες επιτρ. εργασίας h
X	0,5827	2,81	0,706	6,0
Y	0,8167	2,80	0,990	3,0
Z	<b>1,2467</b>	2,50	<b>1,080</b>	<b>1,15</b>

Από τον Πίνακα 3 προκύπτει ότι η υψηλότερη τιμή δόνησης είναι στον κατακόρυφο άξονα Z, με τιμή επιτάχυνσης  $a_{wz} = 1,2467$  m/s<sup>2</sup> με ημερήσια έκθεση δόνησης του χειριστή **A(8) = 1,080 m/s<sup>2</sup>** και επιτρεπόμενες ώρες εργασίας **h = 1,15**.

Πίνακας 4. Δονήσεις στο κάθισμα με **Κάθετη κατεύθυνση πορείας** σε σχέση με την άροση, για  $U_{ελ} = 8,7-8,9$  km/h. Μέγιστες τιμές των μέσων όρων 6 επαναλήψεων.

ΑΞΟΝΕΣ	Τιμές m/s <sup>2</sup>	Τιμές Hz	Τιμές A(8) [m/s <sup>2</sup> ]	Ώρες επιτρ. εργασίας h
X	0,8098	2,81	1,079	2,30
Y	0,8226	6,56	0,997	2,45
Z	<b>1,9886</b>	2,19	<b>1,722</b>	<b>0,30</b>

Από τον Πίνακα 4 προκύπτει ότι η υψηλότερη τιμή δόνησης είναι στον κατακόρυφο άξονα Z, με τιμή επιτάχυνσης  $a_{wz} = 1,9886$  m/s<sup>2</sup> με ημερήσια έκθεση δόνησης του χειριστή **A(8) = 1,722 m/s<sup>2</sup>** και επιτρεπόμενες ώρες εργασίας **h = 0,30**.

### 3.2. ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΟΡΙΑ

Οι οδηγίες της Ε.Ε. 98/37/EC, 2002/44/EC, 89/391/EEC, 90/269/EEC Ε.Ε. 2002/44/EK και Π.Δ.176/2005 (ΦΕΚ 227/Α) και 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 είναι 0,5 m/s<sup>2</sup> και η Τιμή της Δόσης Δόνησης (VDV), είναι 9,1 m/s<sup>1,75</sup>. Οι οριακές τιμές για την ανάληψη δράσης για την Ημερήσια Έκθεση Δόνησης A(8), είναι 1,15 m/s<sup>2</sup> και η τιμή της Δόσης Δόνησης (VDV), είναι 21 m/s<sup>1,75</sup>.

### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στον Πίνακα 1. φαίνονται οι μέγιστοι μέσοι όροι των τιμών δονήσεων στο κάθισμα του χειριστή στους τρεις άξονες X,Y,Z, από το σύνολο των έξι δοκιμών που πραγματοποιήθηκαν για τις τρεις διαφορετικές κατευθύνσεις κατεργασίας του εδάφους με δισκοσβάρνα σε σχέση με την κατεύθυνση της άροσης.

1. Το εύρος των επιταχύνσεων m/s<sup>2</sup> των δονήσεων στο κάθισμα του χειριστή στον κατακόρυφο άξονα Z, είναι μεγαλύτερες και στις τρεις κατευθύνσεις κατεργασίας σε σχέση με τις δονήσεις στους άξονες X και Y.

2. Το εύρος των επιταχύνσεων m/s<sup>2</sup> των δονήσεων στην **κάθετη** κατεύθυνση κατεργασίας με δισκοσβάρνα σε σχέση με την άροση είναι μεγαλύτερες από τις δονήσεις στην

παράλληλη κατεύθυνση και την κατεύθυνση με γωνία 30°.

3. Το εύρος των επιταχύνσεων  $m/s^2$  των δονήσεων στην κατεύθυνση κατεργασίας των 30° και στους τρεις άξονες είναι μεγαλύτερες από τα εύρη των δονήσεων στην παράλληλη κατεύθυνση κατεργασίας και μικρότερη σε σχέση με την κάθετη κατεύθυνση κατεργασίας.

4. Τα ελάχιστα εύρη των επιταχύνσεων  $m/s^2$  των δονήσεων και στους τρεις άξονες X,Y,Z, εμφανίζονται στην παράλληλη κατεύθυνση κατεργασίας, της δισκοσβάρνα σε σχέση με την άροση.

5. Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι η μεγαλύτερη διαφορά των επιταχύνσεων των δονήσεων εμφανίζεται στο κατακόρυφο άξονα των Z και είναι μεταξύ των τιμών Z3-Z1 κατά 146% και ακολουθούν στο διαμήκη άξονα των X, μεταξύ των τιμών X3-X1 κατά 130,5% και η ελάχιστη στο εγκάρσιο άξονα Y μεταξύ των τιμών Y3-Y1 κατά 68,5%.

## 5. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

1. Από τα αποτελέσματα των πειραματικών δοκιμών προκύπτει ότι ο χειριστής δέχεται την μικρότερη ολόσωμη δόνηση όταν εργάζεται για την προετοιμασία της σποροκλίνης με διεύθυνση πορείας παράλληλα με την άροση.

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

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

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 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.
- Κανδύλης, Εμ., 2008. *Παράγοντες που επηρεάζουν /βλάπτουν την υγεία των εργαζομένων και του πληθυσμού. Όργανα μέτρησης / ελέγχου – κανονισμοί*.
- 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.
- Rakheja, S., Sankar, S., 1984a. *Suspension design to improve tractor ride: I passive seat suspension*. S.A.E. Transactions, 4: 1096- 1104.
- Rakheja, S., Sankar, S., 1984b. *Suspension design to improve tractor ride: II passive cab suspension*. S.A.E. Transactions, 4: 1005- 1112.
- Sankar, S., Afonso, M., 1993. *Design and testing of lateral of lateral seat suspension for all road vehicles*. Journal of Terramechanics, 30(5): 371-393.