

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ



Διπλωματική εργασία

*Συγκριτική μελέτη των νομοθεσιών και των προτύπων για τον έλεγχο των μηχανικών
κραδασμών κατά την εργασία σε μεταλλευτικά και τεχνικά έργα*

Ματθαίος Ι. Τουτουντζής

Εξεταστική Επιτροπή:

Μ. Γαλετάκης, Καθηγητής (επιβλέπων)

Κ. Κομνίτσας, Καθηγητής

Γ. Ξηρουδάκης, Επ. Καθηγητής

Χανιά 2023

Στην οικογένειά μου, τους φίλους μου
και όλους όσοι με βοήθησαν στο ταξίδι αυτό.

Οι απόψεις που εκφράζονται στην παρούσα εργασία αποτελούν την προσωπική τοποθέτηση του συγγραφέα και δεν αντικατοπτρίζουν τις θέσεις της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής. Παρατίθεται πλήρης βιβλιογραφική λίστα για όλες τις πηγές που έχουν χρησιμοποιηθεί είτε αυτούσιες είτε παραφρασμένες μέσα στο κείμενο.

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιείται μια συγκριτική μελέτη των νομοθεσιών και των προτύπων για τη μέτρηση και τον έλεγχο των μηχανικών δονήσεων (κραδασμών) στους οποίους εκτίθεται ένας εργαζόμενος κατά τη διάρκεια της εργασίας σε μεταλλευτικά, λατομικά και κατασκευαστικά έργα. Παρουσιάζονται τα κυριότερα είδη των μηχανικών κραδασμών, οι τρόποι μετάδοσης και οι επιπτώσεις στην υγεία του εκτιθέμενου εργαζομένου. Αναλύονται τα βασικότερα πρότυπα μέτρησης-ελέγχου κατά ISO (International Organization for Standardization) τα οποία καθορίζουν τις επιτρεπτές τιμές έντασης κραδασμών, τις μεθόδους μέτρησης και αντιμετώπισής τους και τους τρόπους επίβλεψης της υγείας του εργαζομένου που υφίσταται τις μηχανικές δονήσεις.

Πραγματοποιείται εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση των πρόσφατα δημοσιευμένων εργασιών με σκοπό την πλήρη κατανόηση του φαινομένου των μηχανικών κραδασμών και της επικινδυνότητας αυτού. Αναλύονται και συγκρίνονται δημοσιευμένες εργασίες από το 2000-2022 που αναφέρονται είτε σε εργαστηριακές μελέτες είτε σε μελέτες πεδίου και αφορούν τον μεταλλευτικό και τον κατασκευαστικό τομέα. Παρουσιάζονται τα πρότυπα ISO που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε μελέτη, το είδος των μηχανικών δονήσεων που μελετήθηκε, ο μηχανολογικός εξοπλισμός που δημιουργεί τις δονήσεις καθώς και οι άλλοι συνδεόμενοι εργασιακοί παράγοντες.

Ακολουθεί στατιστική ανάλυση των επιπρόσθετων εργασιακών παραγόντων αλλά και των προτύπων ISO που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε έρευνα που αναλύθηκε. Η στατιστική ανάλυση παρουσιάζει τα ποσοστά εμφάνισης των επιπρόσθετων εργασιακών παραγόντων αλλά και τη συχνότητα χρήσης των σημαντικότερων προτύπων ISO. Η κατηγορία των ατομικών παραγόντων υπερισχύουν των υπολοίπων με ποσοστό εμφάνισης 78,6%. Ακολουθούν οι κατηγορίες των παραγόντων εξοπλισμού και περιβάλλοντος με ποσοστό εμφάνισης 40,5% και 28,6% αντίστοιχα. Για τις μελέτες που εστιάζουν στη μέτρηση των μηχανικών κραδασμών μεταδιδόμενων σε ολόκληρο το σώμα, το πρότυπο με την συχνότερη χρήση βρέθηκε να είναι το ISO 2631-1 και για τις μελέτες που εστιάζουν στην μέτρηση των μηχανικών κραδασμών μεταδιδόμενων στο σύστημα χειρός-βραχίονα, το πρότυπο ISO 5349-1 με συχνότητα χρήσης 81,5% και 84,6% αντίστοιχα.

Abstract

In this diploma thesis, a comparative study of the laws and standards for the measurement and control of mechanical vibrations to which a worker is exposed during work in mining, quarrying and construction activities is carried out. The main types of mechanical vibration, the modes of transmission and the effects on the health of the exposed worker are presented. The basic measurement-control standards according to ISO (International Organization for Standardization) are analyzed. These standards determine the permissible values of vibration intensity, the methods of measuring and the ways of supervising the health of the worker subjected to mechanical vibration.

An extensive literature review of recently published papers is carried out in order to fully understand the phenomenon of mechanical vibration and its hazards. Published papers from 2000-2022 that refer either to laboratory studies or to field studies and concern the mining and construction sector are analyzed and compared. The ISO standards used in each study are presented, the type of mechanical vibrations examined, the mechanical equipment that creates the vibrations as well as the other associated work factors.

The statistical analysis, of the and ISO standards used in the examined cases and the additional work factors, follows. The category of individual factors predominated over the others (78,6%), while the categories of equipment and environmental factors follow with 40,5% and 28,6% respectively. For studies focusing on the measurement of whole-body mechanical vibration, the most frequently used standard was found to be ISO 2631-1 and for studies focusing on the measurement of mechanical vibration transmitted to the hand-arm system, ISO 5349-1 with a frequency of use of 81,5% and 84,6% respectively.

Ευχαριστώ πολύ τον κύριο Γαλετάκη και την κυρία Ράκα για όλη την βοήθεια που μου προσέφεραν.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	iv
Εισαγωγή.....	xiv
Κεφάλαιο 1 – Μηχανικοί κραδασμοί στην εργασία.....	1
1.1 Μηχανικοί κραδασμοί και μεγέθη που τους χαρακτηρίζουν.....	1
1.2 Είδη μηχανικών κραδασμών – συνέπειες στον εργαζόμενο.....	3
1.2.1 Κραδασμοί μεταδιδόμενοι στο σύστημα άκρας χειρός-βραχίονα.....	4
1.2.2 Κραδασμοί μεταδιδόμενοι σε ολόκληρο το σώμα.....	7
1.3 Μείωση της έκθεσης των μηχανικών κραδασμών.....	9
1.4 Επίβλεψη υγείας εκτιθέμενων εργαζόμενων.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – Νομοθεσία και πρότυπα.....	16
2.1 Μεθοδολογία αξιολόγησης κινδύνου από μηχανικούς κραδασμούς.....	17
2.2 Παρουσίαση κυριότερων νομοθεσιών – προτύπων.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – Βιβλιογραφική Ανασκόπηση	38
3.1 Εισαγωγή.....	38
3.2 Αποτελέσματα βιβλιογραφικής έρευνας	40
3.2.1 Επιλογή μελετών και κατηγοριοποίηση.....	40
3.2.2 Σχολιασμός των επιλεγμένων μελετών	49
3.2.3 Ανάλυση εργασιών που αναφέρονται στις μελέτες πεδίου.....	62
3.2.4 Ανάλυση εργαστηριακών εργασιών.....	79
3.3 Συζήτηση αποτελεσμάτων βιβλιογραφικής έρευνας	89
3.3.1 Έρευνες πεδίου.....	89
3.3.2 Εργαστηριακές έρευνες.....	97

3.4 Στατιστική ανάλυση.....	102
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – Συμπεράσματα και προτάσεις βελτίωσης.....	107
4.1 Συμπεράσματα.....	107
4.2 Προτάσεις βελτίωσης.....	110
Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία.....	111
Ελληνική Βιβλιογραφία	116
Διαδικτυακές Πηγές.....	117
Ευρωπαϊκά Πρότυπα.....	118
Διεθνή Πρότυπα.....	119
Ελληνική Νομοθεσία.....	120

Κατάλογος εικόνων

<u>Εικόνα 1.1:</u> Απεικόνιση μηχανικού ανθρώπινου μοντέλου με τις αντίστοιχες επιβλαβείς συχνότητες για κάθε μέρος του (Παναγοπούλου, 2014).....	4
<u>Εικόνα 1.2:</u> Κρουστικό δράπανο (www.cat.com).....	5
<u>Εικόνα 1.3:</u> Νέκρωση μηνοειδούς οστού (https://venouziou.gr/).....	6
<u>Εικόνα 1.4:</u> Φαινόμενο Raynaud (https://nikosparaskevas.gr/).....	7
<u>Εικόνα 1.5:</u> Τροχοφόρος φορτωτής (www.cat.com).....	8
<u>Εικόνα 1.6:</u> Οσφυαλγία (https://www.truemed.gr/).....	9
<u>Εικόνα 2.1:</u> Τρία βασικά στάδια διαδικασίας εκτίμησης κινδύνου από μηχανικούς κραδασμούς (Παναγοπούλου, 2014).....	17
<u>Εικόνα 2.2:</u> Εύρη έντασης κραδασμών για ολόκληρο το σώμα προερχόμενα από την χρήση μηχανοκίνητων οχημάτων (Μη δεσμευτικός οδηγός καλής πρακτικής για την εφαρμογή οδηγίας 2002/44/EK.).....	18
<u>Εικόνα 2.3:</u> Εύρη έντασης κραδασμών για το σύστημα χειρός-βραχίονα που προέρχονται από τη χρήση φορητών εργαλείων (Μη δεσμευτικός οδηγός καλής πρακτικής για την εφαρμογή οδηγίας 2002/44/EK.).....	19
<u>Εικόνα 2.4:</u> Χρήση μπουλονόκλειδου σε τροχούς οχημάτων (Μη δεσμευτικός οδηγός καλής πρακτικής για την εφαρμογή οδηγίας 2002/44/EK.).....	21
<u>Εικόνα 2.5:</u> Τρόποι λαβής και άξονες προς μέτρηση για μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χειρός-βραχίονα (ISO 5349-1:2001 Μηχανικοί κραδασμοί – Μέτρηση και αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χειριού – βραχίονα).....	28
<u>Εικόνα 2.6:</u> Health Guidance Zones (ISO 2631-1:1997 Μηχανικοί κραδασμοί – Αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα – Μέρος 1: Γενικές απαιτήσεις).....	31

<u>Εικόνα 2.7:</u> Άξονες και σημεία στα οποία μεταδίδονται οι μηχανικοί κραδασμοί μέσω των επιφανειών στήριξης (ISO 2631-1:1997 Μηχανικοί κραδασμοί – Αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα – Μέρος 1: Γενικές απαιτήσεις).....	32
<u>Εικόνα 2.8:</u> Μηχανισμός υδροπνευματικής ανάρτησης καθίσματος οδηγού για απορρόφηση των κραδασμών (Παναγοπούλου, 2014).....	35
<u>Εικόνα 3.1:</u> Βήματα αποκλεισμού μελετών με βάση τα κριτήρια.....	40

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1: Στοιχεία δημοσιευμένων εργασιών που αναφέρονται σε μελέτες πεδίου.....	42
Πίνακας 3.2: Στοιχεία δημοσιευμένων εργασιών που αναφέρονται σε εργαστηριακές μελέτες.....	45
Πίνακας 3.3: Συνδυαστική έρευνα (πεδίου και εργαστηρίου).....	48
Πίνακας 3.4: Νομοθεσία, κλάδος, εξοπλισμός, τρόπος μέτρησης, σκοπός και επιπρόσθετοι παράγοντες των μελετών πεδίου που αναλύουν τη μέτρηση των μηχανικών δονήσεων σε ολόκληρο το σώμα.....	63
Πίνακας 3.5: Νομοθεσία, κλάδος, σκοποί, τρόποι μέτρησης, επιπρόσθετοι παράγοντες και εργαλεία προς μέτρηση των μελετών πεδίου που αναλύουν τη μέτρηση των μηχανικών δονήσεων στο σύστημα χειρός-βραχίονα.....	73
Πίνακας 3.6: Νομοθεσία, κλάδος, όχημα προς μέτρηση, τρόπος μέτρησης, σκοπός και επιπρόσθετοι παράγοντες των ερευνών πεδίου που μελετούν και τα δύο είδη μηχανικών κραδασμών.....	77
Πίνακας 3.7: Νομοθεσία, αντικείμενο προς μέτρηση, τρόπος μέτρησης, σκοπός και επιπρόσθετοι παράγοντες των εργαστηριακών μελετών που εστιάζουν στους μηχανικούς κραδασμούς που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα.....	81
Πίνακας 3.8: Νομοθεσία, όργανα προς μέτρηση, τρόπος μέτρησης, σκοποί και επιπρόσθετοι παράγοντες των εργαστηριακών μελετών που εστιάζουν στους μηχανικούς κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός-βραχίονα.....	85
Πίνακας 3.9: Νομοθεσία, όχημα προς μέτρηση, τρόπος μέτρησης, σκοπός και επιπρόσθετοι παράγοντες της μελέτης που αποτελεί εργαστηριακή και πεδίου.....	88
Πίνακας 3.10: Αριθμός ατόμων που συμμετείχαν στη λήψη μετρήσεων και αποτελέσματα της κάθε μελέτης πεδίου που αφορά τους μηχανικούς κραδασμούς ολόκληρου του σώματος.....	89
Πίνακας 3.11: Αριθμός συμμετεχόντων στη λήψη μετρήσεων και αποτελέσματα-συμπεράσματα της κάθε μελέτης πεδίου που αφορά τους μηχανικούς κραδασμούς του συστήματος χειρός-βραχίονα.....	94

Πίνακας 3.12: Αριθμός συμμετεχόντων στη λήψη μετρήσεων και αποτελέσματα-συμπεράσματα της κάθε μελέτης πεδίου που ερεύνησε τους μηχανικούς κραδασμούς ολόκληρου του σώματος και του συστήματος χειρός-βραχίονα ταυτόχρονα.....96

Πίνακας 3.13: Αριθμός συμμετεχόντων στη λήψη μετρήσεων και αποτελέσματα-συμπεράσματα της κάθε εργαστηριακής μελέτης που αφορά τους μηχανικούς κραδασμούς ολόκληρου του σώματος.....97

Πίνακας 3.14: Αριθμός συμμετεχόντων στη λήψη μετρήσεων και αποτελέσματα-συμπεράσματα της κάθε εργαστηριακής μελέτης που αφορά τους μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χειρός-βραχίονα.....100

Κατάλογος Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 3.1: Διαχρονική εξέλιξη των δημοσιεύσεων που εξετάστηκαν	41
Διάγραμμα 3.2: Συχνότητα εμφάνισης κάθε επιπρόσθετου παράγοντα και συχνότητα εμφάνισης των συνδυασμών αυτών.....	103
Διάγραμμα 3.3: Ποσοστό μελετών που αναφέρονται στους επιπρόσθετους επιβαρυντικούς παράγοντες (κατηγορίες).....	104
Διάγραμμα 3.4: Συχνότητα χρήσης των κυριότερων προτύπων και νομοθεσιών στις μελέτες μηχανικών δονήσεων ολόκληρου του σώματος (WBV).....	105
Διάγραμμα 3.5: Συχνότητα χρήσης των κυριότερων προτύπων και νομοθεσιών στις μελέτες μηχανικών δονήσεων του συστήματος χειρός-βραχίονα (HAV).....	106

Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία σκοπεύει στη συγκριτική μελέτη των νομοθεσιών και των προτύπων που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των μηχανικών κραδασμών κατά την εργασία σε μεταλλευτικά και τεχνικά έργα. Οι μηχανικοί κραδασμοί αποτελούν ένα συχνό φαινόμενο στη βιομηχανία και στα μεταλλευτικά έργα. Ωστόσο, η έκθεση των εργαζομένων σε κραδασμούς μπορεί να προξενήσει αρνητικές συνέπειες στην υγεία τους. Παρουσιάζεται μια ολοκληρωμένη εικόνα του προβλήματος των μηχανικών δονήσεων στα μεταλλευτικά έργα και των επιπτώσεών τους στην υγεία του εργαζομένου.

Αναλύοντας τη σχετική βιβλιογραφία, επισημαίνονται τα κυριότερα είδη των μηχανικών κραδασμών και οι πηγές τους. Εξετάζεται επίσης η νομοθεσία που αφορά τις μηχανικές δονήσεις καθώς αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα στην προστασία των εργαζομένων από τις επιπτώσεις των μηχανικών κραδασμών, αλλά και οι ενέργειες του εργοδότη στην περίπτωση εμφάνισης αυτών. Παρουσιάζονται τα κυριότερα διεθνή και ευρωπαϊκά πρότυπα και νομοθεσίες που δημιουργήθηκαν για να προστατέψουν τον εκτιθέμενο εργαζόμενο από τέτοιου είδους κινδύνους.

Μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που πραγματοποιείται, αποκαλύπτεται η σημαντική επίδραση των μηχανικών κραδασμών στην υγεία των εργαζομένων σε μεταλλευτικά έργα. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση εστιάζει στη σύγκριση των προτύπων (ISO) που χρησιμοποίησαν οι επιστημονικές έρευνες, στα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση, στον εξοπλισμό προς μέτρηση αλλά και σε άλλους εργασιακούς παράγοντες που συσχετίστηκαν με το αποτέλεσμα της κάθε έρευνας. Σχολιάζονται και αναλύονται ο σκοπός, οι τεχνικές, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα της κάθε επιστημονικής μελέτης. Παρουσιάζεται επίσης η συχνότητα χρήσης των βασικότερων προτύπων/νομοθεσιών για τη μέτρηση και τον έλεγχο των μηχανικών κραδασμών και μελετάται η σημασία των επιπρόσθετων παραγόντων που επιβαρύνουν την έκθεση σε αυτούς μέσω στατιστικής ανάλυσης.

Τέλος, αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και προτείνονται προτάσεις βελτίωσης ώστε να υπάρξει μία πιο αποτελεσματική αντιμετώπιση του προβλήματος της έκθεσης των εργαζομένων σε μηχανικούς κραδασμούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – Μηχανικοί κραδασμοί στην εργασία

1.1 Μηχανικοί κραδασμοί και μεγέθη που τους χαρακτηρίζουν

Οι κραδασμοί που υφίστανται τα μέρη του ανθρώπινου σώματος, κατά τη διάρκεια μιας οκτάωρης εργασίας, είναι μηχανικές ταλαντώσεις που πηγάζουν από τις δονήσεις του μηχανολογικού εξοπλισμού. Το βασικό μέγεθος που χρησιμοποιείται για να μετρήσει την επίδρασή τους στον εργαζόμενο είναι η επιτάχυνση η οποία έχει υιοθετηθεί και από την ισχύουσα νομοθεσία. Ένας εργαζόμενος που χρησιμοποιεί ένα δονούμενο εργαλείο ή εργάζεται πάνω σε ένα δονούμενο μηχάνημα εκτίθεται σε μηχανικούς κραδασμούς με αποτέλεσμα την απορρόφηση μηχανικής ενέργειας από το σώμα του.

Η κύρια πηγή προέλευσης των μηχανικών κραδασμών είναι οι παλινδρομικές και μη αρμονικές κινήσεις των μερών του μηχανολογικού εξοπλισμού που χρησιμοποιείται κατά την εκτέλεση της εργασίας. Η μεταφορά της μηχανικής ενέργειας στο ανθρώπινο σώμα πραγματοποιείται κυρίως δια μέσου της επιφάνειας στήριξής του από το μέσο που δονείται καθώς και δια μέσου του πηγεοκαρπικού άξονα όταν ο εργαζόμενος χρησιμοποιεί κρουστικά ή περιστρεφόμενα εργαλεία. Ο κίνδυνος αυξάνεται όταν ο χρήστης δεν διαθέτει την κατάλληλη εμπειρία ώστε να χρησιμοποιήσει το όργανο με τον ασφαλέστερο, για τον ίδιο, τρόπο. Εσφαλμένη στάση του σώματος και περαιτέρω άσκηση δυνάμεων μπορούν εύκολα να αυξήσουν τη μηχανική ενέργεια που θα απορροφήσει. Ένας επιπλέον παράγοντας είναι οι κατασκευαστικές ατέλειες των εργαλείων τα οποία μπορεί να μην υποβλήθηκαν στον κατάλληλο έλεγχο πριν παραδοθούν για χρήση.

Με τον όρο «δονήσεις» χαρακτηρίζονται οι γρήγορες ταλαντώσεις μικρού πλάτους. Στη φυσική, ταλάντωση ορίζεται οποιαδήποτε περιοδική κίνηση ενός σώματος που γίνεται παλινδρομικά γύρω από μία θέση ονομαζόμενη θέση ισορροπίας. Θέση ισορροπίας είναι το σημείο ή η κατάσταση όπου οι δυνάμεις ταλάντωσης αλληλο-εξουδετερώνονται. Με λίγα λόγια, ταλάντωση είναι η περιοδική μεταβολή ενός μεγέθους γύρω από μία τιμή. Οι δονήσεις ή κραδασμοί λοιπόν, χαρακτηρίζονται από κάποια φυσικά μεγέθη. Τα κυριότερα είναι η περίοδος (T), η συχνότητα (f), το πλάτος ταλάντωσης (A), η ταχύτητα (v) και η επιτάχυνση (a). Πιο αναλυτικά:

- Περίοδος (T): είναι το μέγεθος που χαρακτηρίζει τα φυσικά φαινόμενα που έχουν την ιδιότητα να επαναλαμβάνονται μετά την πάροδο ορισμένου χρόνου. Είναι δηλαδή το χρονικό διάστημα που χρειάζεται για να ολοκληρωθεί η επανάληψη ενός φαινομένου. Η μονάδα μέτρησης είναι το δευτερόλεπτο (s). Εξ' ορισμού προκύπτει ότι:

$$T = \Delta t / N \quad (1.1)$$

όπου N ο αριθμός επαναλήψεων που έλαβαν χώρα σε χρονικό διάστημα Δt .

- Συχνότητα (f): ονομάζεται ο αριθμός των επαναλήψεων ενός γεγονότος στη μονάδα του χρόνου. Η συχνότητα χαρακτηρίζει οποιοδήποτε φυσικό μέγεθος μεταβάλλεται περιοδικά, δηλαδή επαναλαμβάνει τις ίδιες τιμές σε τακτά χρονικά διαστήματα. Εξ' ορισμού προκύπτει:

$$f = N / \Delta t \quad (1.2)$$

και μετριέται σε Hz ή s^{-1} .

- Πλάτος ταλάντωσης (A): υπολογίζεται ως η μέγιστη απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας. Μετριέται σε μονάδες μήκους και δεν είναι πάντα σταθερό αφού εξαρτάται από τον χρόνο.
- Ταχύτητα (v): ορίζεται ως ο ρυθμός μεταβολής της θέσης ενός σώματος, δηλαδή η απόσταση που διανύει, ως προς τον χρόνο, όπως αυτή μετρείται σε ένα σύστημα συντεταγμένων:

$$v = \frac{dx}{dt} \quad (1.3)$$

με συνήθη μονάδα μέτρησης m/s.

- Επιτάχυνση (α): εκφράζει τον ρυθμό μεταβολής της ταχύτητας ενός σώματος, δηλαδή το πόσο γρήγορα μεταβάλλει την ταχύτητά του σε μια χρονική στιγμή. Εξ' ορισμού προκύπτει:

$$\alpha = \frac{dv}{dt} \quad (1.4)$$

και δίνεται σε m/s^2 .

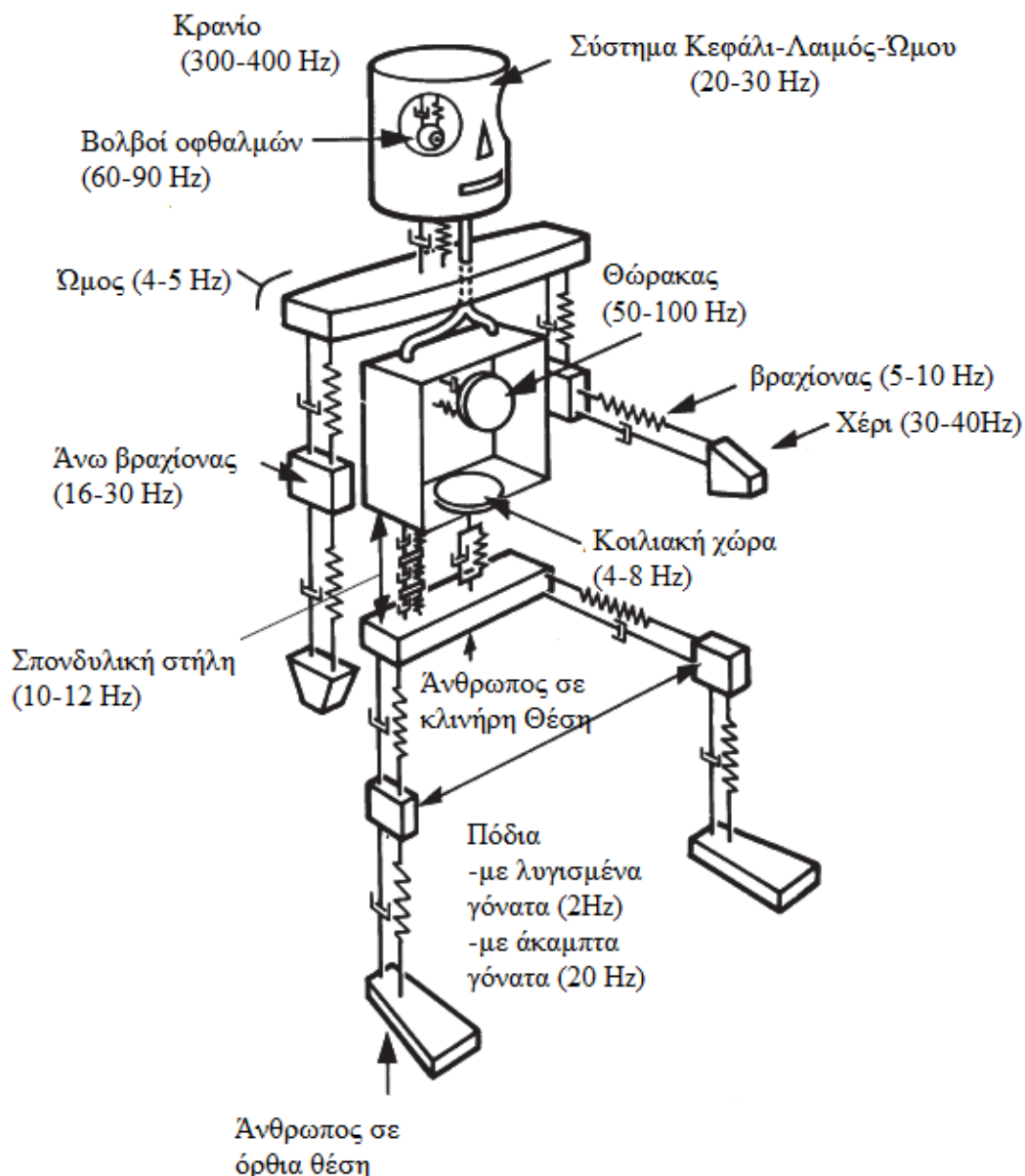
1.2 Είδη μηχανικών κραδασμών και συνέπειες στον εργαζόμενο

Οι μηχανικοί κραδασμοί που μεταδίδονται στους εργαζόμενους, κατά κύριο λόγο σε μεταλλευτικά και λατομικά έργα, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες (Π.Δ. 176):

- Κραδασμοί μεταδιδόμενοι στο σύστημα άκρας χειρός-βραχίονα: Οι μηχανικοί κραδασμοί που όταν μεταδίδονται στο σύστημα άκρας χειρός-βραχίονα του ανθρώπου, συνεπάγονται κίνδυνοι για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων, ιδίως διαταραχές αγγειακές, οστών ή αρθρώσεων, νευρολογικές ή μυϊκές.
- Κραδασμοί μεταδιδόμενοι σε ολόκληρο το σώμα: Οι μηχανικοί κραδασμοί που όταν μεταδίδονται σε όλο το σώμα, συνεπάγονται κίνδυνοι για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων, όπως οσφυαλγία και τραυματισμό της σπονδυλικής στήλης.

Το σώμα αντιδρά με διαφορετικούς τρόπους ανάλογα με τη συχνότητα των μηχανικών κραδασμών που υφίσταται. Όταν στο σώμα επιβάλλονται συχνότητες χαμηλότερες των 2 Hz, αντιδρά σαν ομοιογενής μάζα με αποτέλεσμα τη σύσπαση των ινών των μυών του. Για συχνότητες στο εύρος των 2-80 Hz το μυϊκό σύστημα δεν μπορεί να αντιδράσει σαν ομοιογενής μάζα στις ταλαντώσεις που υφίσταται και έτσι κάθε μέρος του σώματος αντιδρά διαφορετικά ανάλογα με την ύλη από την οποία αποτελείται, την αδράνειά του και την ιδιοσυχνότητά του. Όταν οι συχνότητες ξεπερνούν τα 80 Hz απορροφώνται πιο εύκολα από το ανθρώπινο σώμα και τα συμπτώματα εμφανίζονται στο σημείο που εφαρμόζεται η δύναμη που προκαλεί τους κραδασμούς.

Πιο αναλυτικά, η συχνότητα διέγερσης εξαιτίας της διαφορετικής ενέργειας συντονισμού διαταράσσει το σώμα σε καθιστή θέση όσον αφορά τον κάθετο άξονα στα 4-6 Hz, σε όρθια θέση στα 5-12 Hz, τους βολβούς των οφθαλμών στα 60-90 Hz, το σύστημα σιαγόνα-κρανίο στα 100-200 Hz, το κρανίο στα 300-400 Hz, το σύστημα κεφαλής-λαιμού-ώμου στα 20-30 Hz, το χέρι στα 30-40 Hz, τον βραχίονα στα 5-10 Hz, τον άνω βραχίονα στα 16-30 Hz, τον ώμο στα 4-5 Hz, τον θώρακα στα 50-100 Hz, την κοιλιακή χώρα στα 4-8 Hz, τη σπονδυλική στήλη στα 10-12 Hz, τα πόδια με λυγισμένα γόνατα στα 2 Hz και με άκαμπτα γόνατα στα 20 Hz. Στην Εικόνα 1.1 απεικονίζονται σε ένα μηχανικό ανθρώπινο μοντέλο οι συχνότητες διαταραχής που αναλύθηκαν παραπάνω. (Bruehl & Kjaer, 1989)



Εικόνα 1.1: Απεικόνιση μηχανικού ανθρώπινου μοντέλου με τις αντίστοιχες επιβλαβείς συχνότητες για κάθε μέρος του (Bruel & Kjaer, 1989).

1.2.1 Κραδασμοί μεταδιδόμενοι στο σύστημα άκρας χειρός-βραχίονα

Σε πολλούς κλάδους δραστηριοτήτων, όπως έργα πολιτικού μηχανικού, ορυχεία, λατομεία και άλλα, ένα ποσοστό των εργαζομένων εκτίθεται συστηματικά σε δονήσεις μεταδιδόμενες στο σύστημα άκρας χειρός-βραχίονα (HAV – Hand-Arm Vibration). Εργαλεία χειρός παράγουν δονήσεις, όπως για παράδειγμα αλυσοπρίονα, θραυστήρες, τρυπάνια, κ.λπ. (Εικόνα 1.2) με διαφορετικά επίπεδα δονήσεων το καθένα. Οι μηχανικοί

κραδασμοί που δημιουργούνται με τη χρήση του συγκεκριμένου εργασιακού εξοπλισμού προκαλούν διάφορες νευροαγγειακές και μυϊκές παθήσεις. Ευθύνονται επίσης για αρθροπάθειες του αγκώνα και τη νέκρωση του μηνοειδούς οστού (Εικόνα 1.3). Η δόνηση μεταδίδεται στο χέρι και στον βραχίονα του χειριστή μέσω της φυσικής επαφής με το εργαλείο.



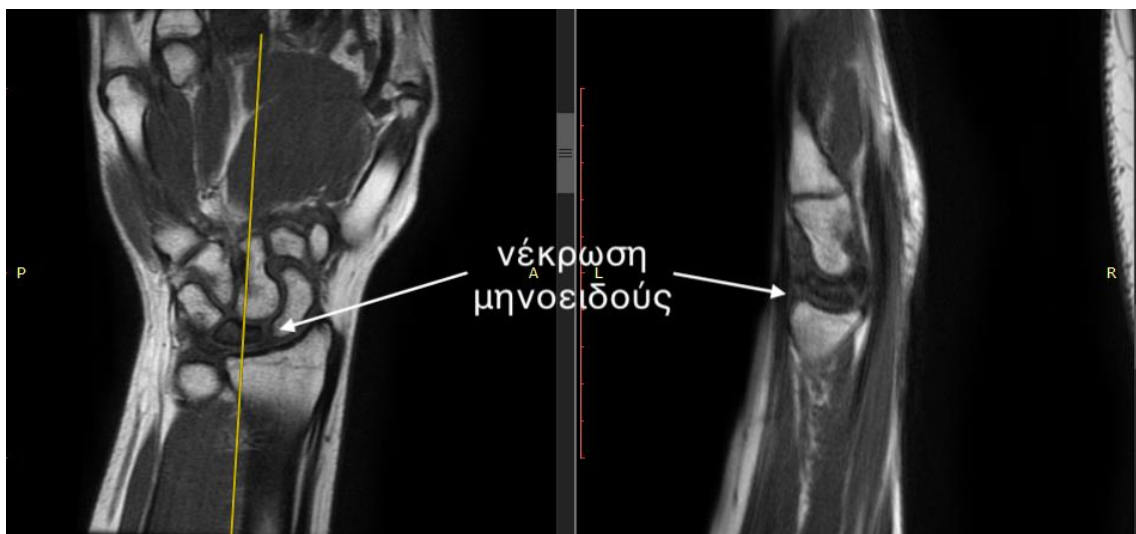
Εικόνα 1.2: Κρουστικό δράπανο (www.cat.com).

Η συνεχής έκθεση σε δονήσεις που μεταδίδονται στο σύστημα άκρας χειρός-βραχίονα αυξάνουν τον κίνδυνο εμφάνισης χρόνιας διαταραχής που είναι γνωστή με τον όρο «Σύνδρομο δόνησης χειρός-βραχίονα». Ο κίνδυνος εμφανίζεται όταν γίνεται τακτική και συχνή χρήση μηχανής, εργαλείου ή συσκευής υψηλής έντασης μηχανικών δονήσεων. Οποιαδήποτε πηγή κραδασμών παράγει υψηλές τιμές συχνότητας (δηλαδή από 50 - 5000

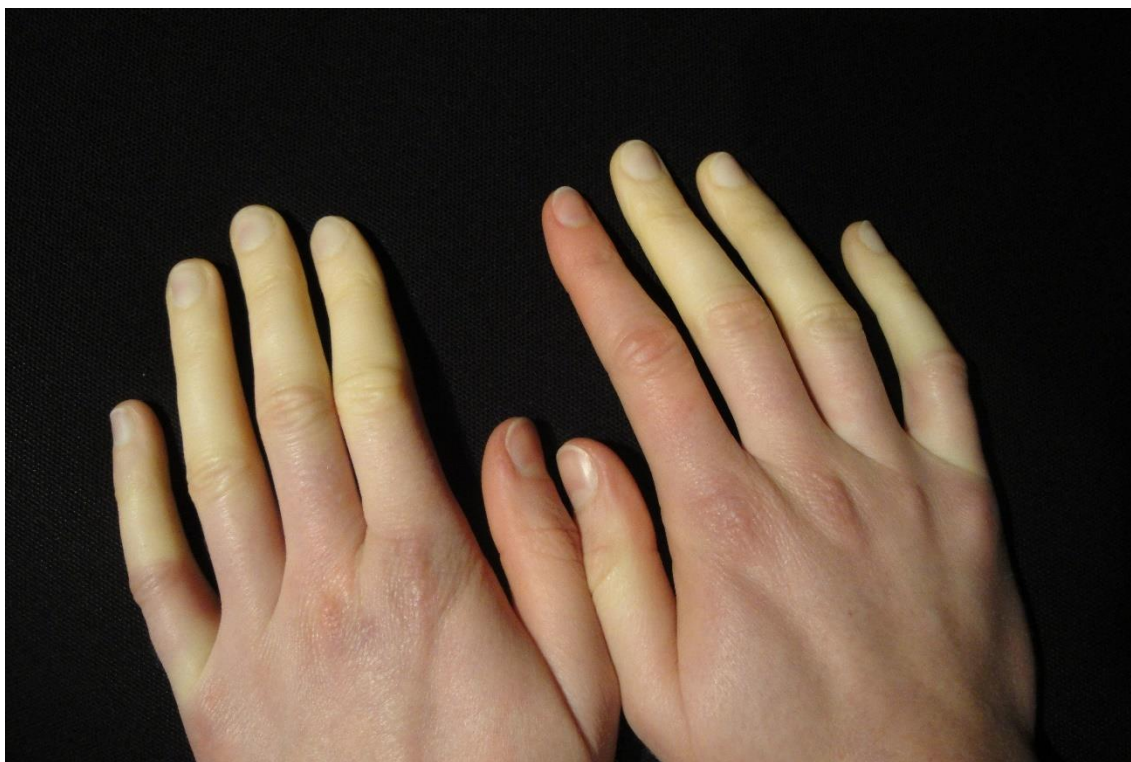
Hz) και σε μεγάλη διάρκεια, έρχεται σε επαφή με τα χέρια, μπορεί να προκαλέσει το «Σύνδρομο δόνησης χεριού-βραχίονα». Τα πρώτα συμπτώματα, τα οποία μπορεί να παρουσιαστούν σε μερικούς μήνες ή σε λίγα χρόνια, είναι ενοχλήσεις στα δάχτυλα, τα χέρια ή τις αρθρώσεις, όπως μούδιασμα, κνησμός, λειτουργικά προβλήματα. Αυτά τα διαδέχονται :

- Εξασθένηση της αίσθησης, της αφής και της αντίληψης ζεστού και κρύου,
- Απώλεια ισχυρής χειρολαβής και επιδεξιότητας του χεριού,
- Επεισόδια λεύκανσης των δακτύλων μετά από έκθεση σε κρύο ή υγρασία,
- Πόνοι του χεριού και του βραχίονα.

Με την πάροδο του χρόνου, η βλάβη μπορεί να γίνει μη αντιστρέψιμη. Το σύνδρομο αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αλλοίωση των αιμοφόρων αγγείων των δακτύλων και των χεριών (φαινόμενο του λευκού δακτύλου ή «φαινόμενο Raynaud», Εικόνα 1.4) του περιφερικού νευρικού συστήματος, των τενόντων, των μυών, των οστών και των αρθρώσεων των χεριών και των βραχιόνων (Ελληνικό ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της εργασίας).



Εικόνα 1.3: Νέκρωση μηννοειδούς οστού (<https://venouziou.gr/>).



Εικόνα 1.4: Φαινόμενο Raynaud (<https://nikosparaskevas.gr/>)

1.2.2 Κραδασμοί μεταδιδόμενοι σε ολόκληρο το σώμα

Η έκθεση σε δονήσεις ολόκληρου του σώματος (WBV – Whole Body Vibration) λαμβάνει χώρα όταν ένας εργαζόμενος κάθεται ή στέκεται σε μία δονούμενη επιφάνεια από όπου οι κραδασμοί μεταδίδονται μέσω των γλουτών, των ποδιών και της πλάτης. Οι ειδικότητες που παρουσιάζουν έκθεση σε τέτοιου είδους δονήσεις είναι χειριστές μηχανημάτων/οχημάτων στον μεταλλευτικό, εξορυκτικό, μεταφορικό και γεωργικό κλάδο, όπως επίσης και χειριστές βαρέων μηχανημάτων στον κατασκευαστικό κλάδο αλλά και χειριστές περνοφόρων και ανυψωτικών μηχανημάτων, κ.τ.λ.

Οι δονήσεις που επιδρούν σε όλο το ανθρώπινο σώμα εντάσσονται στο φάσμα των χαμηλών (0-2 Hz) και μέσων συχνοτήτων (2-20 Hz). Πλήττουν τους εργαζόμενους, προκαλώντας την εμφάνιση διαφόρων συμπτωμάτων, όπως ναυτία, υπέρταση, διαταραχές καρδιακού ρυθμού, δυσκολίες στη χώνεψη, δύσπνοια, διαταραχές στην ισορροπία και στις κινήσεις και κυρίως βλάβες στη σπονδυλική στήλη, όπως οσφυαλγία (Εικόνα 1.6). Έχουν επίσης παρατηρηθεί παθήσεις του ήπατος και του γαστρεντερικού συστήματος αλλά και ψυχολογικές διαταραχές ικανές να επηρεάσουν αρνητικά τη

γενικότερη κατάσταση της ψυχικής ευεξίας του ατόμου και αυξάνοντας τις πιθανότητες πρόκλησης ατυχήματος.

Επιδημιολογικές έρευνες έχουν δείξει ότι οι οδηγοί χωματουργικών μηχανημάτων και άλλων βαρέων οχημάτων (Εικόνα 1.5) έχουν αυξημένη πιθανότητα να υποφέρουν από πόνους χαμηλά στη μέση και ισχιακούς πόνους, αν συγκριθούν με άλλους εργαζόμενους. Η συχνή έκθεση σε δονήσεις και επαναλαμβανόμενες κρούσεις επί αρκετούς μήνες ή χρόνια, μπορεί να προκαλέσει τραυματισμούς των σπονδύλων και των δίσκων της σπονδυλικής στήλης. Όσο πιο μακροχρόνια είναι η έκθεση και όσο υψηλότερο το επίπεδο των δονήσεων, τόσο πιο πιθανό είναι ο εκτιθέμενος να υποφέρει από πόνους στη μέση.

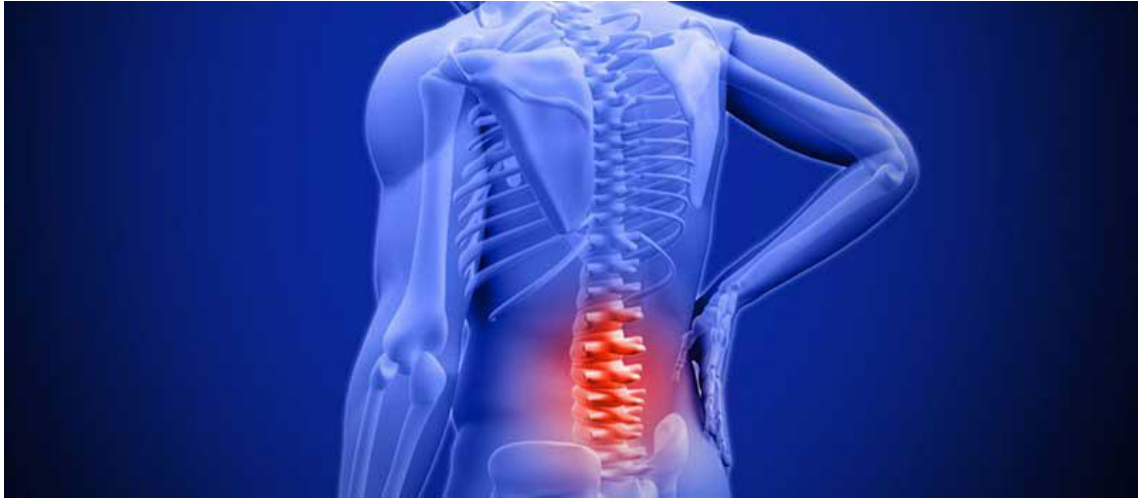


Εικόνα 1.5: Τροχοφόρος φορτωτής (www.cat.com)

Ο κίνδυνος εμφάνισης πόνου στη μέση αυξάνει από:

- Ακατάλληλη στάση του σώματος την ώρα της οδήγησης
- Μεγάλο χρονικό διάστημα οδήγησης
- Μειωμένη ορατότητα που επιβάλλει την κάμψη και τη στροφή του σώματος
- Κακή κατάσταση του καθίσματος του οδηγού
- Μεγάλη ταχύτητα οδήγησης σε ακατάλληλο δρόμο
- Δραστηριότητες που αναπτύσσουν τάσεις στην περιοχή της μέσης (π.χ. φόρτωμα και ξεφόρτωμα οχημάτων)

Μακροπρόθεσμα, εκτός από τον πόνο χαμηλά στην πλάτη, οι δονήσεις, αν και σπανιότερα, μπορεί να προκαλέσουν πόνο στον αυχένα και στον ώμο καθώς και πεπτικές διαταραχές. Τέλος, μπορεί επίσης να δημιουργήσουν κίνδυνο στην εγκυμοσύνη.



Εικόνα 1.6: Οσφυαλγία (<https://www.truemed.gr/>)

1.3 Μείωση της έκθεσης των μηχανικών κραδασμών

Η μείωση της έκθεσης σε μηχανικές δονήσεις καθίσταται απαραίτητη όταν έχει ξεπεράσει τις συγκεκριμένες και οριοθετημένες, από τη νομοθεσία, τιμές. Πιο συγκεκριμένα, και σύμφωνα με το Π.Δ.176/2005, «Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (κραδασμοί), σε συμμόρφωση με την οδηγία 2002/44/EK»,

- ✓ για κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα άξονα χειρός-βραχίονα (πηγεοκαρπικός άξονας):
 - a) η ημερήσια οριακή τιμή έκθεσης, η οποία ανάγεται σε περίοδο 8 ωρών, καθορίζεται σε 5m/s^2
 - b) η ημερήσια τιμή έκθεσης για ανάληψη δράσης, η οποία ανάγεται σε περίοδο 8 ωρών, καθορίζεται σε $2,5\text{ m/s}^2$
- ✓ για κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα:

- a) η ημερήσια οριακή τιμή έκθεσης, η οποία ανάγεται σε περίοδο 8 ωρών, καθορίζεται σε $1,15 \text{ m/s}^2$
- b) η ημερήσια τιμή έκθεσης για ανάληψη δράσης, η οποία ανάγεται σε περίοδο 8 ωρών, καθορίζεται σε $0,5 \text{ m/s}^2$.

Για τη μείωση του κινδύνου από μηχανικές δονήσεις πρέπει να αναπτύσσεται μια στρατηγική που να διασφαλίζει τη χαμηλή έκθεση των εργαζομένων. Κατά την εκτίμηση της έκθεσης θα πρέπει να εξετάζονται οι διεργασίες που την προκαλούν, ώστε να γίνει κατανοητός ο λόγος για τον οποίο οι εργαζόμενοι εκτίθενται στους κραδασμούς και τελικά, να προσδιορίζονται οι μέθοδοι για τη μείωση ή την εξάλειψη αυτών. Βασικά στάδια για τη διαδικασία αυτή είναι:

- Προσδιορισμός των βασικών πηγών δονήσεων
- Κατάταξή τους ανάλογα με τη συμβολή τους στον κίνδυνο
- Προσδιορισμός και αξιολόγηση των πιθανών τρόπων αντιμετώπισης ως προς το κόστος και την πρακτικότητα
- Καθιέρωση ρεαλιστικών στόχων
- Προσδιορισμός προτεραιοτήτων και δημιουργία ενός προγράμματος δράσης
- Εφαρμογή προγράμματος
- Αξιολόγηση προγράμματος (Μη δεσμευτικός οδηγός καλής πρακτικής για την εφαρμογή της οδηγίας 2002/44/EK, Αθήνα 2010)

Ο σχεδιασμός προγράμματος προληπτικών επεμβάσεων για τους εργαζόμενους που έχουν εκτεθεί σε μηχανικές δονήσεις πρέπει να περιλαμβάνει τεχνικά και οργανωτικά μέτρα που να αποσκοπούν κυρίως στη μείωση των μεταφερόμενων δονήσεων, στον περιορισμό των δονήσεων στην πηγή τους αλλά και στη μείωση του χρόνου έκθεσης στον βλαπτικό παράγοντα. Κατά κύριο λόγο πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:

- ✓ άλλες μέθοδοι εργασίας που συνεπάγονται μικρότερη έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς
- ✓ η επιλογή κατάλληλου εξοπλισμού εργασίας, ο οποίος είναι ορθά σχεδιασμένος από εργονομική άποψη και παράγει τους ελάχιστους δυνατούς κραδασμούς
- ✓ η παροχή βοηθητικού εξοπλισμού που περιορίζει τους κινδύνους βλαβών (π.χ. καθίσματα που μειώνουν τους κραδασμούς που μεταδίδονται σε όλο το σώμα)
- ✓ κατάλληλα προγράμματα συντήρησης του εξοπλισμού εργασίας, του χώρου εργασίας και των συστημάτων στον χώρο εργασίας

- ✓ ο σχεδιασμός και η διαμόρφωση των χώρων και των θέσεων εργασίας
- ✓ η σωστή και επαρκής ενημέρωση-εκπαίδευση ώστε οι εργαζόμενοι να χρησιμοποιούν ορθά και με ασφαλή τρόπο τον εξοπλισμό εργασίας για να περιορίζουν στο ελάχιστο την έκθεσή τους σε μηχανικούς κραδασμούς
- ✓ ο περιορισμός της διάρκειας και της έντασης της έκθεσης
- ✓ η κατάλληλη οργάνωση του ωραρίου εργασίας προβλέποντας επαρκείς περιόδους ανάπαυσης
- ✓ η παροχή στους εκτιθέμενους εργαζόμενους κατάλληλων ενδυμάτων προστασίας από το κρύο και από την υγρασία (Παναγοπούλου, 2014).

Εάν, παρά την εφαρμογή των παραπάνω μέτρων, σημειώνεται υπέρβαση των οριακών τιμών έκθεσης, ο εργοδότης πρέπει να αναλάβει αμέσως δράση παίρνοντας τα κατάλληλα μέτρα ώστε να μειωθεί η έκθεση σε χαμηλότερα επίπεδα από την αντίστοιχη οριακή τιμή έκθεσης. Οφείλει να εντοπίσει τους λόγους υπέρβασης των οριακών τιμών έκθεσης και να προσαρμόσει αναλόγως τα μέτρα προστασίας και πρόληψης ώστε να αποφευχθεί η επανεμφάνιση της υπέρβασης. Για τις ιδιαίτερα ευαίσθητες ομάδες κινδύνου (π.χ. άτομα σε εγκυμοσύνη), ο εργοδότης πρέπει να προσαρμόζει τα μέτρα που προβλέπονται στις ανάγκες τους.

Η επιτυχημένη διαχείριση των κινδύνων βασίζεται επίσης στην υποστήριξη και τη συμμετοχή των εργαζομένων και των εκπροσώπων τους. Οι εκπρόσωποι παρέχουν ένα αποτελεσματικό κανάλι επικοινωνίας του εργατικού δυναμικού με τη διοίκηση. Βοηθούν τους εργαζόμενους να κατανοούν και να χρησιμοποιούν τις πληροφορίες για την υγεία και την ασφάλειά τους, ιδιαίτερα σε λύσεις που απαιτούν αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο οργανώνεται η εργασία. Η αποτελεσματική διαβούλευση βασίζεται κυρίως :

- Στην ορθή μεταφορά των σχετικών πληροφοριών για τα μέτρα υγείας και ασφάλειας στους εργαζομένους
- Στη δυνατότητα των εργαζομένων να μπορούν να εκφράσουν τις απόψεις τους και να μπορούν να συνδράμουν συνεχώς στην επίλυση των θεμάτων υγείας και ασφάλειας
- Στην εκτίμηση και αξιοποίηση της γνώμης των εργαζομένων

Η διαβούλευση συμβάλει στον εντοπισμό καλύτερων λύσεων μείωσης δονήσεων και πιο εύκολα κατανοητών στους εργαζόμενους. Με προϋπόθεση την κατάλληλη εκπαίδευση και επίβλεψη, οι εργαζόμενοι έχουν το καθήκον να κάνουν σωστή χρήση του εξοπλισμού

και να συνεργάζονται με τον εργοδότη έτσι ώστε να μπορεί αυτός να διασφαλίσει ότι το περιβάλλον και οι συνθήκες εργασίας είναι ασφαλείς και οι κίνδυνοι για την υγεία και την ασφάλεια έχουν ελαχιστοποιηθεί ή, όπου αυτό είναι εφικτό, εξαλειφθεί. (Μη δεσμευτικός οδηγός καλής πρακτικής για την εφαρμογή της οδηγίας 2002/44/EK, Αθήνα 2010)

Τέλος, θα πρέπει να γίνεται η αναγνώριση της αποτελεσματικότητας των μέτρων που λήφθηκαν. Είναι απαραίτητη η συχνή επανεξέταση των μέτρων μείωσης δονήσεων, κυρίως όταν υπάρχουν αλλαγές στον χώρο εργασίας που μπορεί να επηρεάσουν το επίπεδο έκθεσης. Εισαγωγή νέων μηχανημάτων, αλλαγές στον τρόπο ή τη μέθοδο εργασίας, αλλαγές στον χρόνο εργασίας με τον δονούμενο εξοπλισμό είναι μερικά παραδείγματα που καθιστούν την επανεξέταση αυτονόητη. Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει:

1. Να ελέγχεται συστηματικά ότι οι διευθυντές και οι εργαζόμενοι εφαρμόζουν το πρόγραμμα μείωσης των δονήσεων
2. Να γίνεται συζήτηση τακτικά με διευθυντές, προϊστάμενους, εργαζόμενους και εκπροσώπους εργαζομένων ή εκπροσώπους ασφαλείας για το εάν υπάρχουν προβλήματα με δονήσεις στον εξοπλισμό ή στον τρόπο χρήσης αυτού
3. Να ελέγχονται τα αποτελέσματα επίβλεψης της υγείας και να γίνεται συζήτηση με τον ιατρό εργασίας για το εάν τα μέτρα μείωσης φαίνονται ικανοποιητικά ή πρέπει να τροποποιηθούν (Μη δεσμευτικός οδηγός καλής πρακτικής για την εφαρμογή της οδηγίας 2002/44/EK, Αθήνα 2010).

1.4 Επίβλεψη υγείας εκτιθέμενων εργαζομένων

Εάν τα αποτελέσματα της εκτίμησης κινδύνου καταδεικνύουν κίνδυνο για την υγεία των εργαζομένων διενεργείται επίβλεψη της υγείας τους σύμφωνα με τις ισχύουσες σχετικές ρυθμίσεις στη νομοθεσία για την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων. Η επίβλεψη της υγείας έχει να κάνει με την εφαρμογή των κατάλληλων και συστηματικών διαδικασιών για τον εντοπισμό προβλημάτων υγείας που συνδέονται με την εργασία και τη λήψη μέτρων για την αποφυγή τους. Σκοπός είναι αρχικά η προστασία της υγείας των εργαζομένων, η πρόληψη και η ταχεία διάγνωση κάθε πάθησης που συνδέεται με την έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς, αλλά και η επιβεβαίωση της μακροπρόθεσμης αποτελεσματικότητας των μέτρων μείωσης δονήσεων.

Οι εργοδότες πρέπει να παρέχουν την κατάλληλη παρακολούθηση της υγείας στις περιπτώσεις που η εκτίμηση κινδύνου υποδεικνύει κίνδυνο της υγείας του προσωπικού. Η επίβλεψη της υγείας πρέπει να καθιερώνεται για εργαζομένους που βρίσκονται σε κίνδυνο από τραυματισμό δονήσεων όταν:

- Η έκθεση των εργαζομένων σε δονήσεις είναι τέτοια ώστε να μπορεί να εντοπιστεί μια σχέση μεταξύ έκθεσης σε δονήσεις και διαγνώσιμη ασθένεια ή δυσμενής επίπτωση επί της υγείας.
- Είναι πιθανό η διαγνώσιμη ασθένεια ή οι δυσμενείς επιπτώσεις της υγείας του εργαζομένου να παρουσιάζονται στις συγκεκριμένες συνθήκες εργασίας του.
- Υπάρχουν δοκιμασμένες-έγκυρες τεχνικές που επιτρέπουν την διάγνωση της ασθένειας ή δυσμενούς επίπτωσης της υγείας.

Σε κάθε περίπτωση, οι εργαζόμενοι των οποίων η ημερήσια έκθεση σε δονήσεις υπερβαίνει την τιμή ανάληψης δράσης έχουν το δικαίωμα να υπόκεινται σε ιατρικό έλεγχο.

Για κάθε εργαζόμενο ο οποίος υπόκειται σε ιατρικό έλεγχο, πρέπει να τηρείται και να ενημερώνεται ατομικός ιατρικός φάκελος. Οι ατομικοί ιατρικοί φάκελοι περιλαμβάνουν μία σύνοψη των αποτελεσμάτων των ιατρικών ελέγχων. Τηρούνται υπό κατάλληλη μορφή έτσι ώστε να είναι δυνατό να τους συμβουλευτεί κανείς αργότερα, χωρίς να θίγεται το ιατρικό απόρρητο. Ένας ατομικός ιατρικός φάκελος περιλαμβάνει:

- ✓ Το ονοματεπώνυμο και το είδος της εργασίας του εργαζόμενου
- ✓ Τους λόγους για τους οποίους γίνεται η ιατρική εξέταση
- ✓ Τις ημερομηνίες διενέργειας των ιατρικών εξετάσεων
- ✓ Τα αποτελέσματα των κλινικών εξετάσεων
- ✓ Την ερμηνεία των αποτελεσμάτων
- ✓ Τα στοιχεία από το ιατρικό και επαγγελματικό ιστορικό του εργαζόμενου
- ✓ Τα μέτρα που λήφθηκαν με βάση τα αποτελέσματα των εξετάσεων

Κάθε εργαζόμενος, κατόπιν σχετικής αιτήσεως, μπορεί να έχει πρόσβαση στον ατομικό του ιατρικό φάκελο. Σε περίπτωση που μια επιχείρηση σταματήσει τις δραστηριότητές της, οι ατομικοί ιατρικοί φάκελοι παραδίδονται στην αρμόδια Επιθεώρηση Εργασίας για ερευνητικούς σκοπούς (Π.Δ. 176/2005).

Η επίβλεψη της υγείας του προσωπικού συνίσταται επίσης και στην αξιολόγηση του ιστορικού του κάθε ατόμου ξεχωριστά, σε συνδυασμό πάντα με φυσική εξέταση από ιατρό ή ειδικό στον τομέα της υγείας, κλινικές εξετάσεις, ακτινολογικές εξετάσεις, εργαστηριακές εξετάσεις, εξετάσεις μυϊκής ισχύος αλλά και αγγειακούς και νευρολογικούς ελέγχους. Η λήψη ιστορικού πρέπει να εστιάζει στο:

- Οικογενειακό ιστορικό
- Κοινωνικό ιστορικό (π.χ. κάπνισμα, κατανάλωση αλκοόλ)
- Εργασιακό ιστορικό: Στο πλαίσιο αυτό αναφέρονται οι προγενέστερες και η παρούσα θέση εργασίας του εργαζομένου που σχετίζονται με έκθεση σε κραδασμούς στο σύστημα χειρός-βραχίονα ή σε ολόκληρο το σώμα καθώς επίσης η στάση του σώματος και οποιεσδήποτε επιβαρύνσεις δέχεται η σπονδυλική στήλη και σχετίζονται με την εργασία
- Ατομικό ιστορικό.

Η φυσική εξέταση πρέπει να περιλαμβάνει έλεγχο του αγγειακού, νευρολογικού και μυοσκελετικού συστήματος και πρέπει να διενεργείται από ειδικευμένο ιατρό. Ειδικότερα, για τις επιπτώσεις των κραδασμών σε ολόκληρο το σώμα, συνίσταται εξέταση της λειτουργίας της σπονδυλικής στήλης, δοκιμασία αντοχής της σπονδυλικής στήλης, αξιολόγηση της επίπτωσης του πόνου στην πρόσθια και πλευρική κάμψη και δοκιμασία ανύψωσης τεντωμένου ποδιού. Οι κλινικές εξετάσεις μπορούν να βοηθήσουν τον ιατρό να αποκλείσει την πρόκληση των συμπτωμάτων του συνδρόμου δόνησης χειρός-βραχίονα ή/και ολόκληρου του σώματος από άλλες αιτίες με παρόμοια συμπτώματα ή να παρακολουθεί την εξέλιξη της κάκωσης, αλλά δεν παρέχουν μία ολοκληρωμένη απόδειξη για κακώσεις από κραδασμούς (Π.Δ. 176/2005).

Όταν, ως αποτέλεσμα της επίβλεψης υγείας, ο εργαζόμενος βρεθεί να έχει μια αναγνωρισμένη ασθένεια ή μια αρνητική επίδραση στην υγεία του η οποία, σύμφωνα με την εκτίμηση του ιατρού εργασίας ή του ειδικού της αρμόδιας Επιθεώρησης Εργασίας, οφείλεται στην έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς κατά την εργασία, τότε:

- 1) Ο εργαζόμενος θα πρέπει να ενημερώνεται από τον ιατρό εργασίας ή από την αρμόδια Επιθεώρηση Εργασίας για τα αποτελέσματα της προσωπικής του ιατρικής επίβλεψης, καθώς και να του παρέχονται πληροφορίες και συμβουλές οι οποίες αφορούν την επίβλεψη της υγείας στην οποία θα πρέπει να υπόκειται, μετά το τέλος της έκθεσης

2) Ο εργοδότης θα πρέπει να ενημερώνεται για κάθε σημαντικό εύρημα της ιατρικής παρακολούθησης, χωρίς να θίγεται το ιατρικό απόρρητο

3) Ο εργοδότης οφείλει να:

- Επανεξετάσει την εκτίμηση των κινδύνων από μηχανικές δονήσεις
- Πραγματοποιήσει ανασκόπηση των μέτρων που απαιτούνται για την εξάλειψη ή τη μείωση των κινδύνων από μηχανικές δονήσεις
- Λαμβάνει υπόψη τη γνώμη του ιατρού εργασίας και του τεχνικού ασφαλείας ή τις υποδείξεις της αρμόδιας Επιθεώρησης Εργασίας προκειμένου να εφαρμόσει τα μέτρα τα οποία απαιτούνται για την εξάλειψη ή τη μείωση των κινδύνων σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, συμπεριλαμβανομένης της δυνατότητας τοποθέτησης του εργαζομένου σε διαφορετική θέση εργασίας όπου δεν υπάρχει κίνδυνος έκθεσής του
- Πραγματοποιεί προγράμματα τακτικής ιατρικής παρακολούθησης, καθώς και εξέτασης της κατάστασης της υγείας κάθε άλλου εργαζομένου που έχει εκτεθεί σε αντίστοιχο κίνδυνο από δονήσεις. Σε αυτές τις περιπτώσεις ο ιατρός εργασίας ή η αρμόδια Επιθεώρηση Εργασίας μπορεί να προτείνει την υποβολή σε ιατρική εξέταση των ατόμων που υφίστανται έκθεση (Π.Δ. 176/2005).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – Νομοθεσία και πρότυπα

Η αύξηση της εκμετάλλευσης των κοιτασμάτων από το τέλος του 19^{ου} αιώνα σε συνδυασμό με την περιορισμένη τεχνογνωσία αλλά και τις επισφαλείς εργασιακές συνθήκες, που υπήρχαν αρχικά, οδήγησαν σε έναν μεγάλο αριθμό ατυχημάτων και προβλημάτων υγείας. Από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, το επίπεδο ασφαλείας παρουσίασε βελτίωση, ο εργασιακός εξοπλισμός εξελίχτηκε και η τεχνογνωσία ήταν μεγαλύτερη, μιας και προέκυψε από τον μεγαλύτερο αριθμό ερευνών αλλά και από την εμπειρία. Αποτέλεσμα αυτού ήταν η μείωση του αριθμού των ατυχημάτων, χωρίς όμως οι αριθμοί αυτοί να θεωρούνται αμελητέοι.

Τον Φεβρουάριο του 1947, ιδρύεται ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (International Organization for Standardization ή ISO), ένας μη κυβερνητικός διεθνής οργανισμός τυποποίησης προτύπων που αποσκοπούν στον αποτελεσματικότερο τρόπο διαχείρισης της εργασίας. Μπορεί να παρομοιαστεί ως μία «συνταγή» που περιγράφει τον καλύτερο δυνατό τρόπο να γίνει κάτι. Για παράδειγμα, πρότυπα διαχείρισης ποιότητας που βοηθούν στην αποτελεσματικότερη εργασία και στη μείωση των αστοχιών του προϊόντος, πρότυπα περιβαλλοντικής διαχείρισης που συμβάλλουν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, στη μείωση των απορριμμάτων και στη βελτίωση της βιωσιμότητας, πρότυπα ασφαλείας τροφίμων για την πρόληψη της μόλυνσης των τροφίμων, κ.τ.λ.. Τα πρότυπα που θα αναλυθούν στο παρόν κεφάλαιο είναι τα πρότυπα υγείας και ασφάλειας που συμβάλλουν στη μείωση των ατυχημάτων στον χώρο εργασίας από κινδύνους προερχόμενους από μηχανικές δονήσεις, όπως επίσης οι νομοθεσίες και κανονισμοί που αφορούν την προστασία των εργαζομένων από τους μηχανικούς κραδασμούς.

2.1 Μεθοδολογία αξιολόγησης κινδύνου από μηχανικούς κραδασμούς

Η αξιολόγηση κινδύνου αποτελεί ένα από τα τρία βασικά στάδια της εκτίμησης του κινδύνου των επιβλαβών μηχανικών δονήσεων για τον άνθρωπο (Εικόνα 2.1). Η μεθοδολογία για την αξιολόγηση κινδύνου αποτελείται από τα βασικά στοιχεία εκτίμησης κινδύνων αλλά και από την εκτίμηση της ημερήσιας έκθεσης σε κραδασμούς.



Εικόνα 2.1: Τρία βασικά στάδια διαδικασίας εκτίμησης κινδύνου από μηχανικούς κραδασμούς (Παναγοπούλου, 2014).

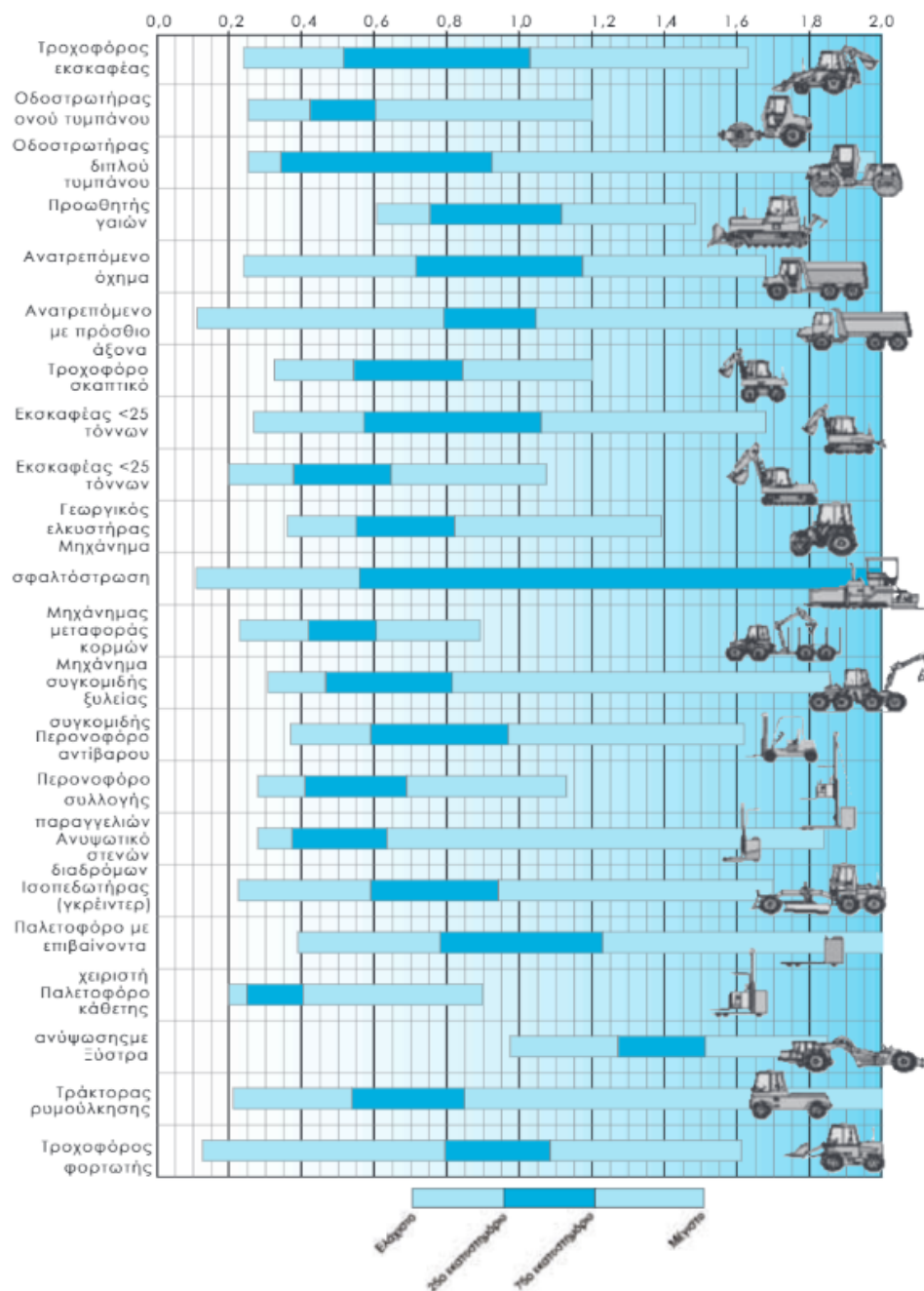
Τα βασικά στοιχεία εκτίμησης κινδύνου είναι τα εξής:

I. Εντοπισμός θέσεων εργασίας που εκτίθενται σε μηχανικούς κραδασμούς: Οι θέσεις εργασίας που είναι επιρρεπείς στην έκθεση μηχανικών δονήσεων χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στις θέσεις που η έκθεση μεταδίδεται σε ολόκληρο το σώμα και στις θέσεις που η έκθεση μεταδίδεται στο σύστημα χειρός-βραχίονα. Οι μηχανικοί κραδασμοί που επιδρούν στο σύστημα χειρός-βραχίονα κατά τη διάρκεια της εργασίας στα μεταλλευτικά και λατομικά έργα, προκύπτουν από:

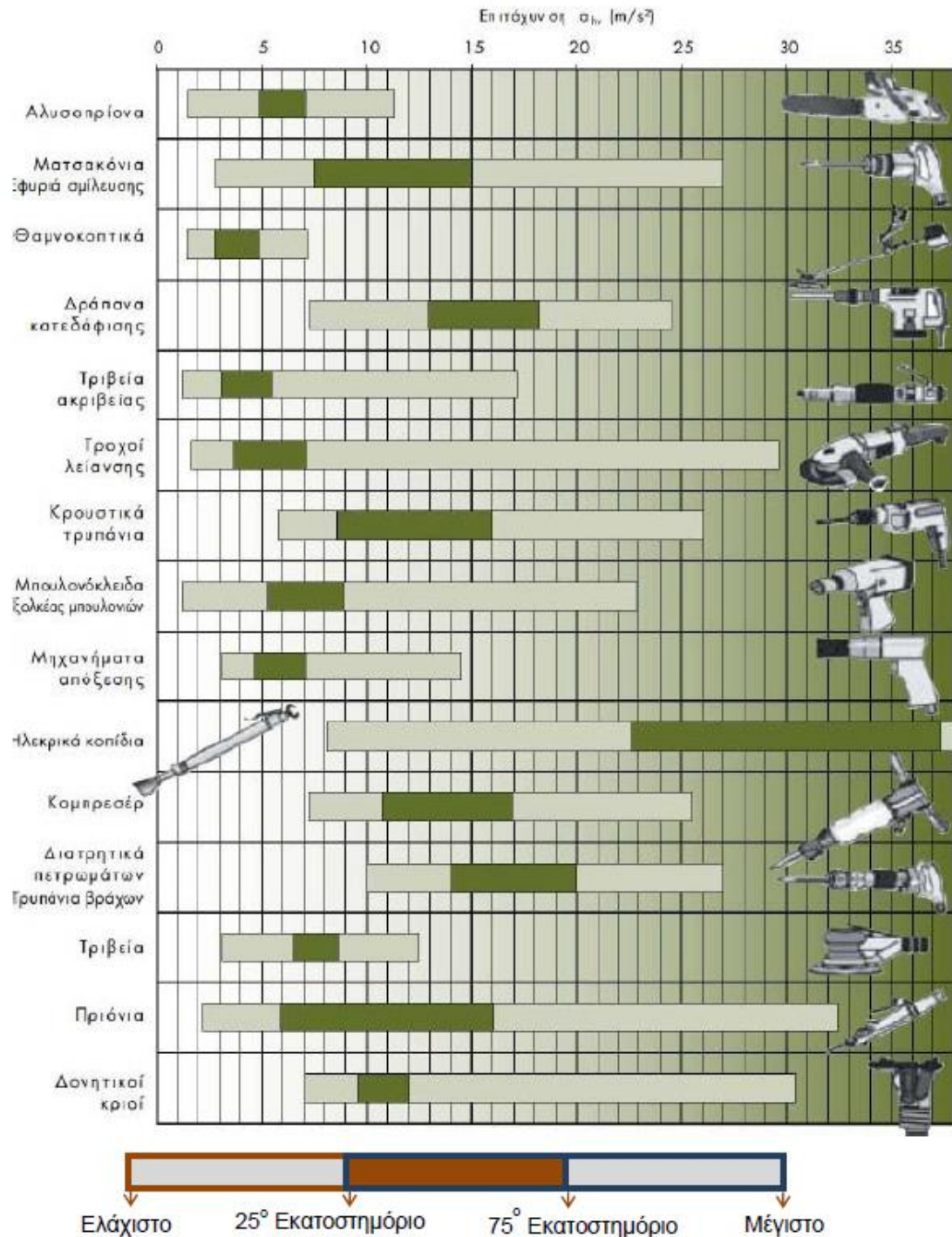
- Τη χρήση εργαλείων πεπιεσμένου αέρα
- Τη χρήση αλυσοπρίονων
- Τη χρήση ηλεκτροκίνητων ή περιστρεφόμενων φορητών εργαλείων
- Τη στήριξη αντικειμένων κατά τη διάρκεια επεξεργασίας τους από κάποιο μηχάνημα.

Οι μηχανικοί κραδασμοί που επιδρούν σε ολόκληρο το σώμα κατά τη διάρκεια της εργασίας στα μεταλλευτικά και λατομικά έργα, προκύπτουν από την οδήγηση μηχανοκίνητων οχημάτων, όπως φορητά – εκσκαφείς, κ.λπ. και από την εργασία σε δονούμενα πατώματα.

Π. Διαθέσιμα μέσα ελέγχου του κινδύνου: Εκτός από τη χρήση εγκεκριμένου οργάνου μέτρησης δονήσεων (πιεζοηλεκτρικό επιταχυνσιόμετρο), υπάρχουν βιβλιογραφικά δεδομένα έντασης κραδασμών για μηχανοκίνητα οχήματα αλλά και για φορητά εργαλεία (Εικόνες 2.2 και 2.3 αντίστοιχα).



Εικόνα 2.2: Εύρη έντασης κραδασμών (επιτάχυνση σε m/s^2) για ολόκληρο το σώμα προερχόμενα από τη χρήση μηχανοκίνητων οχημάτων (Μη δεσμευτικός οδηγός καλής πρακτικής για την εφαρμογή οδηγίας 2002/44/ΕΚ.).



Εικόνα 2.3: Εύρη έντασης (επιτάχυνση σε m/s^2) κραδασμών για το σύστημα χειρός βραχίονα που προέρχονται από τη χρήση φορητών εργαλείων (Μη δεσμευτικός οδηγός καλής πρακτικής για την εφαρμογή οδηγίας 2002/44/ΕΚ, Αθήνα 2010).

Τέλος, οι κατασκευαστές του εργασιακού εξοπλισμού είναι υποχρεωμένοι να παρέχουν τα απαραίτητα κατασκευαστικά δεδομένα για κάθε εργαλείο σύμφωνα με την ευρωπαϊκή οδηγία 2006/42/EK για μηχανικό εξοπλισμό.

III. Εκτίμηση της έκθεσης των εργαζομένων σε μηχανικούς κραδασμούς: Για να πραγματοποιηθεί η εκτίμηση της έκθεσης σε κραδασμούς χρησιμοποιούνται τα διαθέσιμα μέσα ελέγχου του κινδύνου και στη συνέχεια γίνεται η σύγκριση με τις οριακές τιμές έκθεσης και ανάληψης δράσης που ορίζονται από τη νομοθεσία.

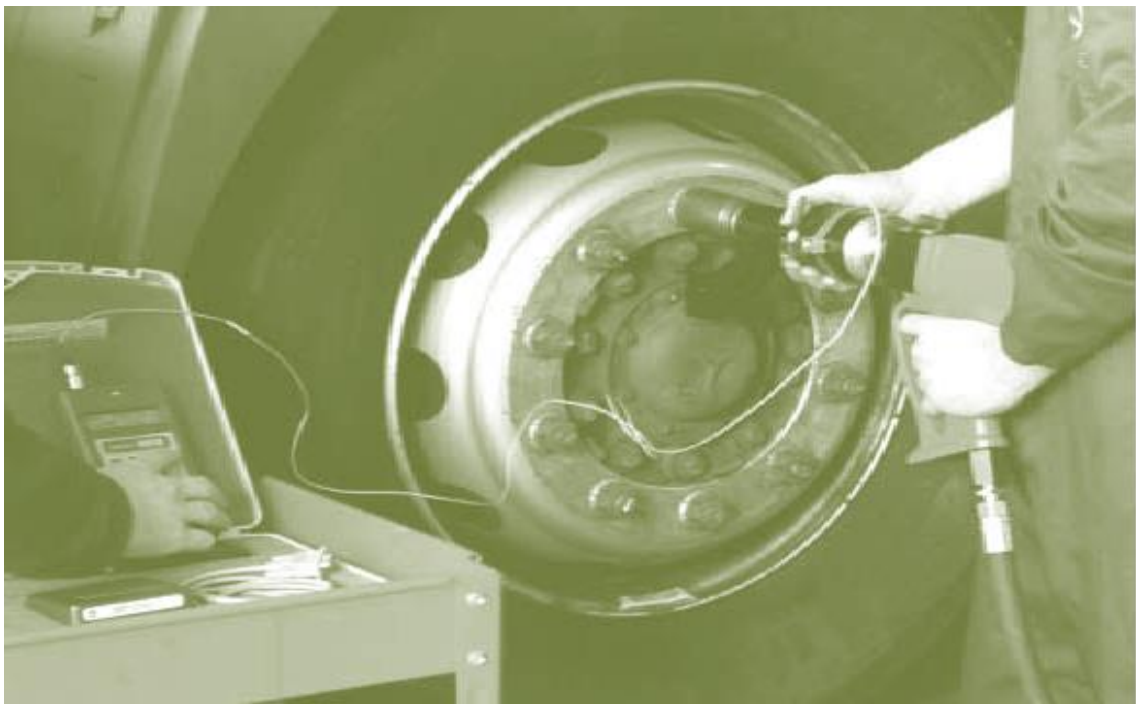
IV. Καταγραφή της εκτίμησης κινδύνου και των μέσων ελέγχου κινδύνου: Η ολοκλήρωση της αξιολόγησης του κινδύνου από μηχανικές δονήσεις γίνεται με την καταγραφή των αποτελεσμάτων αλλά και των μέσων που χρησιμοποιήθηκαν για τη λήψη τους. Η καταγραφή παρέχει μια πολύτιμη βοήθεια στην αναγνώριση της αποτελεσματικότητας των μέσων ελέγχου. Επίσης, η επανεξέτασή της είναι χρήσιμη στις περιπτώσεις που εντοπίζονται παρόμοιας φύσης μηχανικοί κραδασμοί.

Εφόσον έχει γίνει ο εντοπισμός των βασικών στοιχείων εκτίμησης κινδύνου, δηλαδή τα τέσσερα βήματα που επεξηγήθηκαν παραπάνω, ακολουθεί η εκτίμηση της ημερήσιας έκθεσης σε μηχανικούς κραδασμούς. Για να εκτιμηθεί η ημερήσια έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς θα πρέπει να ακολουθηθούν τα εξής:

I. Προσδιορισμός χρονικής διάρκειας έκθεσης σε μηχανικούς κραδασμούς:

Για την εκτίμηση της καθημερινής έκθεσης σε μηχανικές δονήσεις (A(8)) είναι απαραίτητο να γίνει αρχικά η εκτίμηση της χρονικής διάρκειας που ο χειριστής τού προς μέτρηση εργαλείου ή οχήματος εκτίθεται σε κραδασμούς. Συχνά η διάρκεια αυτή υπερεκτιμάται κατά την εκτίμηση των κινδύνων. Ο χρόνος κατά τον οποίο ο εργαζόμενος έχει αφήσει το εργαλείο ή απλώς το κρατάει χωρίς να το χρησιμοποιεί, δεν θα πρέπει να υπολογιστεί. Οι χειριστές των μηχανημάτων ή οχημάτων συνήθως παρουσιάζουν μια τιμή που περιλαμβάνει και περιόδους κατά τις οποίες δεν εκτίθενται σε κραδασμούς. Η στιγμή έναρξης είναι η στιγμή που τα χέρια ή το σώμα πραγματικά εκτίθενται σε κραδασμούς. Ο χρόνος επαφής είναι συχνά πολύ μικρότερος από τη συνολική διάρκεια ενασχόλησης με την εργασία. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του χρόνου επαφής εξαρτάται από τον τρόπο

χρήσης του εργαλείου, δηλαδή εάν η χρήση του εργαλείου είναι συνεχής ή διακοπτόμενη. Παράδειγμα συνεχούς χρήσης εργαλείου είναι η χρήση τροχού λείανσης για την απομάκρυνση υλικών για αρκετές ώρες, ενώ η χρήση μπουλονόκλειδου για το σφίξιμο μπουλονιών σε τροχούς οχημάτων αντιπροσωπεύει τη διακοπτόμενη χρήση εργαλείου (Εικόνα 2.4). Όσον αφορά στους μηχανικούς κραδασμούς σε ολόκληρο το σώμα, η μεγαλύτερη έκθεση παρατηρείται όταν το όχημα βρίσκεται εν κινήσει. Υπάρχουν βέβαια και περιπτώσεις όπου η μεγαλύτερη έκθεση συμβαίνει όταν το όχημα παραμένει ακίνητο, π.χ. εκσκαφείς σε αναμονή χωματοργικού αυτοκινήτου.



Εικόνα 2.4: Χρήση μπουλονόκλειδου σε τροχούς οχημάτων (Μη δεσμευτικός οδηγός καλής πρακτικής για την εφαρμογή οδηγίας 2002/44/EK, Αθήνα 2010).

II. Υπολογισμός ημερήσιας έκθεσης A(8)

Οι μέθοδοι και τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι προσαρμοσμένα στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των προς μέτρηση μηχανικών κραδασμών, τους περιβαλλοντικούς παράγοντες και τα απαιτούμενα τεχνικά χαρακτηριστικά των οργάνων μέτρησης σύμφωνα με το πρότυπο ISO 5349-2 (2001)

για δονήσεις μεταδιδόμενες στο σύστημα χειρός-βραχίονα και σύμφωνα με το πρότυπο ISO 2631-5 για δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα.

Η εκτίμηση της ημερήσιας έκθεσης σε μηχανικούς κραδασμούς στο σύστημα χειρός-βραχίονα εξαρτάται από τα επίπεδα έντασης των κραδασμών αλλά και από τη χρονική διάρκεια έκθεσης. Η ημερήσια έκθεση εκφράζεται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο στο τετράγωνο (m/s^2), όπως ακριβώς και η ένταση των μηχανικών δονήσεων. Σε περίπτωση μηχανημάτων που είναι αναγκαίο να κρατούνται με τα δύο χέρια, πρέπει να γίνονται μετρήσεις σε κάθε χέρι. Η έκθεση προσδιορίζεται με αναφορά στην υψηλότερη από τις δύο τιμές, αλλά δίνεται σημασία και στο αποτέλεσμα της μικρότερης. Εάν ένα άτομο εκτίθεται σε παραπάνω από μία πηγή κραδασμών κατά τη διάρκεια της ημέρας τότε η επιμέρους έκθεση σε κραδασμούς υπολογίζεται από το μέγεθος και τη χρονική διάρκεια της κάθε έκθεσης. Οι επιμέρους τιμές έκθεσης σε κραδασμούς συνδυάζονται ώστε να προκύψει η συνολική τιμή ημερήσιας έκθεσης $A(8)$ για το άτομο αυτό. Γνωρίζοντας τις επιμέρους τιμές της έκθεσης μπορεί να καθοριστεί μία σειρά προτεραιοτήτων. Κάθε τιμή μερικής έκθεσης σε κραδασμούς εκφράζει τη συμβολή μίας συγκεκριμένης πηγής κραδασμών στη συνολική ημερήσια έκθεση του ατόμου. Τα εργαλεία ή οι διαδικασίες που δίνουν τις υψηλότερες τιμές έκθεσης είναι αυτά στα οποία θα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα για την εφαρμογή μέτρων ελέγχου.

Η ημερήσια έκθεση σε κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα εκτιμάται βάση ενός εκ των δύο, ή συνδυαστικά και των δύο, ακόλουθων μεγεθών έκθεσης:

- Ημερήσια έκθεση σε κραδασμούς $A(8)$:

$$A(8) = a_v * \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (2.1)$$

όπου, a_v : η ένταση κραδασμού στον οποίο εκτίθεται ο εργαζόμενος

T : η ημερήσια χρονική διάρκεια έκθεσης

T_0 : η χρονική διάρκεια αναφοράς των οκτώ ωρών

- Τιμή δόσης κραδασμών (Vibration Dose Value ή VDV) :

$$VDV = \left[\int_{t=0}^{t=\infty} a(t)^4 dt \right]^{\frac{1}{4}} \quad (2.2)$$

Η τιμή δόσης κραδασμών είναι μία αθροιστική δόση, που βασίζεται στην τέταρτη ρίζα της μέσης επιτάχυνσης, με μονάδα μέτρησης $m/s^{1,75}$. Για ορισμένους τύπους δονήσεων, ιδιαίτερα για αυτούς που εμπεριέχουν ισχυρές δονήσεις μικρής διάρκειας (σοκ), η βασική μεθοδολογία εκτίμησης της ημερήσια έκθεσης $A(8)$, μπορεί να υποτιμήσει τη σοβαρότητα της επίδρασης στον άνθρωπο. Έτσι, χρησιμοποιείται η εναλλακτική μέθοδος της τιμής δόσης κραδασμών. Και τα δύο μεγέθη είναι συνάρτηση της τιμής κραδασμών που προέκυψε από τις μετρήσεις. Το $A(8)$ απαιτεί και χρόνο έκθεσης. Εφόσον οι μετρήσεις VDV γίνονται για διάστημα μικρότερο του πλήρους ωραρίου εργασίας, θα πρέπει να γίνεται αναγωγή του αποτελέσματος των μετρήσεων στο σύνηθες ωράριο εργασίας. Συχνά υπάρχουν σφάλματα στον υπολογισμό της ημερήσιας έκθεσης. Η αβεβαιότητα για την εκτίμηση της έκθεσης σε μηχανικές δονήσεις εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως:

- αβεβαιότητα ως προς τη βαθμονόμηση του οργάνου,
- διαφορετικοί χειριστές μηχανημάτων (διαφορές στην εμπειρία ή στον σωματότυπο)
- ικανότητα του εργαζομένου να αναπαράγει τη συνήθη καθημερινή εργασία κατά τη διάρκεια των μετρήσεων
- επαναληψιμότητα της εκτελούμενης εργασίας
- περιβαλλοντικοί παράγοντες (π.χ. θόρυβος, θερμοκρασία)
- διαφοροποιήσεις μεταξύ των μηχανημάτων.

Όπου γίνονται υπολογισμοί μεγέθους κραδασμών και χρόνου έκθεσης, οι σχετικές αμφιβολίες μπορεί να σημαίνουν ότι η τιμή που έχει υπολογιστεί μπορεί να αποκλίνει της πραγματικής κατά 20% προς τα επάνω έως και 40% προς τα κάτω (Μη δεσμευτικός οδηγός καλής πρακτικής για την εφαρμογή οδηγίας 2002/44/EK, Αθήνα 2010).

2.2 Παρουσίαση κυριότερων νομοθεσιών – προτύπων

Σε αυτό το υποκεφάλαιο αναφέρονται τα σημαντικότερα διεθνή, ευρωπαϊκά αλλά και Ελληνικά νομοθετικά πλαίσια και πρότυπα που αφορούν τις μηχανικές δονήσεις. Αυτά δημιουργήθηκαν για τη γενικότερη βελτίωση της ασφάλειας και την εξασφάλιση της υγείας των εργαζομένων από κινδύνους προερχόμενους από μηχανικούς κραδασμούς, καθώς και για την εξασφάλιση της ορθής σειράς των βημάτων που πρέπει να ακολουθεί κάθε εργοδότης κατά τη διάρκεια ενός έργου για να εξασφαλίσει την προστασία των εργαζομένων από τους μηχανικούς κραδασμούς.

A. Οδηγία 2002/44/ΕΚ - Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (κραδασμοί):

Η οδηγία αποσκοπεί στη διασφάλιση της υγείας και της ασφάλειας κάθε εργαζομένου και στη δημιουργία μιας ελάχιστης βάσης προστασίας για όλους τους εργαζομένους μέσω της έγκαιρης ανίχνευσης δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία που προκύπτουν ή ενδέχεται να προκύψουν από την έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς, ιδίως μυοσκελετικές διαταραχές. Γίνεται ένας διαχωρισμός των μηχανικών κραδασμών σε αυτούς που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός-βραχίονα και σε αυτούς που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα. Η οδηγία ορίζει τις οριακές τιμές έκθεσης για μηχανικούς κραδασμούς στο σύστημα χειριού-βραχίονα και μηχανικούς κραδασμούς σε ολόκληρο το σώμα αντίστοιχα, βάσει μίας οριοθετημένης περιόδου αναφοράς της τάξεως των οκτώ ωρών, την προσομοίωση δηλαδή μίας εργάσιμης ημέρας. Επιπλέον, ορίζει τις τιμές ανάληψης δράσης και για τα δύο είδη κραδασμών, βάσει της περιόδου αναφοράς οκτώ ωρών. Θεσπίζονται, με λίγα λόγια, τα υποχρεωτικά ελάχιστα πρότυπα υγείας και ασφαλείας. Οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης μπορούν να καθιστούν αυστηρότερα τα εν λόγω πρότυπα, αν το επιθυμούν. Πολλά βασικά σημεία της παρούσας οδηγίας αφορούν τον εργοδότη και τις ενέργειες που οφείλει να κάνει κατά τη διάρκεια της εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, η οδηγία αναφέρει πως ο εργοδότης πρέπει:

- να εκτιμάει τα επίπεδα των μηχανικών κραδασμών στους οποίους εκτίθενται οι εργαζόμενοι,
- να παρακολουθεί για πιθανές σωματικές επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρει ο εργασιακός εξοπλισμός,

- να χρησιμοποιεί τα κατάλληλα μέσα και μεθόδους για την ορθή μέτρηση των επιπτώσεων των κραδασμών,
- να διασφαλίζει την εκτέλεση των μετρήσεων από αρμόδια άτομα ανά κατάλληλα χρονικά διαστήματα,
- να επισημαίνει τα μέτρα που απαιτούνται για τη μείωση των κινδύνων,
- να θεσπίζει τεχνικές ή οργανωτικές μεταβολές σε περίπτωση υπέρβασης των ορίων κραδασμών,
- να ενημερώνει το προσωπικό για τους κινδύνους από μηχανικές δονήσεις αλλά και για οποιαδήποτε αλλαγή στον χώρο εργασίας, αποτελέσματα μετρήσεων έντασης κραδασμών, ασφαλείς εργασιακές πρακτικές, κ.λπ.
- να εξασφαλίζει την επίβλεψη της υγείας για κάθε εργαζόμενο που έχει εκτεθεί σε μηχανικούς κραδασμούς άνω των ορίων ανάληψης δράσης.

B. Προεδρικό Διάταγμα υπ' αριθμόν 176/2005 – Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (κραδασμοί), σε συμμόρφωση με την οδηγία 2002/44/EK:

Σκοπός του παρόντος διατάγματος είναι η προσαρμογή της ελληνικής νομοθεσίας περί υγιεινής και ασφάλειας των εργαζομένων προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2002/44/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και Συμβουλίου της 25^{ης} Ιουνίου 2002 που αναφέρθηκε παραπάνω. Το προεδρικό αυτό διάταγμα καθορίζει τις ελάχιστες προδιαγραφές όσον αφορά την προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους για την ασφάλεια και την υγεία τους, οι οποίοι προκύπτουν ή ενδέχεται να προκύψουν από την έκθεση σε μηχανικές δονήσεις. Οι οδηγίες του παρόντος διατάγματος έχουν πεδίο εφαρμογής σε περιβάλλοντα εργασίας στα οποία ο εργαζόμενος εκτίθεται ή ενδέχεται να εκτεθεί σε κινδύνους από μηχανικούς κραδασμούς. Τέλος, το Προεδρικό Διάταγμα 17/1996 – «Μέτρα για τη βελτίωση της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων κατά την εργασία σε συμμόρφωση με τις οδηγίες 89/391/ΕΟΚ και 91/393/ΕΟΚ» και οι γενικές διατάξεις για την ασφάλεια και υγεία των εργαζομένων εφαρμόζονται πλήρως στο σύνολο του τομέα που αναφέρεται στο Προεδρικό Διάταγμα 176/2005, με την επιφύλαξη των αυστηρότερων ή/και ειδικότερων διατάξεων του παρόντος διατάγματος. Αφού συνδέεται άμεσα με την Οδηγία 2002/44/EK, δεν αλλάζει

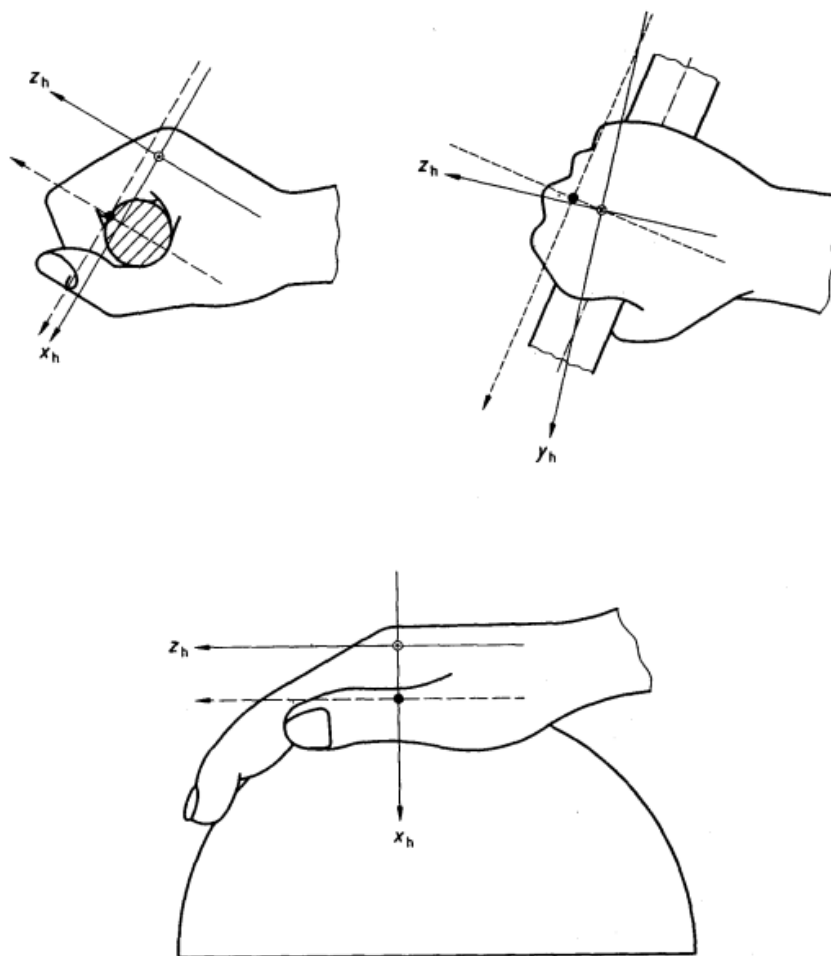
καμία από τις πληροφορίες που αναφέρονται για τις απαιτούμενες ενέργειες των εργοδοτών. Σε κάθε εργοδότη που παραβαίνει από αμέλεια ή από πρόθεση τις διατάξεις του παρόντος διατάγματος, επιβάλλονται οι ποινικές κυρώσεις του άρθρου 25 του νόμου 2224/1994 – «Ρύθμιση θεμάτων εργασίας, συνδικαλιστικών δικαιωμάτων, υγιεινής και ασφάλειας των εργαζομένων και οργάνωσης εργασίας και των εποπτευομένων από αυτό νομικών προσώπων και άλλες διατάξεις.»

C. Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (Κ.Μ.Λ.Ε.):

Ο Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών έχει ως σκοπό τη θέσπιση των κανόνων ορθολογικής δραστηριότητας, ασφάλειας και υγείας των εργαζομένων και των περιοίκων, για την προστασία του περιβάλλοντος, για τις εργασίες εντοπισμού, εκμετάλλευσης, αξιοποίησης, επεξεργασίας των ορυκτών υλών, αλλά και για τις αντίστοιχες εργασίες αποκατάστασης κάθε μεταλλευτικού ή/και λατομικού χώρου. Το Άρθρο 26 «Προστασία εργαζομένων από τους κραδασμούς» έχει ως βάση το Προεδρικό Διάταγμα 176/2005 που αναλύθηκε παραπάνω. Όλα τα μέτρα προστασίας και ασφάλειας εγκρίνονται με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ). Είναι υποχρεωτική η σχολαστική τήρηση των διατάξεων του Κ.Μ.Λ.Ε και η παραβίασή τους επιφέρει τις, από τον Νόμο, προβλεπόμενες κυρώσεις.

D. ISO 5349-1:2001 Μηχανικοί κραδασμοί – Μέτρηση και αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χεριού - βραχίονα – Μέρος 1: Γενικές απαιτήσεις:

Η χρήση μηχανημάτων κατά τη διάρκεια της εργασίας μπορεί να εκθέσει τους εργαζόμενους σε μηχανικές δονήσεις που μεταδίδονται στο σύστημα χεριού – βραχίονα, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν την άνεση και απόδοση της εργασίας, όπως επίσης την υγεία και την ασφάλεια. Μεγάλης έντασης κραδασμοί μπορούν να μεταδοθούν μέσω των δονούμενων εργαλείων, δονούμενων μηχανημάτων ή των δονούμενων μερών των μηχανημάτων. Τέτοιες καταστάσεις λαμβάνουν χώρα όταν ένα άτομο χειρίζεται ηλεκτρικά, υδραυλικά, κρουστικά εργαλεία ή εργαλεία που λειτουργούν με πεπιεσμένο αέρα. Οι γενικές απαιτήσεις για τη μέτρηση και την αξιολόγηση της έκθεσης σε μηχανικούς κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χεριού-βραχίονα καθορίζονται στο ISO 5349-1. Πιο συγκεκριμένα, το ISO 5349-1 δίνει πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει το όργανο μέτρησης των μηχανικών κραδασμών, όπως η δυνατότητα αντοχής του σε μηχανικούς κραδασμούς μεγάλης έντασης, η ακρίβεια των μετρήσεών του, οι διαστάσεις που πρέπει να διαθέτει έτσι ώστε να μην επηρεάζει τον εργαζόμενο κατά τη διάρκεια της εργασίας του, κ.ά. Καθορίζονται επίσης οι διευθύνσεις μέτρησης των επιταχύνσεων (άξονες μέτρησης x, y, z), καθώς και οι τρόποι μετάδοσης των μηχανικών δονήσεων στον εργαζόμενο (λαβή), όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.5. Έχει παρατηρηθεί ότι η συνεχής χρήση πολλών δονούμενων εργαλείων συνδέεται με αρκετές ασθένειες που επηρεάζουν τα αιμοφόρα αγγεία, τα νεύρα, τα οστά, τις αρθρώσεις, τους μύες ή τους συνδετικούς ιστούς του χεριού και του βραχίονα. Η καθοδήγηση που δίνεται από το ISO 5349 βασίζεται σε ποσοτικά δεδομένα που προέκυψαν τόσο από υφιστάμενη εργασιακή εμπειρία όσο και από πειράματα εργαστηρίου σχετικά με την ανθρώπινη απόκριση σε κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χεριός-βραχίονα. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για μετρήσεις μηχανικών κραδασμών πρέπει να συμμορφώνονται πλήρως με τις απαιτήσεις του ISO 8041.



Εικόνα 2.5: Τρόποι λαβής και άξονες προς μέτρηση για μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χεριού-βραχίονα (ISO 5349-1:2001 Μηχανικοί κραδασμοί – Μέτρηση και αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χεριού – βραχίονα).

E. ISO 5349-2:2001 Μηχανικοί κραδασμοί – Μέτρηση και αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χεριού-βραχίονα – Μέρος 2: Πρακτικές οδηγίες για μετρήσεις στον χώρο εργασίας:

Το ISO 5349-2:2001 παρέχει πρακτικές οδηγίες για τη σωστή εκτέλεση των μετρήσεων και την ανάπτυξη μιας αποτελεσματικής στρατηγικής για τη μέτρηση των κραδασμών που μεταδίδονται στο σύστημα χεριός-βραχίονα στον χώρο εργασίας. Παρέχει πληροφορίες για τα βήματα που πρέπει να εφαρμοστούν προκειμένου να δημιουργηθεί μία προτεραιότητα στην επιλογή των εργαλείων

που τίθενται προς μέτρηση. Η χρήση της στρατηγικής που περιγράφεται σε αυτό το μέρος του ISO 5349, θα οδηγήσει σε μια ρεαλιστική εικόνα της καθημερινής έκθεσης του χειριστή του οργάνου στον χώρο εργασίας. Για την αξιολόγηση της έκθεσης σε μηχανικές δονήσεις προτείνει πέντε βήματα:

- προσδιορισμός των επιμέρους εργασιών που εκτελεί ο εργαζόμενος εντός της τυπικής βάρδιας του,
- επιλογή των εργασιών που συνδέονται με μηχανικούς κραδασμούς και πρέπει να μετρηθούν,
- μέτρηση του μέτρου της επιτάχυνσης (μέση τετραγωνική τιμή Root Mean Square ή R.M.S.) για κάθε εργασία που έχει επιλεγεί,
- εκτίμηση του τυπικού ημερήσιου χρόνου έκθεσης του εργαζομένου για κάθε εργασία,
- υπολογισμός της συνολικής τιμής της έντασης των μηχανικών κραδασμών σε διάρκεια 8 ωρών (ημερήσια τιμή έκθεσης σε κραδασμούς).

Η αξιολόγηση της έκθεσης σε κραδασμούς βασίζεται αποκλειστικά στη μέτρηση του μεγέθους των κραδασμών στις λαβές των εργαλείων που χειρίζεται ο εργαζόμενος και στους χρόνους έκθεσης. Τα δύο βασικά μεγέθη που υπολογίζονται κατά τη διάρκεια έκθεσης σε κραδασμούς και που ορίζει το ISO είναι:

- η συνολική τιμή έντασης των μηχανικών κραδασμών (a_{hvi}) που δίνεται από τη σχέση:

$$a_{hvi} = \sqrt{a_{hvi,x}^2 + a_{hvi,y}^2 + a_{hvi,z}^2} \quad (2.3)$$

όπου: $a_{hvi,x}$: η συνολική τιμή έντασης μηχανικών κραδασμών στον άξονα x

$a_{hvi,y}$: η συνολική τιμή έντασης μηχανικών κραδασμών στον άξονα y

$a_{hvi,z}$: η συνολική τιμή έντασης μηχανικών κραδασμών στον άξονα z.

Ο υπολογισμός της μέσης τετραγωνικής τιμής της επιτάχυνσης για τους άξονες x, y, z βασίζεται σε n στιγμιαίες μετρήσεις (ανά δευτερόλεπτο) και γίνεται με τον τύπο:

$$a_{hv} = \sqrt{\frac{1}{n} \times (a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2)} \quad (2.4)$$

όπου: a_j : η τιμή r.m.s. (root mean square) της επιτάχυνσης κατά τη στιγμιαία μέτρηση j (j=1,2,...n).

- η ημερήσια διάρκεια (T_i) της έκθεσης σε κραδασμούς

Όπου i η πηγή κραδασμών (π.χ. κρουστικό τρυπάνι)

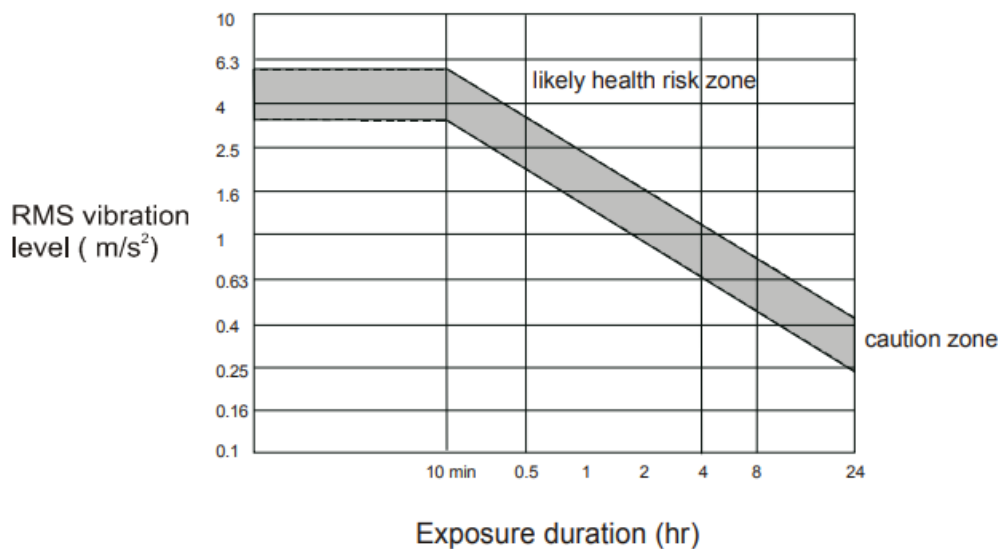
Τα δύο αυτά μεγέθη χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της ημερήσιας έκθεσης σε μηχανικούς κραδασμούς σε διάρκεια 8 ωρών (A(8)). Το ISO 5349-2:2001 περιγράφει επίσης τις προφυλάξεις που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την πραγματοποίηση αντιπροσωπευτικών μετρήσεων των μηχανικών κραδασμών.

F. ISO 2631-1:1997 Μηχανικοί κραδασμοί – Αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα – Μέρος 1: Γενικές απαιτήσεις:

Ο πρωταρχικός σκοπός του ISO 2631-1:1997 είναι να ορίσει μεθόδους ποσοτικού προσδιορισμού των κραδασμών ολόκληρου του σώματος για την προστασία της ανθρώπινης υγείας και την εξασφάλιση εργασιακής άνεσης. Πολλά μηχανήματα και οχήματα, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία, τη γεωργία αλλά και σε έργα εκμετάλλευσης ορυκτών υλών, εκθέτουν τους ανθρώπους σε περιοδικούς, τυχαίους και παροδικούς μηχανικούς κραδασμούς που μπορεί να επηρεάσουν την άνεση, την υγεία και την αποτελεσματικότητα των δραστηριοτήτων τους. Οι μηχανικές δονήσεις είναι συχνά πολύπλοκες, περιέχουν πολλές συχνότητες, εμφανίζονται σε διάφορες κατευθύνσεις και αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Οι επιπτώσεις των κραδασμών μπορεί να είναι πολλαπλές. Η έκθεση σε μηχανικές δονήσεις σε ολόκληρο το σώμα προκαλεί μια πολύπλοκη κατανομή κινήσεων ταλάντωσης αλλά και δυνάμεων μέσα στο σώμα. Καθορίζονται δύο μέθοδοι για την αξιολόγηση των μηχανικών κραδασμών σε ολόκληρο το σώμα, η μέθοδος R.M.S. (Root Mean Square) και η μέθοδος V.D.V. (Vibration Dose Value). Η πρώτη χρησιμοποιεί τη μέση τετραγωνική τιμή (R.M.S.), η οποία εκφράζεται από τη σταθμισμένη κατά συχνότητα επιτάχυνση (m/s^2) και συγκρίνεται με τα όρια που

καθορίζει το παρόν ISO για την υγεία (Health Guidance Zones). Παρουσιάζεται διάγραμμα στο οποίο ο άξονας x περιλαμβάνει τις τιμές της χρονικής διάρκειας έκθεσης στους κραδασμούς (Exposure duration (hr)) και ο άξονας y τις τιμές της έντασης των μηχανικών δονήσεων (RMS vibration level (m/s²)) (Εικόνα 2.6). Οι όροι «caution zone» και «likely health risk zone» αντιπροσωπεύουν την τιμή ανάληψης δράσης και την οριακή τιμή έκθεσης αντίστοιχα. Εφόσον έχουν μετρηθεί οι τιμές R.M.S. της επιτάχυνσης $a_{wb,x}$, $a_{wb,y}$, $a_{wb,z}$ στους άξονες x, y, z αντίστοιχα, η τελική ισοδύναμη a_{wb} τιμή ορίζεται ως:

$$a_{wb} = \max(1,4a_{wb,x}, 1,4a_{wb,y}, a_{wb,z}) \quad (2.5)$$

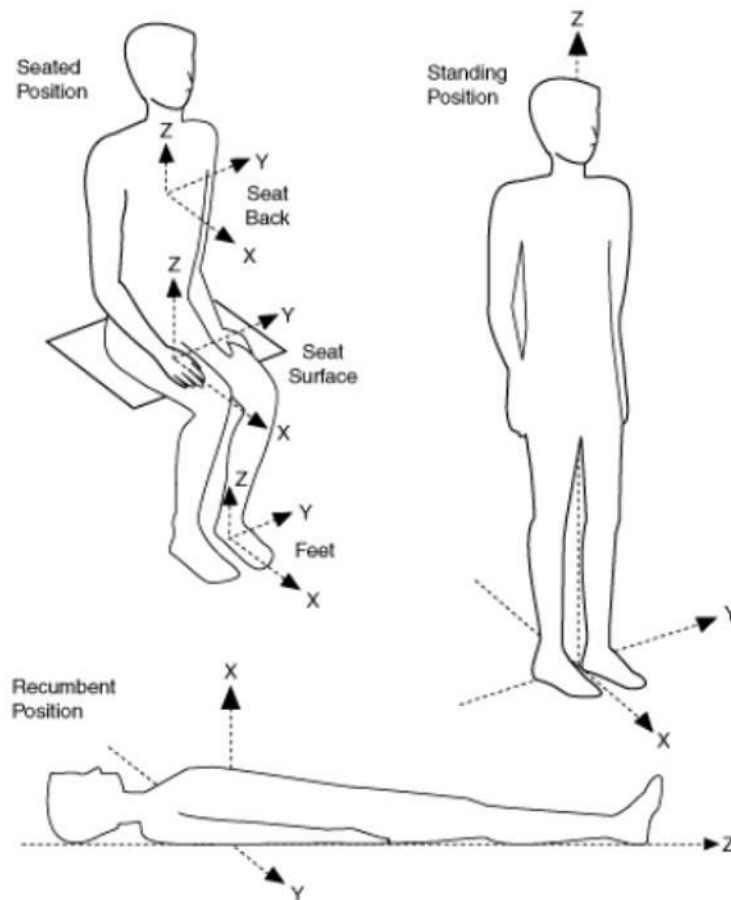


Εικόνα 2.6: Health Guidance Zones (ISO 2631-1:1997 Μηχανικοί κραδασμοί – Αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα – Μέρος 1: Γενικές απαιτήσεις).

Για μηχανικούς κραδασμούς κορυφοτιμές (μορφής «σοκ») χρησιμοποιείται η μέθοδος υπολογισμού της δόσης κραδασμών (Vibration Dose Value ή V.D.V). Το πρότυπο παρέχει πληροφορίες και οδηγίες για τη χρονική διάρκεια της έκθεσης. Καθορίζει δυο τιμές για τη συγκεκριμένη μέθοδο:

- Περιοχή ανάληψης δράσης (Caution Zone) με τιμή $VDV = 8,5 \text{ m/s}^{1,75}$
- Επικίνδυνη για την υγεία περιοχή (Likely Health Risk Zone) με τιμή $VDV \geq 17 \text{ m/s}^{1,75}$.

Χαρακτηριστικό και των δυο μεθόδων είναι ότι χρειάζονται έναν αντιπροσωπευτικό αριθμό μετρήσεων για να είναι αξιόπιστες. Παρά τον καθορισμό των παραπάνω οριακών τιμών VDV έχει διαπιστωθεί ότι μπορεί να υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις ως προς τις επιπτώσεις των μηχανικών κραδασμών μεταξύ των ατόμων που υπόκεινται στις δονήσεις αυτές και που οφείλεται κυρίως στις διαφορετικές συχνότητες των κραδασμών. Το ISO 2631-1:1997 λαμβάνει υπόψη του και το εύρος των εξεταζόμενων μηχανικών κραδασμών. Το εύρος συχνοτήτων που εξετάζεται είναι από 0,5 Hz έως 80 Hz για την πρόκληση βλαβών στην υγεία και το εύρος 0,1 Hz έως 0,5 Hz για την πρόκληση του αιθουσαίου συνδρόμου (ζάλη, ναυτία). Το ISO 2631-1:1997 ισχύει για τις δονήσεις που μεταδίδονται στο ανθρώπινο σώμα μέσω των επιφανειών στήριξης που φαίνονται στην Εικόνα 2.7 και περιλαμβάνουν τα πόδια για εργαζόμενο σε όρθια στάση, τους γλουτούς, την πλάτη και τα πόδια για εργαζόμενο που κάθεται και όλη την περιοχή στήριξης στην περίπτωση εργαζομένου σε ύπτια θέση.



Εικόνα 2.7: Άξονες και σημεία στα οποία μεταδίδονται οι μηχανικοί κραδασμοί μέσω των επιφανειών στήριξης (ISO 2631-1:1997 Μηχανικοί κραδασμοί – Αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα – Μέρος 1: Γενικές απαιτήσεις).

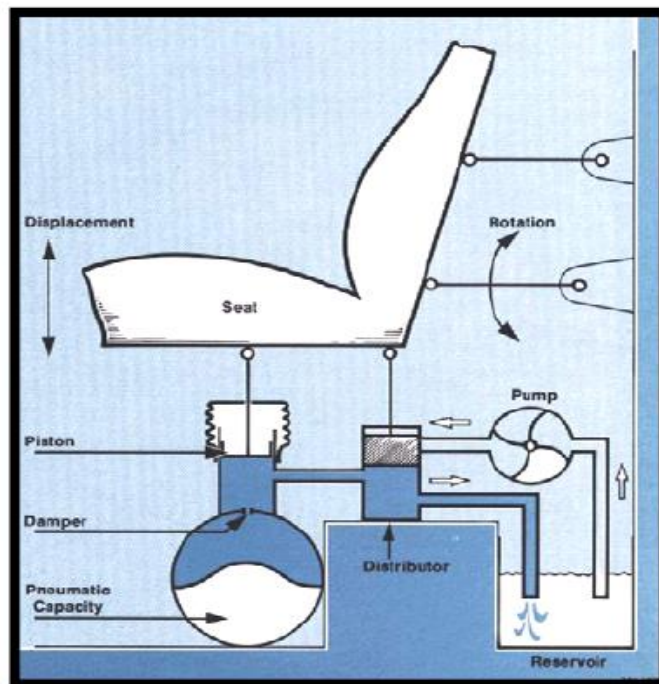
G. ISO 2631-5:2018 Μηχανικοί κραδασμοί – Αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα – Μέρος 5: Μέθοδος αξιολόγησης κραδασμών που περιέχουν πολλαπλά «σοκ»:

Ο σκοπός αυτού του προτύπου είναι ο καθορισμός μίας μεθόδου ποσοτικού προσδιορισμού της μηχανικής δόνησης που μεταδίδεται σε όλο το σώμα, συμπεριλαμβανομένων και των πολλαπλών «σοκ» σε συσχέτιση με την άνεση του ανθρώπου στην καθημερινή στάση. Οι πολλαπλές μηχανικές κρούσεις είναι κρούσεις διαφορετικού μεγέθους που συμβαίνουν συχνά σε τακτά και ακανόνιστα διαστήματα κατά τη διάρκεια της περιόδου μέτρησης. Στη βιοδυναμική, ο όρος «σοκ» χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα ευρύ φάσμα βραχυχρόνιων και υψηλού μεγέθους εκθέσεων σε κραδασμούς. Καλύπτει το εύρος που ξεκινά από ήπιους κραδασμούς που έχουν ως αποτέλεσμα μόνο την ενόχληση, μέχρι και μεγέθη που επαρκούν για να προκαλέσουν πόνο, τραυματισμό ή δυσφορία. Οι μέθοδοι που περιγράφονται στο πρότυπο αυτό είναι κατάλληλες για την αξιολόγηση του κινδύνου χρόνιου τραυματισμού από έκθεση σε επαναλαμβανόμενο «σοκ», που μπορεί να εμφανιστεί για παράδειγμα σε οχήματα που κινούνται κυρίως εκτός συνήθους οδικού δικτύου (ανώμαλοι δρόμοι). Οι μέθοδοι αξιολόγησης που περιγράφονται βασίζονται στην προβλεπόμενη ανταπόκριση των μεσοσπονδύλιων δίσκων της σπονδυλικής στήλης σε ένα άτομο που είναι σε καλή φυσική κατάσταση και χωρίς προηγούμενες βλάβες (οι μεσοσπονδύλιοι δίσκοι χρησιμεύουν ως «αμορτισέρ», αποτρέπουν τους κραδασμούς και ταυτόχρονα εξασφαλίζουν ότι οι επιμέρους σπόνδυλοι της σπονδυλικής στήλης μπορούν να μετακινηθούν χωρίς να τρίβονται απευθείας τα οστά μεταξύ τους). Το ISO 2631-5:2018 αφορά αποκλειστικά την ανταπόκριση της οσφυϊκής μοίρας της σπονδυλικής στήλης που με βάση υπάρχουσες μελέτες είναι το τμήμα της σπονδυλικής στήλης που μπορεί να επηρεαστεί αρνητικά από την έκθεση σε μηχανικές δονήσεις ολόκληρου του σώματος συμπεριλαμβανομένων των πολλαπλών «σοκ». Το πρότυπο εστιάζει στις επιπτώσεις των θλιπτικών δυνάμεων που οφείλονται στους πολλαπλούς

κραδασμούς («σοκ»). Για τον σκοπό αυτό, έχει δημιουργηθεί κάθισμα οδηγού που διαθέτει υδροπνευματική ανάρτηση, όπου ελέγχει την επιτάχυνση στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης διαθέτοντας αυτόματη διόρθωση θέσης (Εικόνα 2.8) αλλά και άλλα διαφορετικά είδη καθίσματος για προεπιλεγμένες στάσεις και ύψη σώματος. Διακρίνει και εξηγεί δύο μορφές έκθεσης:

- Η πρώτη αφορά τις συνθήκες που επικρατούν συνήθως σε στρατιωτικά οχήματα που χρησιμοποιούνται εκτός ασφάλτου ή σε σκάφη υψηλής ταχύτητας. Οι συνθήκες αυτές περιλαμβάνουν μικρές αλλά τακτές χρονικές περιόδους όπου το σώμα υφίσταται «ελεύθερη πτώση». Υπερισχύουν οι επιταχύνσεις στον κατακόρυφο άξονα z και το άτομο μπορεί να χάσει την επαφή με τη θέση του. Στην περίπτωση αυτή, οι απαιτήσεις για τη μέτρηση και την αξιολόγηση των κραδασμών διαφέρουν από αυτές του προτύπου ISO 2631-1:1997 καθώς η επιρροή των κραδασμών στους άξονες x και y επισκιάζονται από αυτή στον άξονα z .
- Η δεύτερη αφορά συνθήκες μικρότερης επικινδυνότητας όπου το σώμα παραμένει στην θέση του καθ' όλη τη διάρκεια της μέτρησης. Οι συνθήκες αυτές είναι πιο πιθανό να παρουσιαστούν σε οδηγούς φορτηγών ή εκσκαφέων, κ.τ.λ. κατά τη διάρκεια της εργασίας τους σε υπαίθριες ή υπόγειες εκμεταλλεύσεις. Οι απαιτήσεις για τη μέτρηση και την αξιολόγηση των μηχανικών δονήσεων είναι ίδιες με αυτές που περιγράφονται στο ISO 2631-1:1997.

Ο κίνδυνος τραυματισμού στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης εξαρτάται από έναν συνδυασμό μεγέθους και διάρκειας της έκθεσης. Ένας εμφανής τραυματισμός μπορεί να πάρει αρκετά χρόνια για να αναπτυχθεί. Λόγω της πολυπλοκότητας της μέτρησης πολλαπλών κραδασμών, δεν είναι προς το παρόν δυνατό να μετρηθεί απευθείας το μέγεθος της έκθεσης που θα προκαλέσει πρόβλημα στην υγεία στο μέλλον. Τέλος, αυτό το πρότυπο αναφέρεται στην έκθεση του ανθρώπου σε πολλαπλές μηχανικές κρούσεις και διατυπώνει απαιτήσεις για τη μέτρηση πολλαπλών κραδασμών.



Εικόνα 2.8: Μηχανισμός υδροπνευματικής ανάρτησης καθίσματος οδηγού για απορρόφηση των κραδασμών (Παναγοπούλου 2014).

Η. ISO 8041:2005 Ανθρώπινη ανταπόκριση σε κραδασμούς – Όργανα μέτρησης:

Το ISO 8041:2005 καθορίζει τις προδιαγραφές της απόδοσης και τα όρια αντοχής οργάνων που έχουν σχεδιαστεί για τη μέτρηση των τιμών των κραδασμών, με σκοπό την αξιολόγηση της ανθρώπινης ανταπόκρισης σε μηχανικούς κραδασμούς. Τα όργανα μέτρησης δονήσεων που καθορίζονται μπορεί να είναι μεμονωμένα, συνδυασμός οργάνων ή υπολογιστικά συστήματα ανάλυσης. Τα όργανα που καθορίζονται στο ISO 8041:2005 προορίζονται για τη μέτρηση μηχανικών κραδασμών που αφορούν:

- Το σύστημα χειρός-βραχίονα (ISO 5349-1)
- Ολόκληρο το σώμα (ISO 2631-1, ISO 2631-5)
- Ολόκληρο το σώμα σε χαμηλή περιοχή συχνοτήτων (0,1-0,5 Hz) (ISO 2631-1).

Καθορίζονται τρία είδη δοκιμών απόδοσης:

- Αξιολόγηση προτύπων, δηλαδή πλήρης δοκιμή του οργάνου σε σχέση με τις προδιαγραφές που ορίζονται στο παρόν πρότυπο,
- Επαλήθευση, δηλαδή ένα σύνολο δοκιμών που έχουν σχεδιαστεί για να διασφαλίζουν ότι ένα όργανο παραμένει εντός των απαιτούμενων προδιαγραφών απόδοσης,
- Επιτόπιοι έλεγχοι, δηλαδή ένας ελάχιστος αριθμός δοκιμών που απαιτείται για να δείξει ότι ένα όργανο λειτουργεί εντός των απαιτούμενων προδιαγραφών απόδοσης.

Καθορίζονται επίσης οι περιβαλλοντικές συνθήκες για τον καθορισμό της απόδοσης του μετρητή κραδασμών που είναι η σχετική υγρασία (τυπική τιμή 50%) και η σχετική θερμοκρασία (τυπική τιμή 23 °C).

Τα όργανα μέτρησης μηχανικών δονήσεων πρέπει να διαθέτουν ένα μέσο ένδειξης στην περίπτωση υπερφόρτωσης κατά τη διάρκεια της μέτρησης αλλά και να παρέχουν τη δυνατότητα ρύθμισης της ευαισθησίας (ακρίβειάς) τους. Επιπροσθέτως, τα όργανα θα πρέπει να επιτρέπουν στον χρήστη να επιλέγει τη χρονική διάρκεια μέτρησης της σταθμισμένης επιτάχυνσης. Το πιο σύνηθες όργανο μέτρησης είναι το πιεζοηλεκτρικό επιταχυνσιόμετρο, χρησιμοποιείται σχεδόν καθολικά σήμερα και έχει σχεδιαστεί για να αντέχει σε υγρό περιβάλλον και στην παρουσία σκόνης. Ένα όργανο που συμμορφώνεται με όλες τις ισχύουσες προδιαγραφές του παρόντος προτύπου θα πρέπει να φέρει τη σχετική σήμανση, το όνομα ή το εμπορικό σήμα του κατασκευαστή και την ημερομηνία κυκλοφορίας του.

I. ISO 8041-1:2017 Ανθρώπινη ανταπόκριση σε κραδασμούς – Όργανα μέτρησης – Μέρος 1: Μετρητές δονήσεων για γενική χρήση:

Αυτό το πρότυπο, ως επακόλουθο του ISO 8041:2005, καθορίζει τις προδιαγραφές απόδοσης και τα όρια αντοχής για όργανα που έχουν σχεδιαστεί για τη μέτρηση των κραδασμών, με σκοπό την αξιολόγηση της ανταπόκρισης του ανθρώπου σε μηχανικούς κραδασμούς. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας τα τελευταία χρόνια, είναι προτιμότερο (αν όχι αναγκαίο) να επιλέγονται τα νέα βελτιωμένα όργανα μέτρησης μηχανικών κραδασμών μιας και επιδιώκεται η βέλτιστη ακρίβεια. Η δοκιμή επαλήθευσης που ορίζεται σε αυτό το έγγραφο είναι

πρακτικά εφαρμόσιμη και έχει ως στόχο τον εντοπισμό ενός οργάνου που είναι επαρκώς βαθμονομημένο για τις προβλεπόμενες εφαρμογές, είναι κατάλληλο για τον σκοπό του, έχει λογικό κόστος και είναι προσιτό για τον τελικό χρήστη.

- J. ISO 10819:1996 Μηχανικές δονήσεις και κραδασμοί – Δονήσεις χειρός-βραχίονα – Μέθοδος για τη μέτρηση και την αξιολόγηση της μεταδοτικότητας των κραδασμών στην παλάμη των χεριών με τη χρήση γαντιών:

Το ISO 10819 καθορίζει μια μέθοδο για την εργαστηριακή μέτρηση και την ανάλυση δεδομένων που αφορά τη μεταδοτικότητα των μηχανικών κραδασμών από τη λαβή εργαλείου στην παλάμη ενώ γίνεται η χρήση γαντιών. Το εύρος των συχνοτήτων της μεθόδου ξεκινάει από 31,5 Hz και φτάνει στα 1250 Hz. Επισημαίνεται πως η μέτρηση λαμβάνει χώρα μόνο στην παλάμη του χεριού και όχι στα δάχτυλα. Το παρόν πρότυπο δεν επαρκεί για την ολοκληρωμένη εκτίμηση του κινδύνου για την υγεία λόγω κραδασμών.

- K. ISO 13090:1-1998 Μηχανικές δονήσεις και κραδασμοί – Οδηγίες σχετικά με τις πτυχές ασφάλειας δοκιμών και πειραμάτων με ανθρώπους – Έκθεση σε μηχανικές επαναλαμβανόμενες δονήσεις σε ολόκληρο το σώμα:

Σκοπός του ISO 13090 είναι να παρέχει καθοδήγηση σχετικά με τις πτυχές ασφάλειας του σχεδιασμού του εξοπλισμού και της διεξαγωγής εργαστηριακών δοκιμών και πειραμάτων στα οποία ο άνθρωπος εκτίθεται σε μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα. Προορίζεται να μετριάσει τις επιπτώσεις των μηχανικών κραδασμών στον χρήστη που λαμβάνουν χώρα στο περιβάλλον της εργασίας του (π.χ. δοκιμή αναρτήσεων καθισμάτων, μαξιλαριών καθισμάτων, κ.ά.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

3.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται μία βιβλιογραφική ανασκόπηση στο πεδίο των μηχανικών κραδασμών στην εργασία. Αναλύονται και συγκρίνονται εργαστηριακές μελέτες, όπως επίσης και μελέτες στο πεδίο, κατά κύριο λόγο στον τομέα των μεταλλευτικών και λατομικών έργων αλλά και στον κατασκευαστικό τομέα. Σκοπός είναι η πλήρης κατανόηση του φαινομένου των μηχανικών κραδασμών, της επικινδυνότητας αυτού και η διερεύνησή του από διαφορετικές οπτικές γωνίες με τη βοήθεια είτε εργαστηριακών μετρήσεων είτε μετρήσεων πεδίου. Παρουσιάζονται τα διαφορετικά πρότυπα ISO που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε μελέτη, όπως επίσης το είδος των κραδασμών που μελετούν, τα όργανα ή οχήματα στα οποία μετρήθηκε η ένταση των μηχανικών δονήσεων και οι διαφορετικές μεταβλητές που συμβάλουν και επηρεάζουν την αύξηση ή/και μείωση της έντασης των κραδασμών.

Πραγματοποιήθηκε αναζήτηση των μελετών από τις παρακάτω βάσεις βιβλιογραφικών δεδομένων:

- Science Direct
- Google Scholar
- Taylor and Francis
- Researchgate
- PubMed Central

Η αναζήτηση έγινε σε άρθρα και μελέτες της διεθνούς βιβλιογραφίας. Για τον λόγο αυτό το σύνολο των λέξεων-κλειδιών που χρησιμοποιήθηκαν είναι στην αγγλική γλώσσα. Αποτελούνται από τους παρακάτω όρους:

- Mechanical vibrations
- Vibration measurement, vehicle
- Vibration measurement, hand-arm system
- Vibration measurement, whole human body
- Occupational vibration
- Hand-Arm vibrations

- Whole body vibrations
- Vibrations mining industry
- Vibrations construction industry

Από όλες τις δημοσιευμένες μελέτες-εργασίες που εντοπίστηκαν, επιλέχθηκαν αρχικά εκείνες με βάση τον τίτλο τους και την περίληψή τους. Στη συνέχεια επιλέχθηκαν οι σχετικές με βάση την πλήρη ανάγνωση του κειμένου. Επίσης, εφαρμόστηκαν δύο βασικά κριτήρια για την τελική επιλογή των μελετών/άρθρων που συμπεριελήφθησαν στην βιβλιογραφική ανασκόπηση:

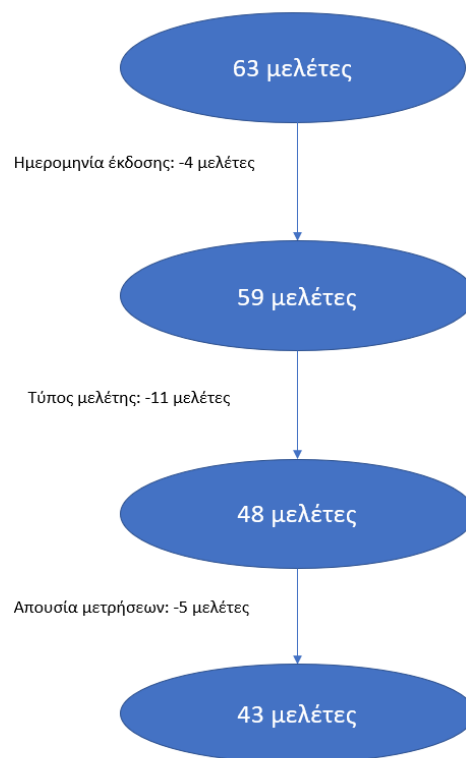
- 1) Ημερομηνία δημοσίευσης: χρησιμοποιήθηκαν όλες οι μελέτες που έχουν δημοσιευτεί μετά το 2000.
- 2) Τύπος εργασίας: συμπεριλήφθηκαν μόνο ερευνητικές εργασίες, είτε αφορούσαν εργαστηριακές μελέτες ή μελέτες πεδίου (ως εργαστηριακές ορίστηκαν οι μελέτες στις οποίες η ένταση των κραδασμών εκτιμήθηκε σε εργαστηριακές συνθήκες, ως μελέτες πεδίου ορίστηκαν αυτές στις οποίες η ένταση των κραδασμών εκτιμήθηκε κάτω από κανονικές συνθήκες εργασίας)

Ο κύριος στόχος της βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι η παρουσίαση και η σύγκριση της νομοθεσίας, του τρόπου μέτρησης και αξιολόγησης των μηχανικών δονήσεων που εφαρμόστηκαν καθώς και η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς τους με βάση τα ευρήματα της βιβλιογραφικής έρευνας.

3.2 Αποτελέσματα βιβλιογραφικής έρευνας

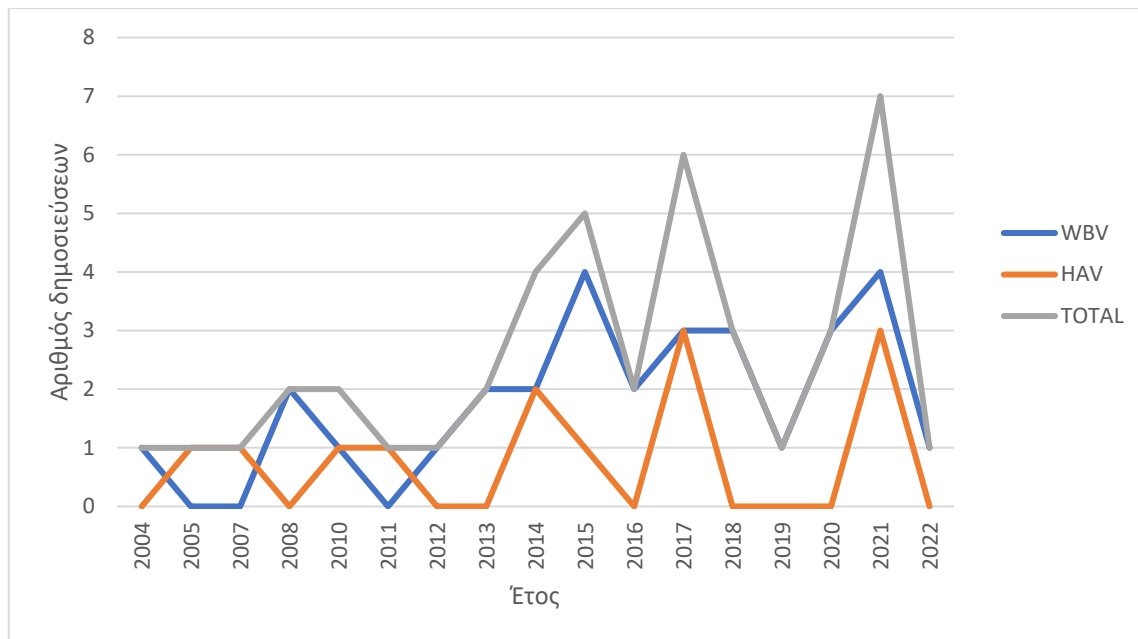
3.2.1 Επιλογή μελετών και κατηγοριοποίηση

Από την αναζήτηση στις παραπάνω πηγές και με τις παραπάνω λέξεις - κλειδιά βρέθηκαν συνολικά 63 πιθανές μελέτες προς ανάλυση. Μετά τη χρήση των κριτηρίων αποκλεισμού, 43 έρευνες συμπεριλήφθηκαν στη βιβλιογραφική ανασκόπηση. Οι 20 μελέτες που εξαιρέθηκαν βρίσκονταν εκτός των κριτηρίων επιλογής (4 έρευνες πριν το 2000, 11 έρευνες που πραγματοποιούσαν βιβλιογραφική ανασκόπηση και 5 που στόχευαν στην ανάλυση των επιπτώσεων των μηχανικών κραδασμών και όχι στην μέτρηση-καταγραφή αυτών).



Εικόνα 3.1: Βήματα αποκλεισμού μελετών με βάση τα κριτήρια.

Στο Διάγραμμα 3.1 δίνεται η διαχρονική εξέλιξη των δημοσιεύσεων που εξετάστηκαν και διαχωρίζονται σε περιπτώσεις που αφορούν μελέτες κραδασμών για ολόκληρο το σώμα (WBV) και μελέτες που αφορούν κραδασμούς που μεταδίδονται μέσα από το σύστημα χειρός-βραχίονα (HAV).



Διάγραμμα 3.1: Διαχρονική εξέλιξη των δημοσιεύσεων που εξετάστηκαν.

Παρατηρείται πως την πρώτη δεκαετία από το 2002 ο αριθμός των μελετών δεν είναι μεγάλος, ενώ την δεκαετία 2012 έως 2022 αυξάνει. Η εξήγηση αυτού του φαινομένου είναι συνδυαστική. Τα κυριότερα πρότυπα και νομοθετικά πλαίσια που αφορούν τους μηχανικούς κραδασμούς και την προστασία των εργαζομένων από αυτούς εκδόθηκαν ανάμεσα στα έτη 1997 και 2002. Έτσι τα περισσότερα έργα, και αντίστοιχα και οι μελέτες πάνω σε αυτά, χρειάστηκαν κάποια χρόνια ώστε να ενσωματώσουν τα νέα πρότυπα. Ταυτόχρονα, με την εξέλιξη της τεχνολογίας αλλά και με την εμπειρία που αποκτούσαν οι εργοδότες με την αύξηση του αριθμού των έργων, όλο και περισσότεροι παράγοντες απαιτούσαν μελέτη. Δημιουργούνταν νέες τεχνικές, μέθοδοι εργασίας που εστίαζαν στην αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των μηχανικών δονήσεων και εργαλεία που μείωναν την ένταση των κραδασμών στους οποίους εκτίθενται οι εργαζόμενοι. Αποτέλεσμα αυτού ήταν και η αύξηση των ερευνών την τελευταία δεκαετία.

Για τη συγκεντρωτική παρουσίαση των δημοσιεύσεων που επιλέχθηκαν να αναλυθούν δημιουργήθηκαν τρεις πίνακες (Πίνακες 3.1, 3.2, 3.3). Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία (συγγραφείς, χρονολογία δημοσίευσης, χώρα διεξαγωγής μελέτης, είδος κραδασμών που μελετήθηκε) των δημοσιευμένων εργασιών που αφορούν μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στο πεδίο (26), ενώ στον Πίνακα 3.2 τα βασικά στοιχεία των δημοσιευμένων εργασιών που αναφέρονται σε εργαστηριακές μελέτες (16). Τέλος, μία δημοσίευση θεωρήθηκε πεδίου και εργαστηριακή ταυτόχρονα και παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.3. Εξετάζεται το είδος της μηχανικής δόνησης που εστιάζει η κάθε μελέτη (δονήσεις χειρός-βραχίονα HAV ή όλου του σώματος WBV), αναλύονται οι τρόποι μέτρησης των κραδασμών αλλά και η νομοθεσία που χρησιμοποιήθηκε και τέλος δημιουργούνται σχετικοί συγκριτικοί πίνακες.

Πίνακας 3.1: Στοιχεία δημοσιευμένων εργασιών που αναφέρονται σε μελέτες πεδίου

<u>A/A</u> <u>εργασίας</u>	<u>Συγγραφείς</u>	<u>Χρονολογία</u> <u>δημοσίευσης</u>	<u>Χώρα</u> <u>διεξαγωγής</u> <u>της μελέτης</u>	<u>Είδος κραδασμών</u> <u>που μελετήθηκε</u>
[1]	Shrawan Kumar	2004	Καναδάς	WBV
[2]	Makoto Futatsuka, Masahiro Shono, Hisataka Sakakibara and Pham Quoc Quan	2005	Βιετνάμ	HAV
[3]	David J. Edwards & Gary D. Holt	2007	Αγγλία	HAV
[4]	T. Eger, J. Stevenson, P.-E'. Boileau, A. Salmoni, VibRG	2008	Καναδάς	WBV
[5]	Martin P.H. Smets, Tammy R. Eger, Sylvain G. Grenier	2010	Καναδάς	WBV

[6]	Ting Anselm Su, Victor Chee Wai Hoe, Retneswari Masilamani, et al.	2010	Μαλαισία	HAV
[7]	Ryan P. Blood, Patrik W. Rynell, Peter W. Johnson	2012	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	WBV
[8]	Bibhuti Bhusan Mandal, Asim Kumar Pal, Prahlad Kumar Sishodiya	2013	Ινδία	WBV
[9]	Momir Prašćević, Darko Mihajlov	2014	Σερβία	HAV
[10]	Rebecca Wolfgang, Robin Burgess- Limerick	2014	Αυστραλία	WBV
[11]	Xiaojing Zhao, Christian Schindler	2014	Γερμανία	WBV
[12]	D. K. Chaudhary, A. Bhattacharjee, A. Patra	2015	Ινδία	WBV
[13]	Dhanjee Kumar Chaudhary, Ashis Bhattacharjee, Aditya Kumar Patra, Nearkasen Chau	2015	Ινδία	WBV
[14]	Robin Burgess- Limerick & Danellie Lynas	2016	Αυστραλία	WBV

[15]	Luz S. Marin, Andrés Rodriguez, Estefany Rey, Lope H. Barrero, Jack Dennerlein, Pete W. Johnson	2016	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	WBV
[16]	Xiangrong Xu, Zhiwei Yuan, Manman Gong, Lihua He, Rugang Wang, Jingjing Wang, Qiuyue Yang, Sheng Wang	2017	Κίνα	HAV
[17]	Emkani M, Hashemi Nejad, Jalilian H, Gholami M, Sadeghi N, Rahimimoghadam S	2017	Ιράν	WBV
[18]	Jonisha Pollard, William Porter, Alan Mayton, Xueyan Xu, Eric Weston	2017	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	WBV και HAV
[19]	Alan G. Mayton, William L. Porter, Xueyan S. Xu, Eric B. Weston, Elaine N. Rubenstein	2018	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	WBV και HAV
[20]	B.O. Akinnuli, O.A. Dahunsi, S.P. Ayodeji & O.P. Bodunde	2018	Νιγηρία	WBV
[21]	Danellie Lynas, Robin Burgess-Limerick	2020	Αυστραλία	WBV

[22]	G.H.M.J. Subashi De Silva, T.R.S.T. Wijewardana	2021	Σρι Λάνκα	HAV
[23]	María L. de la Hoz-Torres, Antonio J. Aguilar, M ^a Dolores Martínez-Aires, Diego P. Ruiz	2021	Ισπανία	WBV
[24]	Jerome Rebelle	2021	Γαλλία	WBV
[25]	Vivekanand Kumar, Sanjay K. Palei, Netai C. Karmakar, Dhanjee K. Chaudhary	2021	Ινδία	WBV
[26]	Dhanjee Kumar Chaudhary, Sanjay Kumar Palei, Vivekanand Kumar & Netai Chandra Karmakar	2022	Ινδία	WBV

Πίνακας 3.2: Στοιχεία δημοσιευμένων εργασιών που αναφέρονται σε εργαστηριακές μελέτες

<u>A/A</u> <u>εργασίας</u>	<u>Συγγραφείς</u>	<u>Χρονολογία</u> <u>δημοσίευσης</u>	<u>Χώρα</u> <u>διεξαγωγής</u> <u>της μελέτης</u>	<u>Είδος κραδασμών</u> <u>που μελετήθηκε</u>
[27]	Geraldine S. Newell, Neil J. Mansfield	2008	Αγγλία	WBV

[28]	Ignacio Ainsa, David Gonzalez, Miguel Lizaranzu, Carlos Bernad	2011	Ισπανία	HAV
[29]	Bazil Basri, Michael J. Griffin	2013	Αγγλία	WBV
[30]	Ren G. Dong, Daniel E. Welcome, Donald R. Peterson, Xueyan S. Xu, Thomas W. McDowell, Christopher Warren, Takafumi Asaki, Simon Kudernatsch, Antony Brammer	2014	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	HAV
[31]	Wenhao Li, Ming Zhang, Guomin Lv, Qingyu Han, Yuanjin Gao, Yan Wang, Qitao Tan, Manyu Zhang, Yixun Zhang, Zengyong Li	2015	Αγγλία	WBV
[32]	Xiaolu Zhang, Yi Qiu, Michael J. Griffin	2015	Κίνα	WBV
[33]	Daniel E. Welcome, Ren G. Dong, Xueyan S. Xu, Christopher Warren, Thomas W. McDowell, John Z. Wu	2015	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	HAV
[34]	Amzar Azizan, M. Fard, Michael F. Azari, Reza Jazar	2017	Αυστραλία	WBV

[35]	Almaky Almagirby, Matt J. Carre, Jem A. Rongong	2017	Αγγλία	HAV
[36]	Karim Hamouda, Subhash Rakheja, Pierre Marcotte, K.N. Dewangan	2017	Καναδάς	HAV
[37]	Maria Lúcia Machado Duarte, Priscila Albuquerque de Araújo, Frederico Catone Horta, Sara Del Vecchio, Lucas Augusto Penna de Carvalho	2018	Βραζιλία	WBV
[38]	Kiana Kia, Stephanie M. Fitch, Sean A. Newsom, Jeong Ho Kim	2020	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	WBV
[39]	Naser Nawayseh, Abdullah Alchakouch, Sadeque Hamdan	2020	Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα	WBV
[40]	Jang-Ho Park, Kiana Kia, Divya Srinivasan, Jeong Ho Kim	2021	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	WBV
[41]	A. Lindenmann, M. Uhl, T. Gwosch, S. Matthiesen	2021	Γερμανία	HAV
[42]	Xueyan S. Xu, Daniel E. Welcome, Thomas W. McDowell, Christopher Warren, Samantha Service,	2021	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής	HAV

	Hansheng Lin, Qingsong Chen, Ren G. Dong			
--	--	--	--	--

Πίνακας 3.3: Στοιχεία δημοσιευμένης συνδυαστικής έρευνας (πεδίου και εργαστηρίου)

<u>A/A</u> <u>εργασίας</u>	<u>Συγγραφείς</u>	<u>Χρονολογία</u> <u>δημοσίευσης</u>	<u>Χώρα</u> <u>διεξαγωγής</u> <u>της μελέτης</u>	<u>Είδος κραδασμών</u> <u>που μελετήθηκε</u>
[43]	D.J. Parka, M.G. Choib, J.T. Songc, S.J. Ahnd, W.B. Jeong	2019	Νότια Κορέα	WBV

3.2.2 Σχολιασμός των επιλεγμένων μελετών

Ο Shrawan Kumar [1] μελέτησε τις διαφορές στην ένταση των μηχανικών δονήσεων και στους τρεις άξονες μεταξύ δύο ειδών χωματουργικών αυτοκινήτων υπαίθριων εκμεταλλεύσεων με διαφορετικές χωρητικότητες (δύο με βάρος 144,090 kg και δύο με βάρος 186,560 kg). Υπήρξαν 14 συμμετέχοντες εκ των οποίων οι οκτώ ήταν άνδρες και οι έξι γυναίκες. Η ένταση των κραδασμών στον κατακόρυφο άξονα για όλους τους συμμετέχοντες κυμαίνεται μεταξύ των 0.37 m/s^2 έως 11.73 m/s^2 , ενώ η ένταση των κραδασμών στο επίπεδο της οσφυϊκής καμπύλης της σπονδυλικής στήλης κυμαίνεται από 0.34 m/s^2 έως 2.72 m/s^2 . Από όλες τις μετρήσεις, η ένταση των κραδασμών στον κατακόρυφο άξονα (άξονας z) ήταν η επικρατέστερη και ξεπέρασε τα όρια των προτύπων ISO 8 φορές για τους άνδρες και 9 φορές για τις γυναίκες, όπως επίσης και στους άξονες x και y αλλά σε μικρότερο βαθμό. Το φύλο του οδηγού, ο τύπος του φορτηγού και η χωρητικότητά του δεν είχαν σημαντική επίδραση στην ένταση των δονήσεων, σε αντίθεση με το σωματικό βάρος του οδηγού και το σημείο τοποθέτησης του επιταχυνσιομέτρου.

Ο T. Eger [4] ερεύνησε την αποτελεσματικότητα των οδηγιών των ISO 2631-1 και ISO 2631-5 που αφορούν την πρόβλεψη κινδύνου για την υγεία των εργαζομένων, κατά τη διάρκεια χρήσης οχήματος Φόρτωσης-Μεταφοράς-Απόρριψης (LHD vehicle). Οι μετρήσεις λήφθηκαν από επτά οχήματα Φόρτωσης-Μεταφοράς-Απόρριψης με διαφορετικές χωρητικότητες και διαφορετικά μήκη. Συνολικά συμμετείχαν επτά οδηγοί με μέση ηλικία 44 χρονών, μέσο όρο κιλών 92 κιλά και μέσο όρο ύψους 1.75 μέτρα. Η σύγκριση των μεθόδων των δύο προτύπων έδειξε πως με τη χρήση του ISO 2631-1 επιβεβαιώνεται η ύπαρξη υψηλού κινδύνου τραυματισμού, σε αντίθεση με το ISO 2631-5 όπου η ανησυχία ύπαρξης κινδύνου τραυματισμού είναι μικρότερη.

Ο Martin P.H. Smets [5] πραγματοποίησε μετρήσεις μηχανικών κραδασμών μεταδιδόμενων σε ολόκληρο το σώμα σε οκτώ χωματουργικά φορτηγά υπαίθριων εκμεταλλεύσεων με διαφορετικές χωρητικότητες. Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα στη θέση του οδηγού κατά τη διάρκεια μίας ώρας εργασίας και ήταν σε συμφωνία με τις μεθόδους του ISO 2631-1. Ο άξονας z σημειώθηκε ως ο άξονας με τις μεγαλύτερες καταγεγραμμένες επιταχύνσεις. Έγινε η σύγκριση των αποτελεσμάτων με το ISO 2631-5. Αποδείχθηκε πως ανάλογα με τη μέθοδο αξιολόγησης προκύπτει και διαφορετικό αποτέλεσμα. Οι μέθοδοι του ISO 2631-1 είναι πιο συντηρητικοί στην εκτίμηση της

πιθανότητας κινδύνου της υγείας σε σύγκριση με αυτές του ISO 2631-5. Ακόμη και να ξεπεραστούν τα όρια που καθορίζει το ISO 2631-1, η ανάλυση των μετρήσεων χρησιμοποιώντας τις μεθόδους του ISO 2631-5 μπορεί να μην αποκαλύπτει μεγάλη πιθανότητα δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία.

Ο Ryan P. Blood [7] μελέτησε την ένταση των μηχανικών κραδασμών που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα σε οδηγούς φορτωτών (Front-End Loader) και την επιρροή που έχουν οι αλυσίδες των ελαστικών σε αυτή. Η διαδικασία των μετρήσεων πραγματοποιήθηκε βάσει των οδηγιών που παρέχουν τα ISO 2631-1 και ISO 2631-5. Κατά τη διάρκεια οδήγησης του οχήματος ο άξονας z ήταν αυτός με τις μεγαλύτερες τιμές κραδασμών, ενώ κατά τη διάρκεια φόρτωσης και απόθεσης ο άξονας x ήταν ο επικρατέστερος. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο κίνδυνος έκθεσης σε μηχανικούς κραδασμούς άνω των ορίων που ορίζουν τα δύο πρότυπα, είναι μεγαλύτερος με τη χρήση αλυσίδων, με τις αλυσίδες απλού τύπου να παρουσιάζουν ελαφρώς μεγαλύτερες τιμές κραδασμών από τις αλυσίδες τύπου «αράχνης».

Ο Bibhuti Bhusan Mandal [8] πραγματοποίησε έρευνα σε υπαίθριο ορυχείο στην Ινδία όπου μετρήθηκαν οι τιμές των μηχανικών δονήσεων σε 157 οχήματα με βάση το πρότυπο ISO 2631-1. Η εκτίμηση του κινδύνου αξιολογήθηκε χρησιμοποιώντας τη μέθοδο RMS. Το 27% των οχημάτων (42 οχήματα) αντιπροσωπεύει τον μικρότερο εργασιακό κίνδυνο (κυρίως εκσκαφείς και τροχοφόροι φορτωτές), το 53% (83 οχήματα) αντιπροσωπεύει έναν μέτριο εργασιακό κίνδυνο και το 20% (32 οχήματα) αντιπροσωπεύει τον μεγαλύτερο εργασιακό κίνδυνο και αποτελείται από προωθητές και ανατρεπόμενα οχήματα. Ο άξονας z επικράτησε στα οχήματα υψηλού κινδύνου, ενώ στους εκσκαφείς και τροχοφόρους φορτωτές ο άξονας με τις υψηλότερες τιμές ήταν ο x.

Η Rebecca Wolfgang [10] διερεύνησε τους μηχανικούς κραδασμούς που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα συλλέγοντας 32 μετρήσεις από χωματουργικά φορτηγά υπαίθριων εκμεταλλεύσεων κατά τη διάρκεια κανονικών εργασιακών ωραρίων και συνθηκών. Στα 30 από τα 32 οχήματα παρατηρήθηκαν μετρήσεις που βρίσκονται μέσα στη ζώνη επιτρεπτών τιμών που ορίζει το ISO 2631-1 κατά τη διάρκεια μίας οκτάωρης εργασίας. Τα φορτηγά μεγάλου όγκου παρουσίασαν μικρότερες τιμές έντασης μηχανικών δονήσεων απ' ότι φορτηγά μικρού όγκου. Ο κατακόρυφος άξονας (άξονας z) συσχετίστηκε με τις υψηλότερες τιμές σταθμισμένης επιτάχυνσης. Όταν οι μετρήσεις

λήφθηκαν ενώ τα χωματουργικά φορτηγά διέσχισαν συντηρημένους δρόμους, παρατηρήθηκαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές δόνησης.

Η Xiaojing Zhao [11] αξιολόγησε την έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς ολόκληρου του σώματος σε ελαστικοφόρο φορτωτή κάνοντας χρήση των προτύπων ISO 2631-1 και ISO 2631-5. Για να είναι αντιπροσωπευτικές οι μετρήσεις, δημιουργήθηκαν 7 σενάρια κατά τα οποία ο οδηγός διασχίζει διαφορετικές συνθήκες εδάφους με διαφορετικές ταχύτητες. Το αποτέλεσμα της αξιολόγησης έδειξε ότι με τη χρήση της μεθόδου VDV, στα έξι από τα επτά σενάρια η επιτρεπτή ημερήσια διάρκεια έκθεσης δεν ξεπερνούσε τις 8 ώρες. Παρατηρήθηκε πως σε χαμηλές ταχύτητες οχήματος η μέγιστη επιτρεπτή ημερήσια έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς είναι χαμηλότερη με βάση το ISO 2631-1 σε σχέση με το ISO 2631-5, ενώ σε υψηλές ταχύτητες ισχύει το αντίθετο.

Ο D.K. Chaudhary [12] μελέτησε τους μηχανικούς κραδασμούς ολόκληρου του σώματος κατά τη διάρκεια χρήσης ερπυστριοφόρου διατρητικού οχήματος με βάση τις οδηγίες του ISO 2631-1. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο άξονας z ήταν ο επικρατέστερος σε σύγκριση με τους άξονες x και y και για τις δύο μεθόδους που προτείνει το πρότυπο (RMS και VDV). Με τη μέθοδο RMS, μόλις το 3,6% των οδηγών δεν ξεπέρασαν το ανώτατο επιτρεπτό όριο έκθεσης σε μηχανικούς κραδασμούς, ενώ με τη μέθοδο VDV όλοι οι οδηγοί βρίσκονταν άνω του επιτρεπτού ορίου έκθεσης.

Ο D.K. Chaudhary [13] πραγματοποίησε μια παρόμοια έρευνα με την παραπάνω της οποίας το αντικείμενο μελέτης ήταν επίσης η ένταση των μηχανικών κραδασμών που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα από ερπυστριοφόρο διατρητικό όχημα αλλά και η συσχέτισή της με τα χαρακτηριστικά του εδάφους, του οχήματος και των οδηγών. Η λήψη μετρήσεων μηχανικών δονήσεων συνοδεύτηκε με μετρήσεις σκληρότητας του πετρώματος, αντοχής σε μονοαξονική θλίψη, πυκνότητας, όπως επίσης χαρακτηριστικά του κάθε εργαζομένου (ηλικία, βάρος, κ.λπ.) και χαρακτηριστικά των οχημάτων (κατασκευαστής του οχήματος, ύψος θέσης καθίσματος, κ.λπ.). Ανεξάρτητα από τους παράγοντες που σχετίζονται με τον εργαζόμενο, το όχημα και το έδαφος, η ένταση των μηχανικών δονήσεων ήταν υψηλότερη στον κατακόρυφο άξονα παρά στους οριζόντιους άξονες. Προέκυψε πως οι οδηγοί των ερπυστριοφόρων διατρητικών οχημάτων εκθέτουν τον εαυτό τους σε τιμές κραδασμών υψηλότερες από αυτές που ορίζει το πρότυπο ISO 2631-1. Η έκθεση σε μηχανικές δονήσεις σχετίζεται κατά κύριο λόγο με τις

κατασκευαστικές ατέλειες του οχήματος και με τη φύση του εδάφους και λιγότερο με την εμπειρία, την ηλικία και το ύψος του οδηγού.

Ο Robin Burgess [14] σύγκρινε μετρήσεις μεγάλης χρονικής διάρκειας (μέσο όρο 340 λεπτά) μηχανικών δονήσεων μεταδιδόμενων σε ολόκληρο το σώμα σε οχήματα βαρέως εξοπλισμού με παλαιότερες μετρήσεις μικρότερης διάρκειας. Η χρήση των προωθητών ήταν αυτή με τις υψηλότερες τιμές μηχανικών κραδασμών, με αρκετές τιμές να είναι πάνω από τα όρια που καθορίζει το πρότυπο ISO 2631-1. Ο άξονας z ήταν ο επικρατέστερος σε όλα τα προς μέτρηση οχήματα με εξαίρεση τους εκσκαφείς. Η σύγκριση έδειξε μεγάλες διαφορές στα αποτελέσματα και επιβεβαιώθηκε η αξιοπιστία των μετρήσεων υψηλής χρονικής διάρκειας έναντι μετρήσεων χαμηλότερης χρονικής διάρκειας.

Η Luz S. Marin [15] εξέτασε και αξιολόγησε τις μηχανικές δονήσεις ολόκληρου του σώματος σε πέντε διαφορετικά είδη οχημάτων βαρέως εξοπλισμού κατά τη διάρκεια εργασίας, με οδηγό το πρότυπο ISO 2631-1. Παρατηρήθηκε μεγάλη συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας των οχημάτων και του άξονα που επικρατεί. Πιο συγκεκριμένα, στις χαμηλότερες ταχύτητες ($< 3 \text{ km/h}$) ο άξονας x υπήρξε αυτός με τις υψηλότερες τιμές έντασης κραδασμών. Ακολουθεί ο άξονας y του οποίου οι τιμές κορυφώνονται σε ταχύτητες ανάμεσα στα 6 km/h έως 12 km/h . Τέλος, ο κατακόρυφος άξονας z είναι ο επικρατέστερος σε ταχύτητες μεγαλύτερες από 12 km/h .

Ο Emkani M. [17] αξιολόγησε την ένταση των μηχανικών δονήσεων σε έναν μεγάλο αριθμό οχημάτων βαρέως εξοπλισμού υπαίθριων εκμεταλλεύσεων και μελέτησε τη συσχέτισή τους με τις μυοσκελετικές διαταραχές των άνω άκρων των οδηγών. Οι υψηλότερες τιμές μέσης σταθμισμένης επιτάχυνσης βρέθηκαν στους ισοπεδωτές ($2,179 \text{ m/s}^2$) και οι χαμηλότερες στα διατρητικά οχήματα ($0,479 \text{ m/s}^2$). Βρέθηκε πως τα μυοσκελετικά προβλήματα, κυρίως σε λαιμό και ωμούς, έχουν άμεση συσχέτιση με τις υψηλές τιμές μηχανικών κραδασμών. Παράγοντες όπως η ηλικία, η εργασιακή εμπειρία, το ύψος, το βάρος και οι συνήθειες άσκησης και καπνίσματος φέρουν και αυτά ένα ισχυρό ποσοστό ευθύνης σε μυοσκελετικές διαταραχές του λαιμού, του χεριού και του αγκώνα.

Ο B.O. Akinnulli [20] μελέτησε τους μηχανικούς κραδασμούς που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα στους οποίους εκτίθενται οι οδηγοί των χωματουργικών οχημάτων στον τομέα των κατασκευαστικών έργων. Έγινε χρήση του προτύπου ISO 2631-1 και της

Ευρωπαϊκής Οδηγίας 22/44/EK για τη μέτρηση και την αξιολόγηση των μετρήσεων. Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα στη θέση καθίσματος του οδηγού αλλά και στο πάτωμα της καμπίνας. Η μελέτη αποκάλυψε πως οι οδηγοί εκτίθενται σε τιμές κραδασμών μεγαλύτερες των ορίων που ορίζει η νομοθεσία. Ο κατακόρυφος άξονας z βρέθηκε να έχει τις μεγαλύτερες κορυφοτιμές σε σχέση με τους x και y, λόγω της φύσης του εδάφους.

Η Danellie Lynas [21] πραγματοποίησε έρευνα πάνω στις μηχανικές δονήσεις που υφίστανται οι εργαζόμενοι σε ολόκληρο το σώμα σε υπόγειες εκμεταλλεύσεις, κατά τη διάρκεια ενός ολόκληρου οκταώρου εργασίας. Τα οχήματα που συμπεριλήφθηκαν στις μετρήσεις επιτάχυνσης που λήφθηκαν ήταν οχήματα μεταφοράς (142), οχήματα μεταφοράς προσωπικού (24) και οχήματα φόρτωσης-μεταφοράς-απόρριψης (22). Όλες οι μετρήσεις έκθεσης σε κραδασμούς συγκρίθηκαν με τα όρια που καθορίζει το πρότυπο ISO 2631-1. Ο άξονας z ήταν αυτός με τις μεγαλύτερες τιμές επιτάχυνσης, ενώ με τη μέθοδο VDV ο άξονας z υπερέβαινε τα όρια του προτύπου ISO 2631-1 σχεδόν για όλες τις μετρήσεις. Το όχημα με τον υψηλότερο δείκτη κινδύνου παρατηρήθηκε να είναι το όχημα μεταφοράς. Συμπερασματικά, η μείωση της έντασης των κραδασμών επετεύχθη με την ελάττωση της ταχύτητας των οχημάτων, τη συντήρηση των δρόμων στους οποίους κινούνται και στην αλλαγή των θέσεων οδηγού στα οχήματα μεταφοράς μεγάλου μήκους.

Ο Vivekanand Kumar [25] ερεύνησε την ένταση των μηχανικών δονήσεων που προέρχονται από τη χρήση ανατρεπόμενων οχημάτων κατά τη διάρκεια της εργασίας και σύγκρινε τα αποτελέσματα με ομάδα εργαζομένων των οποίων η εργασία δεν συμπεριλάμβανε οδήγηση, με τη βοήθεια του προτύπου ISO 2631-1. Σύμφωνα με το ερωτηματολόγιο που δόθηκε και στις δύο ομάδες παρατηρήθηκε πως η αίσθηση του πόνου στο κάτω μέρος της πλάτης ήταν πολύ μεγαλύτερη και συχνότερη στην ομάδα των οδηγών. Πιο συγκεκριμένα, το 38,2% των οδηγών εκτίθενται σε κίνδυνο υγείας αφού η έκθεση ξεπερνάει τα όρια του προτύπου ISO 2631-1, ενώ το υπόλοιπο 61,8% βρίσκεται ανάμεσα στα όρια, το οποίο και προϋποθέτει πιθανότητα κινδύνου.

Ο Dhanjee Kumar Chaudhary [26] σύγκρινε τον κίνδυνο που διατρέχει μια ομάδα οδηγών ανατρεπόμενων οχημάτων με ομάδα χειριστών διατρητικών φορείων και ελαστιχοφόρων φορτωτών. Σκοπός ήταν να ερευνηθεί αν ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται στη μεταφορά είναι επιβλαβέστερος. Οι μετρήσεις μηχανικών δονήσεων ολόκληρου του σώματος έγιναν με βάση τα πρότυπα ISO 2631-1 και ISO 2631-5 και στη

συνέχεια απαντήθηκε σχετικό ερωτηματολόγιο από τους συμμετέχοντες. Σύμφωνα με τις απαντήσεις από το ερωτηματολόγιο, ο κίνδυνος τραυματισμού στο κάτω μέρος της πλάτης είναι σχεδόν τέσσερις φορές μεγαλύτερος στους οδηγούς των ανατρεπόμενων οχημάτων απ' ό,τι στους χειριστές διατρητικών και φορτωτών και η ημερήσια τιμή δόσης κραδασμών είναι σχεδόν τρεις φορές μεγαλύτερη.

Ο Makoto Futatsuka [2] εξέτασε τους μηχανικούς κραδασμούς στο σύστημα χειρός-βραχίονα σε 102 εργάτες λατομείου στοχεύοντας στη διευκρίνιση του κινδύνου έκθεσης σε κραδασμούς, της εμφάνισης του λευκού δαχτύλου που προκαλείται από κραδασμούς αλλά και των χαρακτηριστικών του συνδρόμου δόνησης χεριού-βραχίονα. Οι συμμετέχοντες χωρίστηκαν σε 73 χειριστές διατρητικών εργαλείων χειρός και 29 χειριστές διαφορετικών εργαλείων χειρός. Αφού πραγματοποιήθηκε η λήψη μετρήσεων, με βάση το πρότυπο ISO 5349, το 67,6% των χειριστών των διατρητικών εργαλείων δήλωσε υπαισθησία στα δάχτυλα ενώ μόλις το 3,8% των υπόλοιπων συμμετεχόντων δήλωσε το ίδιο. Αντίστοιχα, η πλειοψηφία των ανθρώπων που δήλωσαν την ύπαρξη αδυναμίας στα χέρια αλλά και μείωση της θερμοκρασίας τους, ανήκαν στην ομάδα των χειριστών διατρητικών εργαλείων. Δεν παρατηρήθηκαν σαφείς ενδείξεις για την εμφάνιση λευκού δαχτύλου.

Ο David J. Edwards [3] μελέτησε τους μηχανικούς κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός βραχίονα σε ένα πλήθος κατασκευαστικών εργαλείων χειρός ώστε να εξερευνήσει τα χαρακτηριστικά τους. Η λήψη μετρήσεων έγινε με βάση τις οδηγίες των προτύπων ISO 5349-1 και ISO 5349-2 και στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε σύγκριση των μετρήσεων με τις τιμές μηχανικών κραδασμών που παρείχαν οι κατασκευαστές των οργάνων, σύμφωνα με το πρότυπο ISO 8662 το οποίο εστιάζει στις μετρήσεις κραδασμών σε ελεγχόμενο περιβάλλον. Η σύγκριση έδειξε πως οι τιμές που δίνουν οι κατασκευαστές του εξοπλισμού είναι μικρότερες από τις πραγματικές που μετρήθηκαν. Παρατηρήθηκαν επίσης σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις επιτάχυνσης που μετρήθηκαν από το ίδιο όργανο αλλά από διαφορετικούς χειριστές, όπου επιβεβαιώνεται η σημασία της διαδικασίας μέτρησης στην εκτίμηση των επιπέδων των μηχανικών κραδασμών.

Ο Ting Anselm Su [6] πραγματοποίησε έρευνα κατά την οποία μετρήθηκαν οι μηχανικοί κραδασμοί στο σύστημα χειρός-βραχίονα που προέρχονταν από θραυστήρες σκυροδέματος, κρουστικά τρυπάνια σκυροδέματος και μύλους. Το πρότυπο ISO 5349-2

ήταν ο οδηγός για την υλοποίηση της λήψης των μετρήσεων. Το επιβλαβέστερο από τα τρία μηχανήματα, με βάση τις μετρήσεις, ήταν ο θραυστήρας σκυροδέματος. Εντοπίστηκαν συμπτώματα, όπως μούδιασμα των δαχτύλων, χαμηλή θερμοκρασία δαχτύλων, μυοσκελετικά προβλήματα στην περιοχή του λαιμού και μη φυσιολογική αίσθηση της αφής. Η μελέτη επιβεβαίωσε την ύπαρξη συμπτωμάτων που υποδηλώνουν την ύπαρξη του συνδρόμου δόνησης χεριού-βραχίονα.

Ο Momir Prašćenić [9] αξιολόγησε τους μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χειρός-βραχίονα σε ορυχείο που βρίσκεται στη δυτική Σερβία. Η μελέτη συμπεριέλαβε όλα τα εργαλεία χειρός που χρησιμοποιήθηκαν, αλλά παρουσιάζει μόνο τα αποτελέσματα δύο αερόσφυρων διαφορετικού τύπου. Το πρώτο χρησιμοποιήθηκε για διάτρηση οπών στον κατακόρυφο άξονα, ενώ το δεύτερο για διάτρηση οπών οριζόντια. Συμπεραίνεται πως τα επίπεδα δονήσεων που μετρήθηκαν κατά τη διάτρηση ξεπερνούν τα όρια ανάληψης δράσης και δεν μπορούν να θεωρηθούν ασφαλή.

Ο Xiangrong Xu [16] εξέτασε τα συμπτώματα των εργαζομένων που προήλθαν από έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χειρός-βραχίονα σε ανθρακωρυχείο στη βόρεια Κίνα. Αρχικά, οι 167 συμμετέχοντες απάντησαν σε ερωτηματολόγιο που αφορούσε το ιατρικό παρελθόν τους και τις καθημερινές συνήθειές τους. Για τη λήψη μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν τρία, ίδιου τύπου, κρουστικά τρυπάνια. Παρατηρήθηκαν αρκετά συμπτώματα, όπως μούδιασμα δαχτύλων, πόνος στα χέρια, απώλεια μνήμης, ζάλη και πονοκέφαλος στους συμμετέχοντες που εργάζονται τα περισσότερα χρόνια στο ανθρακωρυχείο (περισσότερα από 3 χρόνια) αλλά και στους συμμετέχοντες που πίνουν αλκοόλ τακτικά.

Η Subashi De Silva [22] ανέλυσε τους κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός-βραχίονα σε χειριστές σφυριών σμίλευσης (χειρός) και ερεύνησε την αποτελεσματικότητα που έχουν κάποια είδη γαντιών στη μείωση της έκθεσης σε αυτές τις δονήσεις. Οι μετρήσεις λήφθηκαν σε τέσσερις διαφορετικές συνθήκες (χωρίς γάντια, με γάντια εργασίας, με ενισχυμένα γάντια εργασίας και με αντικραδασμικά γάντια). Όλα τα συμπεράσματα προήλθαν από τη σύγκριση των μετρήσεων με τα όρια που καθορίζει το ISO 5943-1. Σχεδόν σε όλους τους χειριστές, η ένταση των κραδασμών ξεπερνούσε τα επιτρεπτά όρια ανάληψης δράσης. Τα πιο αποτελεσματικά γάντια βρέθηκαν να είναι τα αντικραδασμικά αφού παρατηρήθηκε μείωση στην ένταση των κραδασμών κατά 40%. Ακολουθούν τα ενισχυμένα γάντια εργασίας και τέλος τα κανονικά γάντια εργασίας.

Η Jonisha Pollard [18] μελέτησε την επιρροή που έχει η έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς κατά τη διάρκεια χρήσης χωματουργικών αυτοκινήτων στην αίσθηση της αφής, στη δύναμη λαβής και στην ισορροπία του εκτιθέμενου. Οι μετρήσεις των μηχανικών κραδασμών ολόκληρου του σώματος ξεπερνούν τα όρια που ορίζει η νομοθεσία κατά ένα πολύ μικρό ποσοστό, ενώ οι μετρήσεις των μηχανικών κραδασμών του συστήματος χειρός-βραχίονα δεν ξεπέρασαν τις καθορισμένες τιμές του προτύπου ISO 5349-1. Από τη συγκεκριμένη έρευνα δεν προσδιορίστηκε κάποια βραχυπρόθεσμη επίπτωση στην ισορροπία, τη δύναμη λαβής ή την αίσθηση αφής που να σχετίζεται με κάποιο από τα δύο είδη των μηχανικών κραδασμών.

Ο Alan G. Mayton [19] ερεύνησε τις εκθέσεις μηχανικών κραδασμών στο σύστημα χειρός-βραχίονα και σε ολόκληρο το σώμα σε οδηγούς χωματουργικών αυτοκινήτων κατά τη διάρκεια των εργασιών φόρτωσης, απόρριψης και μεταφοράς (με και χωρίς φορτίο). Οι μετρήσεις σταθμισμένης επιτάχυνσης και τιμής δόσης κραδασμών βρέθηκαν, ως επί το πλείστον, να είναι κάτω από την τιμή ανάλιψης δράσης που ορίζει η Ευρωπαϊκή Οδηγία 22/44/EK. Καταγράφηκαν περιπτώσεις όπου υπήρξε υπέρβαση της οριακής τιμής έκθεσης κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό (κοντά στο 500%) στον άξονα x. Αυτά τα υπερβολικά επίπεδα κραδασμών σημειώθηκαν κατά τη διάρκεια που το όχημα όντας άδειο κατευθυνόταν στην περιοχή φόρτωσης, κινούμενο σε βρεγμένο δρόμο. Τα υψηλότερα επίπεδα έντασης κραδασμών παρατηρήθηκαν όταν τα χωματουργικά αυτοκίνητα κινούνταν άδεια, ενώ τα χαμηλότερα επίπεδα παρατηρήθηκαν κατά τη διάρκεια της φόρτωσης και της απόρριψης. Επιβεβαιώνεται πως οι κραδασμοί μεταδιδόμενοι στο σύστημα χειρός-βραχίονα δεν αποτελούν κίνδυνο για τους οδηγούς χωματουργικών οχημάτων.

Η Geraldine S. Newell [27] ερεύνησε την επίδραση που έχει η στάση σώματος καθήμενου εργαζομένου, αλλά και η ύπαρξη υποστήριξης χειρών, στην ένταση των μηχανικών κραδασμών. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε με 21 συμμετέχοντες και περιλάμβανε τέσσερις διαφορετικές συνθήκες για το σώμα (στάση σώματος ορθή ή γυρισμένη προς τα πλάγια και με ή χωρίς την ύπαρξη υποστήριξης χειρών). Η στάση σώματος, σε συνδυασμό με την έκθεση σε κραδασμούς ολόκληρου του σώματος, είχαν σημαντική επίδραση στην ικανότητα εκτέλεσης της εργασίας. Υπήρξε μείωση του χρόνου αντίδρασης στις κινήσεις αλλά και αύξηση της αίσθησης της κόπωσης των εργαζομένων. Ο πιο επιβλαβής συνδυασμός ήταν η γυρισμένη προς τα πλάγια στάση σώματος, δίχως την ύπαρξη στήριξης χειρών. Η εφαρμογή υποστήριξης χειρών βελτίωσε

σημαντικά την ικανότητα των συμμετεχόντων να ολοκληρώσουν την εργασία χωρίς να ξοδεύουν παραπάνω ενέργεια απ' όση χρειάζεται.

Ο Bazil Basri [29] μελέτησε την ενόχληση που προκύπτει από μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα όντας καθήμενος σε άκαμπτο κάθισμα με διαφορετικές κλίσεις στην πλάτη καθίσματος (χωρίς πλάτη, πλάτη με κλίση 0°, 30°, 60°, 90°) με τη βοήθεια του προτύπου ISO 2631-1. Σε αυτές τις πέντε στάσεις σώματος, δώδεκα συμμετέχοντες κρίνανε τον βαθμό ενόχλησης ενώ εκτέθηκαν σε μηχανικούς κραδασμούς ολόκληρου του σώματος σε συχνότητες από 1-20 Hz. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η ενόχληση εξαρτάται, κατά ένα μεγάλο βαθμό, από τη συχνότητα των κραδασμών, την ύπαρξη της πλάτης καθίσματος και την κλίση της πλάτης καθίσματος. Σε συχνότητες μεγαλύτερες από 8 Hz, η ύπαρξη πλάτης καθίσματος αύξησε την ενόχληση στο σώμα, ειδικά στις κλίσεις 30°, 60° και 90° και υπήρχε έντονη ενόχληση στο κεφάλι και στον λαιμό. Σε συχνότητες ανάμεσα στα 5 και 6,3 Hz παρατηρήθηκε μικρότερη δυσφορία όταν η πλάτη καθίσματος είναι κεκλιμένη.

Ο Xiaolu Zhang [32] πραγματοποίησε μελέτη που αφορά τις επιπτώσεις του αφρολέξ στα μαξιλάρια της θέσης καθίσματος κατά την έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς ολόκληρου του σώματος. Μετρήθηκε δηλαδή, η ένταση των μηχανικών δονήσεων που μεταδίδονται μέσω του μαξιλαριού της θέσης καθίσματος και της πλάτης καθίσματος στο άτομο. Χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά πάχη μαξιλαριού (60, 80 και 100 mm), ενώ οι συμμετέχοντες στο πείραμα ήταν δώδεκα άτομα (6 γυναίκες και 6 άντρες). Συμπεραίνεται πως, συγκριτικά με μια άκαμπτη πλάτη καθίσματος, η πλάτη καθίσματος από αφρολέξ δεν επηρεάζει τη μεταδοτικότητα ούτε στον κάθετο, ούτε στον οριζόντιο άξονα. Επίσης, συμπεραίνεται πως μία άκαμπτη θέση καθίσματος αυξάνει τις συχνότητες διέγερσης τόσο στον κατακόρυφο όσο και στον οριζόντιο άξονα, συγκριτικά με μια θέση καθίσματος με μαξιλάρι από αφρολέξ.

Ο Amzar Azizan [34] διερεύνησε την επιρροή που έχουν οι μηχανικές δονήσεις στην υπνηλία του οδηγού. Για το πείραμα αυτό επιλέχθηκαν 20 άντρες εθελοντικά. Μετρήθηκε το ποσοστό της υπνηλίας σε προσομοιωτή οδήγησης, πριν και μετά από 30 λεπτά έκθεσης σε μηχανικούς κραδασμούς ολόκληρου του σώματος. Χρησιμοποιήθηκαν τυχαίες εντάσεις δονήσεων με εύρος συχνότητας από 1-15 Hz. Οι εθελοντές έπρεπε να τηρούν ένα όριο ταχύτητας της τάξης των 100 km/h και να διατηρούν σταθερή θέση στην αριστερή λωρίδα. Βαθμολογούσαν την αίσθηση της υπνηλίας κάθε πέντε λεπτά

χρησιμοποιώντας την κλίμακα Karolina Sleepiness Scale (KSS). Μετά τα 30 λεπτά έκθεσης σε κραδασμούς, παρατηρήθηκε αύξηση της απόκλισης από την αριστερή λωρίδα αλλά και αύξηση της βαθμολογίας της κλίμακας Karolina Sleepiness.

Η Maria Lúcia Machado Duarte [37] μελέτησε το παράρτημα C του προτύπου ISO 2631-1 το οποίο αναφέρει πως δεν υπάρχουν οριστικά πειστήρια που να υποστηρίζουν πως υπάρχει χρονική εξάρτηση μεταξύ των δονήσεων και της αίσθησης της άνεσης. Όπως αναφέρει η ίδια, θα έπρεπε να αναμένεται πως η ενέργεια δόνησης θα προκαλούσε παρόμοια (αν όχι ίδια) αποτελέσματα στην υγεία και στην άνεση. Προκειμένου να επαληθευτεί αυτή η υπόθεση, επιλέχθηκαν δυο τιμές σταθμισμένης επιτάχυνσης, μετρημένες σύμφωνα με τις οδηγίες του προτύπου ISO 2631-1, λαμβάνοντας υπόψη τέσσερις διαφορετικές χρονικές διάρκειες έκθεσης σε μηχανικούς κραδασμούς. Για τη διευκόλυνση της σύγκρισης, η ίδια τιμή συχνότητας εφαρμόστηκε και για τις τέσσερις χρονικές διάρκειες έκθεσης. Το συμπέρασμα είναι πως οι μεταβλητές όπως η χρονική διάρκεια έκθεσης, η τιμή δόσης δονήσεων, κ.λπ. έχουν διαφορετικές επιρροές ανάλογα με τις άλλες εμπλεκόμενες παραμέτρους, όπως η στάση σώματος, το ιατρικό ιστορικό του εκτιθέμενου, κ.ά.

Η Kiana Kia [38] είχε ως στόχο, χρησιμοποιώντας καθιερωμένους βιολογικούς δείκτες, να ποσοτικοποιήσει τις συνέπειες που αφορούν το σώμα του εκτιθέμενου σε κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα. Επιλέχθηκαν μετρήσεις πεδίου οι οποίες παράχθηκαν από προσομοιωτή κραδασμών ώστε τα αποτελέσματα να είναι όσο το δυνατό πιο ρεαλιστικά. Χρησιμοποιήθηκε δόνηση με κυρίαρχη επιτάχυνση αυτή στον κατακόρυφο άξονα, όπως μετρήθηκε από χωματουργικό αυτοκίνητο ορυχείων, δόνηση με επιτάχυνση ίση στους τρεις άξονες, όπως μετρήθηκε σε βαρέα οχήματα και τέλος επιλέχθηκε και λειτουργία του προσομοιωτή χωρίς δονήσεις για σύγκριση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η 4ωρη έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς ολόκληρου του σώματος δεν καθίσταται αρκετή για να προκαλέσει βλάβη των σκελετικών μυών, φλεγμονή ή αύξηση αρτηριακής πίεσης που να είναι μετρήσιμη. Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν πως οι γνωστές σωματικές παθήσεις και τραυματισμοί που υφίσταται ο εκτιθέμενος, πιθανότατα προκύπτουν σε βάθος χρόνου μετά από συνεχείς εκθέσεις σε κραδασμούς.

Ο Naser Nawayseh [39] αξιολόγησε τη μετάδοση των μηχανικών κραδασμών ολόκληρου του σώματος στους οριζόντιους άξονες (x, y) στο κεφάλι και στη μέση.

Δεκαέξι συμμετέχοντες εκτέθηκαν σε κραδασμούς οριζοντίου άξονα με μεγέθη από 0,311-2,426 m/s² και εύρος συχνοτήτων από 2-6 Hz. Μετρήθηκαν οι επιταχύνσεις λόγω των κραδασμών κατά τους άξονες x, y και z στο κεφάλι και σε τρία σημεία της θωρακικής σπονδυλικής στήλης (πρώτος, όγδοος και δωδέκατος θωρακικός σπόνδυλος). Οι κορυφοτιμές παρατηρήθηκαν κοντά στα 2-2,4 Hz σε όλα τα σημεία μέτρησης. Οι μεγαλύτερες κορυφοτιμές της επιτάχυνσης μετρήθηκαν στο κεφάλι. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας είναι χρήσιμα στην ανάπτυξη μοντέλων που βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση της ανταπόκρισης του σώματος στους μηχανικούς κραδασμούς.

Ο Jang-Ho Park [40] ερεύνησε τις επιδράσεις που έχει η έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς ολόκληρου του σώματος κατά τη λειτουργία κινητού εξοπλισμού ορυχείων, στην ισορροπία του εκτιθέμενου. Σε είκοσι συμμετέχοντες πραγματοποιήθηκαν τεστ αξιολόγησης της σταθερότητας στη στάση του σώματός τους πριν και μετά από 4 ώρες έκθεσης σε κραδασμούς ολόκληρου του σώματος σε τέσσερις διαφορετικές πειραματικές συνθήκες. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η έκθεση σε μηχανικές δονήσεις ολόκληρου του σώματος έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ισορροπία των εκτιθέμενων. Επιβεβαιώνει επίσης, τον αυξημένο αριθμό ατυχημάτων κατά την έξοδο από βαρέα οχήματα μετά τη χρήση τους για αρκετή ώρα.

Ο Ignacio Ainsa [28] επιχείρησε να διερευνήσει ποιοι παράγοντες προκαλούν αβεβαιότητα στην αξιολόγηση των μηχανικών κραδασμών του συστήματος χειρός-βραχίονα και κατά πόσο συμβάλουν στη συνολική αβεβαιότητα των μετρήσεων. Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν πειράματα προκειμένου να αξιολογηθούν οι παράγοντες που σχετίζονται με τα όργανα και τις μεθόδους στερέωσης των επιταχυνσιομέτρων. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν με λαβές που ανήκουν σε πραγματικά μηχανικά εργαλεία ενώ τα κρατούσε χειριστής. Τα αποτελέσματα δείχνουν πως η μέθοδος στερέωσης και ο τρόπος λειτουργίας του επιταχυνσιόμετρου αποτελούν τις δύο κύριες πηγές αβεβαιότητας. Η διαφορετική δύναμη λαβής είχε μικρότερη επιρροή από την αναμενόμενη.

Ο Ren G. Dong [30] μελέτησε την απόδοση της αποτελεσματικότητας των αντικραδασμικών γαντιών στη μείωση της έντασης των μηχανικών κραδασμών που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός-βραχίονα. Εξετάστηκαν τέσσερα γάντια μείωσης κραδασμών, δύο από τα οποία μπορούν να χαρακτηριστούν ως αντικραδασμικά, σύμφωνα με το πρότυπο δοκιμής αντικραδασμικών γαντιών (ISO 10819). Οι

αξιολογήσεις της απόδοσης των γαντιών βασίστηκαν στην ποσοστιαία μείωση της σταθμισμένης κατά συχνότητα επιτάχυνσης. Οι εκτιμήσεις δείχνουν πως τα γάντια μείωσης κραδασμών θα μπορούσαν να μειώσουν κατά ένα μικρό ποσοστό (<5%) ή/και να ενισχύσουν οριακά (<10%) την ένταση των κραδασμών που δημιουργείται από χαμηλές συχνότητες (<25 Hz). Τα δυο αντικραδασμικά γάντια που δοκιμάστηκαν δεν ήταν πιο αποτελεσματικά από τα υπόλοιπα.

Ο Daniel E. Welcome [33] είχε ως στόχο να βελτιώσει την κατανόηση της μετάδοσης μηχανικών κραδασμών στο σύστημα χειρός-βραχίονα και στους τρεις άξονες (x, y, z). Στο πείραμα συμμετείχαν επτά ενήλικες άντρες. Η μελέτη επιβεβαίωσε πως το σημείο επαφής του χεριού με την πηγή των κραδασμών αποτελεί το σημείο με την υψηλότερη ένταση κραδασμών. Δηλαδή, όσο αυξάνεται η απόσταση από την πηγή τόσο μειώνεται η ενέργεια των μηχανικών κραδασμών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, το μέγεθος των δονήσεων στις φάλαγγες των δαχτύλων και στα μετακάρπια (πέντε οστά που συνθέτουν το μεσαίο τμήμα του χεριού) βρέθηκε να έχει την μικρότερη τιμή στον άξονα z, ενώ στον άξονα y την υψηλότερη. Οι τιμές του άξονα x κυμαίνονταν σε φυσιολογικές τιμές. Συμπεραίνεται επίσης πως το μέγεθος και η ευκολία της μεταφοράς των μηχανικών δονήσεων εξαρτάται κατά ένα μεγάλο βαθμό από τη θέση του επιταχυνσιομέτρου αλλά και από την κατεύθυνση της δόνησης.

Ο Almaky Almagirby [35], στοχεύει στην ανάπτυξη μιας νέας μεθόδου μέτρησης και αξιολόγησης της μεταδοτικότητας των μηχανικών κραδασμών στα δάχτυλα που βρίσκονται σε επαφή με διαφορετικά υλικά, ενώ μετράται και ελέγχεται η δύναμη λαβής. Έγινε εισαγωγή μιας νέας συσκευής για τη μέτρηση των κραδασμών στα δάχτυλα και οι δοκιμές έδειξαν ότι είναι κατάλληλη για πειράματα σε συχνότητες μεταξύ 20-400 Hz. Χρησιμοποιήθηκαν τρία είδη γαντιών για τη δοκιμή της νέας αυτής μεθόδου. Η απόσβεση της έντασης των κραδασμών ήταν μηδαμινή σε συχνότητες κάτω των 150 Hz για οποιοδήποτε είδος γαντιού. Τα αντικραδασμικά γάντια είναι αποτελεσματικά στη μείωση της έντασης των μηχανικών δονήσεων σε συχνότητες μεγαλύτερες των 250 Hz. Αποδείχθηκε, σε σύγκριση με άλλες μελέτες παρόμοιου τύπου, πως τα αντικραδασμικά γάντια είναι λιγότερο αποτελεσματικά στην προστασία των δαχτύλων απ' ότι στην προστασία της παλάμης.

Ο Karim Hamouda [36] διεξήγαγε έρευνα για τη βελτίωση της κατανόησης των ιδιοτήτων μετάδοσης των μηχανικών κραδασμών στα δάχτυλα. Έγινε χρήση τεσσάρων

τύπων αντικραδασμικών γαντιών (τεχνολογία αέρος, υβριδικά, δερμάτινα και με τζελ) και στο πείραμα συμμετείχαν τέσσερεις άντρες. Τα γάντια με τεχνολογία αέρος περιβάλλουν την παλάμη και τα δάχτυλα με μικρές φυσαλίδες αέρα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μονάχα τα γάντια με τεχνολογία αέρος και τα υβριδικά γάντια παρέχουν εξασθένηση των μηχανικών δονήσεων που μεταδίδονται στον δείκτη, ενώ σχεδόν όλα τα γάντια ενισχύουν την ένταση δονήσεων του μεσαίου δαχτύλου. Η εξασθένηση της έντασης των μηχανικών κραδασμών στην παλάμη ήταν εμφανής με τη χρήση αντικραδασμικών γαντιών με τεχνολογία αέρα και υβριδικών αντικραδασμικών γαντιών σε συχνότητες πάνω από 40 Hz. Μονάχα τα υβριδικά γάντια περάσανε τα κριτήρια του προτύπου ISO 10819 και χαρακτηρίστηκαν ως αντικραδασμικά.

Ο A. Lindenmann [41] μελέτησε την επιρροή που έχουν οι ανθρώπινοι παράγοντες, όπως η δύναμη λαβής, η στάση σώματος και η δύναμη που ασκεί ο εργαζόμενος κατά τη χρήση τρυπανιών χειρός και το κατά πόσο ενισχύουν την ένταση των μηχανικών δονήσεων. Στη μελέτη συμμετείχαν 15 επαγγελματίες δοκιμών ηλεκτρικών εργαλείων. Παρατηρήθηκε σημαντική επίδραση της στάσης του σώματος στην τιμή της επιτάχυνσης. Επιπλέον, η δύναμη τροφοδοσίας επηρεάζει αρνητικά την ένταση των μηχανικών κραδασμών αλλά σε μικρότερο βαθμό από τη στάση του σώματος. Επίσης, με βάση τα αποτελέσματα, όσο αυξάνεται η δύναμη λαβής μειώνονται οι τιμές της επιτάχυνσης σε όλους τους άξονες.

Η Xueyan S. Xu [42] ερευνήσε την αποτελεσματικότητα των γαντιών μείωσης κραδασμών και ανέπτυξε μια μέθοδο αξιολόγησης αυτών των γαντιών. Στο πείραμα συμμετείχαν 10 άτομα με καθαρό ιατρικό ιστορικό. Το πείραμα διεξήχθη με τη βοήθεια ενός προσομοιωτή της εργασίας της λείανσης. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ότι τα αντικραδασμικά γάντια μείωσαν σημαντικά τους κραδασμούς στην παλάμη, τον καρπό και τη ράχη του χεριού. Η εργασία της λείανσης και η δύναμη τροφοδοσίας δεν φάνηκε να επηρεάζουν ουσιαστικά την αποτελεσματικότητα των γαντιών μείωσης κραδασμών. Αυτή η μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η χρήση αντικραδασμικών γαντιών μπορεί να βοηθήσει στον έλεγχο της έκθεσης των μηχανικών κραδασμών σε εργαζομένους που εκτελούν την εργασία της λείανσης.

3.2.3 Ανάλυση εργασιών που αναφέρονται στις μελέτες πεδίου

Οι τρεις κατηγορίες στις οποίες κατατάσσονται οι μελέτες που έλαβαν χώρα στο πεδίο είναι:

- μελέτες πεδίου πάνω στους μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα (WBV),
- μελέτες πεδίου πάνω στους μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους στον άξονα χειρός-βραχίονα (HAV) και
- μελέτες πεδίου πάνω και στα δύο είδη μηχανικών κραδασμών (WBV, HAV).

Από τις 26 μελέτες πεδίου, οι 18 αφορούν την ένταση των κραδασμών σε ολόκληρο το σώμα, οι 6 την ένταση των κραδασμών στο σύστημα χειρός-βραχίονα και 2 την ένταση των κραδασμών και στα δύο είδη δονήσεων. Αρχικά αναλύονται οι έρευνες που απασχολήθηκαν με τις μηχανικές δονήσεις σε ολόκληρο το σώμα. Παρακάτω παρουσιάζεται ο Πίνακας 3.4 με τα πρότυπα ISO που χρησιμοποιήθηκαν, τον κλάδο που εστίασαν και το όχημα ή οχήματα στα οποία έγινε η λήψη των μετρήσεων των μηχανικών κραδασμών σε κάθε έρευνα πεδίου που αφορά αποκλειστικά τη μέτρηση των μηχανικών δονήσεων σε ολόκληρο το σώμα. Περιλαμβάνει επίσης τον σκοπό της κάθε μελέτης, τον τρόπο μέτρησης, καθώς και τους επιπρόσθετους παράγοντες στους οποίους εστίασε η κάθε μελέτη.

Πίνακας 3.4: Νομοθεσία, κλάδος, εξοπλισμός, τρόπος μέτρησης, σκοπός και επιπρόσθετοι παράγοντες των μελετών πεδίου που αναλύουν τη μέτρηση των μηχανικών δονήσεων σε ολόκληρο το σώμα.

A/A	Πρότυπα/ Νομοθεσία	Κλάδος	Εξοπλισμός που μελετήθηκε	Όργανο μέτρησης που χρησιμοποιήθηκε	Σκοπός της μελέτης	Εργασιακοί ή άλλοι παράγοντες που διερευνήθηκαν- συσχετίστηκαν
[4]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 2631-1:1997 • ISO 2631-5:2018 	Εξόρυξης	Όχημα Φόρτωσης-Μεταφοράς-Απόρριψης (Load-Haul-Dump Vehicle)	Αισθητήρας καθίσματος με τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Εκτίμηση των κινδύνων υγείας για τους οδηγούς οχημάτων φόρτωσης-μεταφοράς-απόρριψης (LHD) με βάση τα κριτήρια των ISO 2631-1 και ISO 2631-5.	<ul style="list-style-type: none"> • Κάθισμα με ανάρτηση
[5]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 2631-1:1997 • ISO 2631-5:2018 	Εξόρυξης	Χωματοургικό αυτοκίνητο ορυχείων (Haulage truck)	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Μέτρηση κραδασμών μεταδιδόμενων σε ολόκληρο το σώμα στη θέση του οδηγού, μικρού και μεσαίου μεγέθους φορτηγού, χωρητικότητας 30-150 ton, κατά τη διάρκεια κάθε φάσης του εργασιακού κύκλου.	<ul style="list-style-type: none"> • Θερμοκρασία περιβάλλοντος εργασίας • Συνθήκες της επιφάνειας του δρόμου

[7]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 2631-1:1997 • ISO 2631-5:2018 	Εξόρυξης	Φορτωτής (Front-End loader)	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Μέτρηση κραδασμών μεταδιδόμενων σε ολόκληρο το σώμα σε οδηγούς φορτωτών (front-end loader) και αξιολόγηση της επιρροής που έχουν οι τροχοί με ελαστικά με ή χωρίς αλυσίδες.	<ul style="list-style-type: none"> • Κάθισμα με ανάρτηση • Ύψος, βάρος και εμπειρία εργαζομένων
[12]	<ul style="list-style-type: none"> • Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/44/EK • ISO 2631-1:1997 	Εξόρυξης	Ερπυστριοφόρο Διατρητικό όχημα (Blast-hole drill)	Αισθητήρας καθίσματος με τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Αξιολόγηση του κινδύνου των χειριστών διατρητικών οχημάτων που εκτίθενται σε κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα με βάση το ISO 2631-1.	<ul style="list-style-type: none"> • Ηλικία, εμπειρία εργαζομένων
[10]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 2631-1:1997 	Εξόρυξης	Χωματοургικό αυτοκίνητο ορυχείων (Haulage truck)	Αισθητήρας καθίσματος με επιταχυνσιόμετρο	Εξέταση της έκθεσης μηχανικών δονήσεων μεταδιδόμενων σε ολόκληρο το σώμα σε οδηγούς φορτηγών υπαίθριων εκμεταλλεύσεων (haulage truck) κατά τη διάρκεια της εργασίας και αξιολόγηση των κινδύνων της υγείας.	<ul style="list-style-type: none"> • Κατάσταση οδοστρώματος

[14]	• ISO 2631-1:1997	Εξόρυξης	Χωματουργικό αυτοκίνητο ορυχείων (Haul truck), Προωθητής (Dozer), Εκσκαφέας (Excavator), Όχημα διαβροχής δρόμων με νερό (Water truck), Ισοπεδωτής (Grader)	Επιταχυνσιόμετρο της εταιρίας Irod touch	Σύγκριση μετρήσεων από οχήματα χωματουργικού εξοπλισμού κατά τη διάρκεια της εργασίας με μετρήσεις που είχαν ληφθεί από προωθητές και χωματουργικά αυτοκίνητα ορυχείων.	• Χρόνος μέτρησης
[15]	• ISO 2631-1:1997	Εξόρυξης	Προωθητής (Bull dozer), Εκσκαφέας μετωπικού πτύου (Front loader), Ισοπεδωτής (Grader), Αποξεστήρας (Scraper), Όχημα διαβροχής δρόμων με νερό (Water truck), Χωματουργικό αυτοκίνητο ορυχείων 190 τόνων (190 ton Haulage truck)	Αισθητήρας καθίσματος ICP με επιταχυνσιόμετρο	Μέτρηση και χαρακτηρισμός των κραδασμών μεταδιδόμενων σε ολόκληρο το σώμα σε έξι διαφορετικά οχήματα βαρέως εξοπλισμού (Heavy equipment vehicles) και έλεγχος της περίπτωσης υπέρβασης των ορίων ανάληψης δράσης.	• Ταχύτητα του οχήματος
[21]	• ISO 2631-1:1997 • ISO 2631-5:2004	Εξόρυξης	Ανατρεπόμενο (Dumper), Διατρητικό όχημα (Drill vehicle), Φορτωτής (Shovel)	Αισθητήρας καθίσματος με τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Σύγκριση μετρήσεων μεταξύ σταθερού και κινητού εξοπλισμού σε ανθρακωρυχεία και αξιολόγηση της επικινδυνότητας.	• Ηλικία, βάρος , ύψος εργαζομένων • Εμπειρία εργαζομένων • Ιατρικό ιστορικό εργαζομένων

[17]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 2631-1:1997 	Εξόρυξης	Καινούριο φορτηγό υπαίθριων εκμεταλλεύσεων 100 τόνων (New truck 100 ton), Παλιό φορτηγό υπαίθριων εκμεταλλεύσεων 100 τόνων (Old truck 100 ton), τρία φορτηγά υπαίθριων εκμεταλλεύσεων 100, 85, 35 τόνων (Truck 100, 85, 35 ton), Εκσκαφέας (Shovel), Μηχανικός εκσκαφέας (Mechanical digger), Φορτωτής (Loader), Ισοπεδωτής (Grader), Προωθητής (Bulldozer), Διατρητικό όχημα (Drill)	Αισθητήρας κραδασμών ολόκληρου του σώματος μοντέλου SVAN 958	Διερεύνηση των μηχανικών δονήσεων μεταδιδόμενων σε ολόκληρο το σώμα και της σχέσης τους με τις μυοσκελετικές διαταραχές των άνω άκρων σε οδηγούς οχημάτων βαρέως εξοπλισμού (Heavy equipment vehicles).	<ul style="list-style-type: none"> • Ιατρικό ιστορικό του εργαζομένου • Καθημερινές συνήθειες οδηγών (π.χ. κάπνισμα, κατανάλωση αλκοόλ)
[20]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 2631-1:1997 • ISO 2631-5:2004 • Ευρωπαϊκή 	Κατασκευαστικός	Προωθητής (Bulldozer), Εκσκαφέας (Excavator), Φορτωτής (Loader), Ισοπεδωτής (Grader), Δονούμενος οδοστρωτήρας (Vibrating roller), Φορτωτής ανεστραμμένου πτύου (Backhoe loader)	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Μέτρηση και αξιολόγηση της έντασης των κραδασμών που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα σε διαφορετικές συνθήκες επιφάνειας.	<ul style="list-style-type: none"> • Ταχύτητα οχήματος • Ιστορικό συντήρησης οχήματος • Ηλικία οχήματος • Διαφορετικές

	Οδηγία 2002/44/EK					συνθήκες επιφάνειας του εδάφους
[22]	• ISO 2631- 1:1997	Εξόρυξης	Όχημα μεταφοράς με μεγάλο μήκος (Shuttle car), Όχημα μεταφοράς προσωπικού (Personel transport vehicle), Όχημα φόρτωσης- μεταφοράς-απόρριψης (Load-Haul- Dump vehicle)	Επιταχυνσιόμετρο της εταιρίας Ipod touch	Συλλογή δεδομένων από πολλά οχήματα κατά την διάρκεια της εργασίας ώστε να κατανοηθεί η ένταση των κραδασμών μεταδιδόμενων σε ολόκληρο το σώμα στην οποία εκτίθενται οι οδηγοί.	<ul style="list-style-type: none"> • Αλλαγή των παλιών καθισμάτων στο ένα από τα τρία είδη οχημάτων • Μείωση της ταχύτητας του οχήματος • Συντήρηση της επιφάνειας του δρόμου

[24]	<ul style="list-style-type: none"> • Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/44/EK • ISO 2631-1:1997 • ISO 2631-5:2018 	Εξόρυξης	Οχήματα βαρέως εξοπλισμού (Heavy equipment machines)	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Ανάπτυξη μεθοδολογίας που να παρέχει πληροφορίες για τον κίνδυνο δυσμενών επιπτώσεων στην οσφυϊκή μοίρα της σπονδυλικής στήλης για τους οδηγούς οχημάτων βαρέως εξοπλισμού (Heavy equipment vehicles).	<ul style="list-style-type: none"> • Συνθήκες επιφάνειας • Ταχύτητα οχημάτων • Ύψος, βάρος, ηλικία εργαζομένων • Στάση σώματος εργαζομένων
[25]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 2631-1:1997 	Κατασκευαστικός	Παλετοφόρο όχημα (Pallet truck)	Αισθητήρας επιτάχυνσης	<ul style="list-style-type: none"> • Μείωση της έκθεσης σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα στους οδηγούς παλετοφόρων οχημάτων • Ανάπτυξη σχεδίου για την αξιολόγηση της ανομοιομορφίας της τραχύτητας που παρατηρήθηκε κατά την διάρκεια της διαδρομής του παλετοφόρου οχήματος. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ταχύτητα του οχήματος • Συνθήκες επιφάνειας
[11]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 2631-1:1997 • ISO 2631- 	Εξόρυξης	Ελαστιχοφόρος φορτωτής (Wheel loader)	Αισθητήρας καθίσματος με	Μέτρηση και αξιολόγηση των μηχανικών κραδασμών μεταδιδόμενων σε ολόκληρο	<ul style="list-style-type: none"> • Θέση καθίσματος • Βάρος οχήματος

	5:2018 • EN 1032:2003			τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	το σώμα σύμφωνα με τα ISO 2631-1 και ISO 2631-5 και σύγκριση αυτών.	• Εμπειρία, βάρος και ύψος εργαζομένων
[8]	• ISO 2631- 1:1997	Εξόρυξης	Εκσκαφέας (Excavator), Τροχοφόρος φορτωτής (Shovel), Ανατρεπόμενο (Dumper), Ανατρεπόμενο με πρόσθιο άξονα (Tipper), Μπουλντόζα (Dozer), Τροχοφόρο σκαπτικό (Loader)	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο με αισθητήρα καθίσματος	Παρακολούθηση των επιπέδων δόνησης των οχημάτων εξόρυξης κατά τη διάρκεια έκθεσης σε κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα, μελέτη των εργασιακών πρακτικών των οδηγών και πρόβλεψη των κινδύνων υγείας.	
[26]	• ISO 2631- 1:1997	Εξόρυξης	Ανατρεπόμενο (Dumper)	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Εξήγηση μυοσκελετικών πόνων.	• Ηλικία, εμπειρία, βάρος και ύψος εργαζομένων • Ιστορικό μυοσκελετικών πόνων το τελευταίο εξάμηνο των εργαζομένων

[13]	• ISO 2631-1:1997	Εξόρυξης	Διατρητικό φορείο (Drill machine)	Αισθητήρας καθίσματος με τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Αξιολόγηση της έκθεσης σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα.	<ul style="list-style-type: none"> • Ηλικία, ύψος και βάρος εργαζομένων • Χαρακτηριστικά εδάφους
[1]	• ISO 2631-1:1997	Εξόρυξης	Παλιό και καινούριο φορτηγό διαφορετικών χωρητικοτήτων (Old and New Truck)	Αισθητήρας καθίσματος με τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Προσδιορισμός των δονήσεων και των μεγεθών τους και σύγκριση με τα όρια της νομοθεσίας.	<ul style="list-style-type: none"> • Συνθήκες επιφάνειας • Βάρος οχήματος • Ηλικία, ύψος, βάρος, εμπειρία εργαζομένων

Στις 17 από τις 18 μελέτες έγινε η χρήση του προτύπου «ISO 2631-1:1997 Μηχανικοί κραδασμοί – Αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα», είτε αυτόνομα είτε συνδυαστικά με άλλα πρότυπα. Σε 7 από τις 18 μελέτες έγινε συνδυαστική χρήση του προτύπου «ISO 2631-1:1997 Μηχανικοί κραδασμοί – Αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα» με το «ISO 2631-5:2018 Μηχανικοί κραδασμοί – Αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα». Οι έρευνες που έλαβαν υπόψιν τους την «Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/44/EK - Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (κραδασμοί)» είναι τρεις και αυτές σε συνδυασμό με άλλα πρότυπα. Στις 18 αυτές μελέτες πεδίου έγινε λήψη μετρήσεων σε οχήματα, κατά τη διάρκεια της βάρδιας των οδηγών. Οι 16 από τις 18 έρευνες αναλύουν τους μηχανικούς κραδασμούς στον τομέα εξόρυξης σε υπαίθριες εκμεταλλεύσεις και μόλις δύο στον κατασκευαστικό τομέα. Το όχημα που μελετήθηκε τις περισσότερες φορές στις προαναφερόμενες μελέτες είναι το χωματουργικό αυτοκίνητο ορυχείων ή ανατρεπόμενο όχημα (haulage truck ή dumper). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν, σχεδόν σε κάθε έρευνα, με τη χρήση τριαξονικού επιταχυνσιόμετρου (tri-axial accelerometer). Όλες οι αναφερόμενες έρευνες μετρούν τις μηχανικές δονήσεις που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα του εκτιθέμενου. Ωστόσο οι σκοποί τους δεν είναι πάντα ίδιοι. Ο συνηθέστερος σκοπός είναι η ανάλυση των επιπέδων έκθεσης σε μηχανικούς κραδασμούς αλλά και η συλλογή δεδομένων για την πλήρη κατανόηση της έντασης των μεταδιδόμενων κραδασμών. Η κάθε μελέτη βασίζεται στα δεδομένα (μετρήσεις επιτάχυνσης) που συλλέγει για να καταλήξει στα συμπεράσματά της. Η συλλογή δεδομένων όμως δεν είναι ο μόνος παράγοντας που εστιάζουν για εξαχθούν τα συμπεράσματα. Σχεδόν όλες οι επιστημονικές έρευνες χρησιμοποίησαν και άλλους παράγοντες για να εξηγήσουν και να αιτιολογήσουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων όπως η κατάσταση του οδοστρώματος στο οποίο κινείται το όχημα, το ιατρικό ιστορικό των εργαζομένων, κ.ά.

Οι εργασίες που αναλύθηκαν και αφορούν μελέτες πεδίου που εστίασαν στην ένταση των κραδασμών μεταδιδόμενων στο σύστημα χειρός-βραχίονα ανέρχονται σε 6. Το κυριότερο πρότυπο που χρησιμοποιήθηκε είναι το «ISO 5349-2:2001 Μηχανικοί κραδασμοί - Μέτρηση και αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χεριού-βραχίονα» το οποίο περιέχει οδηγίες για τη σωστή

εκτέλεση των μετρήσεων των κραδασμών που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός-βραχίονα. Ακολουθεί το «ISO 5349-1:2001 Μηχανικοί κραδασμοί - Μέτρηση και αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χεριού - βραχίονα». Εμφανίζονται και κάποιες νέες νομοθεσίες οι οποίες δεν έχουν αναφερθεί μέχρι στιγμής και εφαρμόζονται στην εκάστοτε χώρα στην οποία γίνεται η έρευνα, όπως για παράδειγμα η «Serbian Regulation» (M. Prašćević, et al 2014) για μελέτες που γίνονται στη Σερβία ή «ASA S2.70» (G.H.M.J. Subashi De Silva, et al, 2021) για μελέτες που λαμβάνουν χώρα στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της εργασιακής βάρδιας των χειριστών. Το συνηθέστερο εργαλείο χειρός στο οποίο έγιναν οι μετρήσεις ήταν το διατρητικό εργαλείο χειρός (Rock drill). Πιο συγκεκριμένα, οι τρεις από τις έξι μελέτες εστιάζουν στις μετρήσεις που λήφθηκαν από το διατρητικό εργαλείο χειρός. Για άλλη μια φορά το τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο υπήρξε το επικρατέστερο όργανο μέτρησης για την καταγραφή των επιταχύνσεων των μηχανικών κραδασμών. Ακολουθεί πίνακας με τα πρότυπα που συμπεριλήφθηκαν στις έρευνες πεδίου που εστίασαν στους μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χειρός-βραχίονα, καθώς και ο κλάδος που απασχολήθηκαν και τα εργαλεία στα οποία μετρήθηκαν οι μηχανικοί κραδασμοί. Συνοψίζεται επίσης, ο σκοπός της κάθε μελέτης, ο τρόπος μέτρησης των μηχανικών δονήσεων, καθώς και οι επιπρόσθετοι παράγοντες που βοήθησαν τους ερευνητές να καταλήξουν στα αντίστοιχα συμπεράσματα. (Πίνακας 3.5).

Πίνακας 3.5: Νομοθεσία, κλάδος, σκοποί, τρόποι μέτρησης, επιπρόσθετοι παράγοντες και εργαλεία προς μέτρηση των μελετών πεδίου που αναλύουν τη μέτρηση των μηχανικών δονήσεων στο σύστημα χειρός-βραχίονα

A/A	Πρότυπα/ Νομοθεσία	Κλάδος	Εξοπλισμός που μελετήθηκε	Όργανο μέτρησης που χρησιμοποιήθηκε	Σκοπός της μελέτης	Εργασιακοί ή άλλοι παράγοντες που διερευνήθηκαν- συσχετίστηκαν
[2]	• ISO 5349-2	Εξόρυξης	Διατρητικό εργαλείο χειρός (Rock drill)	Μετρητής δονήσεων	Διευκρίνιση των χαρακτηριστικών του συνδρόμου δόνησης χειρός-βραχίονα που προέρχονται από την εργασία σε τροπικό κλίμα.	<ul style="list-style-type: none"> • Θερμοκρασία περιβάλλοντος • Ηλικία συμμετεχόντων • Ιστορικό συμμετεχόντων
[6]	• ISO 5349-2	Κατασκευα- στικός	Θραυστήρας σκυροδέματος (concrete breaker), κρουστικό τρυπάνι (impact drill), μύλοι (grinders)	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Προσδιορισμός της έκτασης των προβλημάτων που δημιουργούνται από τους κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χειρός-βραχίονα, στους εργαζομένους.	<ul style="list-style-type: none"> • Θερμοκρασία, υγρασία περιβάλλοντος • Ιστορικό συμμετεχόντων

[9]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 5349-1 • ISO 5349-2 • Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/44/EK • Serbian regulation 	Εξόρυξης	Διατρητικό εργαλείο χειρός (Rock drill)	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Αξιολόγηση του κινδύνου στη μεταλλευτική βιομηχανία με βάση την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/44/EK.	<ul style="list-style-type: none"> • Χαρακτηριστικά γεωτρύπανου • Δύναμη λαβής
[16]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 5349-1 • ISO 5349-2 	Εξόρυξης	Κρουστικό τρυπάνι (Hammer drill)	Αναλυτής κραδασμών	Εντοπισμός των σημείων και των συμπτωμάτων σε εργαζομένους ανθρακωρυχείου που χρησιμοποιούν χειροκίνητα δονητικά εργαλεία.	<ul style="list-style-type: none"> • Ιστορικό υγείας εργαζομένων • Ηλικία, βάρος, εμπειρία συμμετεχόντων • Δύναμη λαβής • Γάντια προστασίας
[23]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 5349-1 • ISO 5349-2 • ASA S2.70 	Εξόρυξης	Σφυρί σμίλευσης (χειρός) (Chipping hammer)	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Ανάλυση της έκθεσης σε μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χειρός-βραχίονα των χειριστών των γεωτρύπανων και διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης γαντιών για τη μείωση της έκθεσης.	<ul style="list-style-type: none"> • Ηλικία, βάρος, μέγεθος χεριού συμμετεχόντων • Χαρακτηριστικά γεωτρύπανου • Θερμοκρασία, υγρασία περιβάλλοντος • Γάντια προστασίας

[3]	<ul style="list-style-type: none">• ISO 5349-1• ISO 5349-2• ISO 28662-1• Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/44/EK	Κατασκευαστικός	Ηλεκτρικός θραυστήρας (Electric breaker), Ηλεκτρικό συνδυαστικό σφυρί (Electric combi-hammer), Περιστροφικό σφυρί με μπαταρίες (battery rotary hammer)	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Εξέταση των χαρακτηριστικών των κραδασμών που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός-βραχίονα από την ανάλυση των δεδομένων που λήφθηκαν στο πεδίο.	<ul style="list-style-type: none">• Βάρος, ύψος συμμετεχόντων• Βάρος οργάνων
-----	---	-----------------	--	-----------------------------	--	---

Για την ολοκλήρωση της περιγραφής των μελετών πεδίου απομένουν οι συνδυαστικές μελέτες, οι οποίες επικεντρώθηκαν και στα δύο είδη κραδασμών. Στις δύο αυτές έρευνες πραγματοποιήθηκε η μέτρηση των μηχανικών δονήσεων σε οχήματα και όχι σε εργαλεία χειρός. Αποτέλεσμα αυτού ήταν η αισθητή διαφορά στην ένταση κραδασμών στο σύστημα χειρός-βραχίονα σε σύγκριση με την ένταση κραδασμών σε ολόκληρο το σώμα. Δηλαδή το πόσο πιο εύκολα προσέγγιζαν τις οριακές τιμές ανάληψης δράσης στην περίπτωση των μηχανικών δονήσεων μεταδιδόμενων σε ολόκληρο το σώμα σε σχέση με αυτές στο σύστημα χειρός-βραχίονα. Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τη νομοθεσία, τον τομέα και το προς μέτρηση όχημα, όπως επίσης τον τρόπο μέτρησης, τον σκοπό και τους επιπρόσθετους παράγοντες που βοήθησαν στα συμπεράσματα (Πίνακας 3.6).

Πίνακας 3.6: Νομοθεσία, κλάδος, όχημα προς μέτρηση, τρόπος μέτρησης, σκοπός και επιπρόσθετοι παράγοντες των ερευνών πεδίου που μελετούν και τα δύο είδη μηχανικών κραδασμών.

A/A	Πρότυπα/ Νομοθεσία	Κλάδος	Εξοπλισμός που μελετήθηκε	Όργανο μέτρησης που χρησιμοποιήθηκε	Σκοπός της μελέτης	Εργασιακοί ή άλλοι παράγοντες που διερευνήθηκαν- συσχετίστηκαν
[18]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 2631-1 • ISO 5349-1 	Εξόρυξης	Χωματουργικό αυτοκίνητο ορυχείων (Haul truck)	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Προσδιορισμός των επιδράσεων της μηχανικής δόνησης σε οδηγούς φορτηγών υπαίθριων εκμεταλλεύσεων.	<ul style="list-style-type: none"> • Δύναμη λαβής • Ισορροπία εργαζομένου μετά τη χρήση του οχήματος

[19]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 2631 • ISO 5349-1 • ISO 5349-2 • Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/44/EK 	Εξόρυξης	Χωματουργικό αυτοκίνητο ορυχείων (Haul truck)	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Διερεύνηση της έκθεσης μηχανικών κραδασμών σε φορτηγό υπαίθριων εκμεταλλεύσεων σε κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα και στο σύστημα χειρός-βραχίονα.	<ul style="list-style-type: none"> • Διαφορετικές συνθήκες επιφάνειας • Διαφορετικές καιρικές συνθήκες
------	---	----------	---	-----------------------------	--	--

3.2.4 Ανάλυση εργαστηριακών εργασιών

Οι εργαστηριακές μελέτες που συμπεριλήφθηκαν στην παρούσα εργασία, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- εργαστηριακές μελέτες που ερευνούν τους μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα (WBV) και
- εργαστηριακές μελέτες που ερευνούν τους μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χειρός-βραχίονα (HAV).

Οι εργαστηριακές μελέτες εστιάζουν περισσότερο στην εύρεση των κατάλληλων αντικραδασμικών μέσων ή νέων αποτελεσματικότερων μεθόδων μέτρησης των μηχανικών δονήσεων ώστε να βοηθήσουν και να διευκολύνουν τις μετρήσεις στον εργασιακό τομέα. Το μειονέκτημα, σε σχέση με τις έρευνες που έλαβαν χώρα στο πεδίο, είναι ότι οι μελέτες πεδίου ίσως προσεγγίζουν καλύτερα τις αληθινές συνθήκες στις οποίες εκτίθεται ο εργαζόμενος μιας και οι εργαστηριακές έρευνες χρησιμοποιούν προσομοιωτές μηχανικών κραδασμών για τα αποτελέσματά τους. Έγινε η ανάλυση 16 εργαστηριακών μελετών, εκ των οποίων οι 9 αφορούσαν τους μηχανικούς κραδασμούς που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα και οι υπόλοιπες 7 τους μηχανικούς κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός-βραχίονα.

Αρχικά γίνεται η ανάλυση των ερευνών που μελέτησαν την ένταση των κραδασμών σε ολόκληρο το σώμα. Το σύνολο των νομοθεσιών και των προτύπων δεν διαφέρουν πολύ από τις αντίστοιχες μελέτες πεδίου. Το πρότυπο «ISO 2631-1:1997 Μηχανικοί κραδασμοί – Αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα» υπήρξε ξανά το συνηθέστερο πρότυπο που χρησιμοποιήθηκε ως οδηγός για τη λήψη και την αξιολόγηση των μετρήσεων. Συναντάται για πρώτη φορά το «ISO 10326-1:2016» το οποίο εστιάζει στις εργαστηριακές μεθόδους για την αξιολόγηση των μηχανικών δονήσεων του καθίσματος ενός οχήματος. Καθορίζει δηλαδή, τη μέθοδο που θα γίνει η δοκιμή, τις απαιτήσεις των οργάνων και τη μέθοδο αξιολόγησης της μέτρησης. Σημαντικό είναι να τονιστεί πως σε δύο εκ των εννιά μελετών δεν βρέθηκε κάποια νομοθεσία που να έχουν ως οδηγό (Wenhao Li, et al, (2015) και Naser Nawayseh, et al, 2020), αλλά βασίστηκαν κυρίως σε προηγούμενες έρευνες, ίδιας φύσεως, για να επιβεβαιώσουν τα αποτελέσματά τους. Οι σκοποί των εργαστηριακών ερευνών διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό από αυτούς των ερευνών πεδίου και ποικίλουν αναμεταξύ τους. Ο Πίνακας 3.7 παρουσιάζει την/τα

νομοθεσία/πρότυπα, τα όργανα προς μέτρηση, τον τρόπο μέτρησης της κάθε μελέτης, όπως επίσης τους σκοπούς και τους επιπρόσθετους παράγοντες για την κάθε εργαστηριακή έρευνα που εστίασε στη μελέτη κραδασμών ολόκληρου του σώματος.

Πίνακας 3.7: Νομοθεσία, αντικείμενο προς μέτρηση, τρόπος μέτρησης, σκοπός και επιπρόσθετοι παράγοντες των εργαστηριακών μελετών που εστιάζουν στους μηχανικούς κραδασμούς που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα.

A/A	Πρότυπα/ Νομοθεσία	Εξοπλισμός	Τρόπος μέτρησης	Σκοπός	Επιπρόσθετοι παράγοντες
[29]	• BS 6841:1987 • ISO 2631-1	Κάθισμα χωρίς/με πλάτη	Μονοαξονικό επιταχυνσιόμετρο με αντίσταση στην πίεση	Διερεύνηση της επίδρασης της κλίσης της πλάτης καθίσματος στον άνθρωπο που εκτίθεται σε κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα.	• Υποπόδιο • Ηλικία, ύψος, βάρος, ιατρικό ιστορικό τραυματισμού συμμετεχόντων
[31]		Θέση καθίσματος αυτοκινήτου (χωρίς/με κλίση)	Υβριδικό σύστημα	Αξιολόγηση των επιπτώσεων της κλίσης της πλάτης καθίσματος και της συχνότητας δόνησης στη μυϊκή δραστηριότητα.	• Ηλικία, ύψος, βάρος συμμετεχόντων
[32]	• ISO 10326:1	Θέση καθίσματος και επιρροή πάχους υφάσματος	Επιταχυνσιόμετρο	Διερεύνηση της επιρροής του πάχους αφρολέξ στη θέση καθίσματος κατά τη διάρκεια μηχανικών δονήσεων.	• Ηλικία, ύψος, βάρος συμμετεχόντων • Πάχος μαξιλαριού του καθίσματος
[34]	• ISO 2631-1	Θέση καθίσματος αυτοκινήτου	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Διερεύνηση των επιπτώσεων των κραδασμών στην υπνηλία κατά την οδήγηση.	• Ηλικία, ύψος, βάρος συμμετεχόντων • Θερμοκρασία περιβάλλοντος

[40]	• ISO 2631-1	Θέση καθίσματος οχήματος που χρησιμοποιείται στις υπαίθριες εκμεταλλεύσεις	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Διερεύνηση επιπτώσεων της έκθεσης σε μηχανικούς κραδασμούς ολόκληρου του σώματος κατά τη λειτουργία οχημάτων εξόρυξης, στην ισορροπία του χειριστή.	<ul style="list-style-type: none"> • Ηλικία, ύψος, βάρος συμμετεχόντων • Στάση σώματος
[38]	• ISO 2631-1	Νταλικά (load haul truck), οχήματα βαρέως εξοπλισμού (H.E.V.)	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο με αισθητήρα καθίσματος	Χρήση καθιερωμένων βιολογικών δεικτών (νομοθεσία) για την ποσοτικοποίηση των συνεπειών της έκθεσης σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα.	<ul style="list-style-type: none"> • Κάθισμα με ανάρτηση • Ηλικία, ύψος, βάρος, εμπειρία συμμετεχόντων
[39]		Κάθισμα προσομοίωσης κραδασμών	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Μελέτη της ανταπόκρισης της σπονδυλικής στήλης και του κεφαλιού όταν εκτίθενται σε μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα.	<ul style="list-style-type: none"> • Ηλικία, ύψος, βάρος συμμετεχόντων • Στάση σώματος
[27]	• ISO 13090-1	Θέση καθίσματος		Διερεύνηση της επίδρασης της θέσης καθίσματος σε διαφορετικές στάσεις σώματος ατόμων που εκτίθενται σε μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα.	<ul style="list-style-type: none"> • Ηλικία, ύψος, βάρος συμμετεχόντων • Στάση σώματος • Μπράτσα καθίσματος (με/χωρίς)

[37]	<ul style="list-style-type: none"> • Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/44/EK • ISO 2631-1 • ISO 13090-1 	Θέση καθίσματος	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Διερεύνηση της συσχέτισης μεταξύ σταθμισμένης επιτάχυνσης, VDV και χρόνου έκθεσης στην αξιολόγηση των μηχανικών κραδασμών που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα.	<ul style="list-style-type: none"> • Ηλικία, ύψος, βάρος συμμετεχόντων • Ιατρικό ιστορικό συμμετεχόντων
------	--	-----------------	-----------------------------	---	---

Στη συνέχεια συνοψίζονται οι εργαστηριακές μελέτες που ανέλυσαν την ένταση των μηχανικών δονήσεων που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός-βραχίονα. Μιας και τα κυριότερα πρότυπα που διαθέτουν τις βασικές απαιτήσεις για τη μέτρηση και την αξιολόγηση των μηχανικών κραδασμών στο σύστημα χειρός-βραχίονα είναι τα «ISO 5349-1:2001 Μηχανικοί κραδασμοί - Μέτρηση και αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χεριού - βραχίονα» και «ISO 5349-2:2001 Μηχανικοί κραδασμοί - Μέτρηση και αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χεριού-βραχίονα», δεν θα μπορούσαν να λείπουν από τις εργαστηριακές έρευνες. Παρατηρείται για πρώτη φορά το «ISO 45679» που ειδικεύεται στις δυνάμεις που ασκούνται κατά τη διάρκεια έκθεσης σε μηχανικούς κραδασμούς στο σύστημα χειρός-βραχίονα (A. Lindenmann, et al, 2021), καθώς και το «ISO 28927-10» το οποίο παρέχει μεθόδους δοκιμής για την αξιολόγηση των μηχανικών κραδασμών στο σύστημα χειρός-βραχίονα και εστιάζει σε συγκεκριμένα εργαλεία χειρός για παράδειγμα κρουστικά τρυπάνια, σφυριά, κ.λπ. (A. Lindenmann, et al, 2021). Η νομοθεσία και τα πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε μελέτη, όπως επίσης ο εξοπλισμός προς μέτρηση, ο τρόπος μέτρησης, ο σκοπός και οι επιπρόσθετοι παράγοντές τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.8.

Πίνακας 3.8: Νομοθεσία, όργανα προς μέτρηση, τρόπος μέτρησης, σκοποί και επιπρόσθετοι παράγοντες των εργαστηριακών μελετών που εστιάζουν στους μηχανικούς κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός-βραχίονα.

A/A	Πρότυπα/ Νομοθεσία	Εξοπλισμός που μελετήθηκε	Όργανο μέτρησης που χρησιμοποιήθηκε	Σκοπός της μελέτης	Εργασιακοί ή άλλοι παράγοντες που διερευνήθηκαν-συσχετίστηκαν
[35]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 5349-1 • ISO 5349-2 • ISO 10819 	Τρία διαφορετικά υλικά γαντιών	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Ανάπτυξη νέας μεθοδολογίας για τη μέτρηση και την αξιολόγηση της μετάδοσης μηχανικών κραδασμών στα δάχτυλα κατά την επαφή με διαφορετικά υλικά.	<ul style="list-style-type: none"> • Δύναμη λαβής • Ηλικία συμμετεχόντων • Ιατρικό ιστορικό συμμετεχόντων
[41]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 5349-1 • ISO 5349-2 • ISO 45679 • ISO 28927-10 	Τρυπάνι χειρός	Επιταχυνσιόμετρο	Εύρεση της επίδρασης της στάσης σώματος και της ασκούμενης δύναμης κατά τις μηχανικές δονήσεις του τρυπανιού.	<ul style="list-style-type: none"> • Ηλικία, ύψος, βάρος συμμετεχόντων • Ιατρικό ιστορικό, εργασιακή εμπειρία συμμετεχόντων • Πλάτος, μήκος παλάμης • Ελαστικό κάλυμμα λαβής

[42]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 10819 • ISO 5349-1 • ISO/TR 18570 	Αντικραδασμικά γάντια	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Ανάπτυξη μεθόδου για την αξιολόγηση αντικραδασμικών γαντιών και προσδιορισμός της αποτελεσματικότητας των αντικραδασμικών γαντιών στη σημαντική μείωση της έκθεσης σε κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χειρός βραχίονα.	<ul style="list-style-type: none"> • Ύψος, βάρος συμμετεχόντων • Μήκος χεριού • Δύναμη τροφοδοσίας
[28]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 5349-1 • ISO 5349-2 	Προσομοιωτής μηχανικών κραδασμών μεταδιδόμενων στο σύστημα χειρός-βραχίονα	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο με βαθμονόμηση	Διερεύνηση των παραγόντων που προκαλούν αβεβαιότητα στην αξιολόγηση των κραδασμών που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός-βραχίονα.	
[33]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 10819 • ISO 10068 • ISO 5349-1 	Προσομοιωτής μηχανικών κραδασμών μεταδιδόμενων στο σύστημα χειρός-βραχίονα	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Βελτίωση της κατανόησης της μετάδοσης κραδασμών στο σύστημα χειρός-βραχίονα και στους τρεις άξονες (x, y, z).	<ul style="list-style-type: none"> • Στάση σώματος • Λαβή • Δύναμη λαβής

[30]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 5349-1 • ISO 10819 	Τέσσερα είδη αντικραδασμικών γαντιών	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Εκτίμηση της απόδοσης και της αποτελεσματικότητας των αντικραδασμικών γαντιών στη μείωση των κραδασμών που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός-βραχίονα, κατά τη χρήση συγκεκριμένων εργαλείων.	<ul style="list-style-type: none"> • Δύναμη λαβής
[36]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 5349-1 • ISO 10819 	Τέσσερα είδη αντικραδασμικών γαντιών	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας αντικραδασμικών γαντιών ενόψει μηχανικών κραδασμών που μεταδίδονται στην παλάμη και στα δάχτυλα.	<ul style="list-style-type: none"> • Μήκος, πλάτος χεριού • Μήκος δαχτύλων • Δύναμη λαβής

Τέλος, παρουσιάζεται η μελέτη που συνδυάζει μετρήσεις πεδίου και εργαστηριακή ανάλυση (D.J. Parka, et al, 2019). Στη συγκεκριμένη έρευνα γίνεται η λήψη μετρήσεων των κραδασμών από τη θέση οδηγού οχήματος (WBV) σε δρόμο 3 χιλιομέτρων με μέση ταχύτητα οχήματος 20 km/h. Πιο συγκεκριμένα, γίνονται τρεις διαδρομές, η κάθε μία με διαφορετικές ταχύτητες (15, 20 και 25 km/h). Στη συνέχεια, οι μετρήσεις μεταφέρονται σε ένα κάθισμα-προσομοιωτή μηχανικών κραδασμών που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα. Το κάθισμα αυτό επιτρέπει στον καθήμενο να διατηρεί τη στάση οδήγησης. Στόχος της μελέτης είναι να διερευνήσει κατά πόσο οι μηχανικοί κραδασμοί επηρεάζουν την προσοχή του οδηγού. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.9) παρουσιάζονται τα πρότυπα στα οποία βασίστηκε η έρευνα, το όχημα προς μέτρηση, ο τρόπος μέτρησης αλλά και ο σκοπός και οι επιπρόσθετοι παράγοντες που συνέβαλαν στη διαμόρφωση των συμπερασμάτων. Το «ISO 7096» δίνει πληροφορίες για την εργαστηριακή αξιολόγηση των μηχανικών κραδασμών στο κάθισμα του οδηγού κατά τη χρήση χωματουργικών οχημάτων.

Πίνακας 3.9: Νομοθεσία, όχημα προς μέτρηση, τρόπος μέτρησης, σκοπός και επιπρόσθετοι παράγοντες της μελέτης που αποτελεί εργαστηριακή και πεδίου.

A/A	Πρότυπα/ Νομοθεσία	Εξοπλισμός που μελετήθηκε	Όργανο μέτρησης που χρησιμοποιήθηκε	Σκοπός της μελέτης	Εργασιακοί ή άλλοι παράγοντες που διερευνήθηκαν- συσχετίστηκαν
[43]	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 2631-1 • ISO 7096 	Όχημα	Τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο	Διερεύνηση του φαινομένου μείωσης της προσοχής οδηγών που εκτίθενται σε μηχανικούς κραδασμούς από οχήματα.	<ul style="list-style-type: none"> • Συνθήκες επιφάνειας • Ταχύτητα οχήματος • Ηλικία, ύψος, βάρος συμμετεχόντων • Ιατρικό ιστορικό συμμετεχόντων

Στο παρόν υποκεφάλαιο έγινε η παρουσίαση όλων των ερευνών. Σχολιάστηκαν τα κυριότερα πρότυπα ISO που συμπεριλήφθηκαν σε αυτές αλλά και πρότυπα που δεν είχαν αναφερθεί έως τώρα. Αναφέρθηκαν τα συχνότερα, προς μελέτη/μέτρηση, οχήματα και εργαλεία και τονίστηκε η σπουδαιότητα της χρήσης του ηλεκτρονικού τριαξονικού επιταχυνσιόμετρου. Στο επόμενο υποκεφάλαιο αναλύονται και σχολιάζονται τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών.

3.3 Συζήτηση αποτελεσμάτων βιβλιογραφικής έρευνας

3.3.1 Έρευνες πεδίου

Η πλειοψηφία των ερευνών στο πεδίο εστιάζουν στις μετρήσεις μηχανικών κραδασμών μεταδιδόμενων σε ολόκληρο το σώμα. Οι περισσότερες μελέτες πραγματοποιούν συγκρίσεις μεταξύ των προτύπων ISO και των νομοθεσιών που συμπεριλαμβάνονται στην έρευνά τους και σε συνδυασμό με τις μετρήσεις κραδασμών καταλήγουν σε διαφορετικά συμπεράσματα για την επικινδυνότητα και την αξιοπιστία των οχημάτων που χρησιμοποιούν. Παρακάτω παρουσιάζονται ο αριθμός των ατόμων οι οποίοι συμμετείχαν στη λήψη μετρήσεων, καθώς και τα αποτελέσματα της κάθε μελέτης πεδίου (Πίνακες 3.10, 3.11, 3.12).

Πίνακας 3.10: Αριθμός ατόμων που συμμετείχαν στη λήψη μετρήσεων και αποτελέσματα της κάθε μελέτης πεδίου που αφορά τους μηχανικούς κραδασμούς ολόκληρου του σώματος.

Α/Α	Αριθμός συμμετεχόντων	Αποτελέσματα/Συμπεράσματα
[1]	14 οδηγοί χωματουργικών αυτοκινήτων	Η έκθεση των οδηγών χωματουργικών αυτοκινήτων σε κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα κατά τη διάρκεια της εργασίας προξενεί αξιόλογο κίνδυνο για την υγεία. Η οδήγηση χωματουργικών αυτοκινήτων συνδέεται με κραδασμούς των πιο επιβλαβών συχνοτήτων δόνησης που ξεπερνούν τα όρια που καθορίζονται από τα πρότυπα ISO τον περισσότερο χρόνο της εργασίας.
[4]	7 οδηγοί οχημάτων Φόρτωσης- Μεταφοράς- Απόρριψης	Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η γενική καθοδήγηση για την προστασία της υγείας που παρέχει το ISO 2631-1 φαίνεται πιο αυστηρή από εκείνη του ISO 2631-5 (η έρευνα τονίζει ότι υπάρχει περιορισμένο δείγμα ώστε το συμπέρασμα να θεωρηθεί απόλυτα ασφαλές).

[5]	7 οδηγοί χωματουργικών αυτοκινήτων	Όλα τα χωματουργικά αυτοκίνητα στα οποία μετρήθηκαν οι κραδασμοί εξέθεσαν τους χειριστές τους σε επίπεδα κραδασμών που σε κάποιες περιπτώσεις βρίσκονταν άνω των ορίων που θέτει το ISO 2631-1. Τονίζεται το πόσο σημαντική είναι η επιλογή της σωστής μεθόδου μέτρησης που ορίζει η νομοθεσία και επισημαίνεται η αυστηρότητα των ορίων του ISO 2631-1 σε σχέση με αυτά του ISO 2631-5.
[7]	12 οδηγοί ελαστικοφόρων φορτωτών	Το κύριο εύρημα αυτής της μελέτης είναι οι διαφορές στην έκθεση σε μηχανικές δονήσεις των οδηγών φορτωτών με ελαστικά που φέρουν αλυσίδες μορφής "σκάλας" σε σχέση με τα ελαστικά που φέρουν αλυσίδες μορφής "καλαθιού". Τα ελαστικά με αλυσίδες μορφής "σκάλας" αύξησαν την έκθεση των χειριστών των φορτωτών, πάνω από τα όρια που ορίζει το ISO 2631-1. Ο άξονας που παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές επιτάχυνσης σχετίζεται με τις εργασιακές συνθήκες.
[8]	Χειριστές φορτωτών, εκσκαφέων, χωματουργικών φορτηγών (Δεν αναφέρεται σε συγκεκριμένο αριθμό εργαζομένων)	Συγκριτικά με τα υπόλοιπα υπό μελέτη οχήματα, οι τροχοφόροι φορτωτές και οι εκσκαφείς βρέθηκαν να είναι οι λιγότερο επιβλαβείς για τον άνθρωπο όσον αφορά τους μηχανικούς κραδασμούς.
[10]	32 οδηγοί χωματουργικών αυτοκινήτων	Ο κατακόρυφος άξονας (άξονας z) ήταν αυτός με τις υψηλότερες τιμές σταθμισμένης επιτάχυνσης. Παρατηρήθηκε μεγάλη συσχέτιση μεταξύ των συνθηκών της επιφάνειας του δρόμου και του μεγέθους έντασης των κραδασμών. Αυτή η υψηλή ημερήσια έκθεση αυξάνει τον κίνδυνο μακροπρόθεσμων επιπτώσεων στην υγεία, και ιδιαίτερα στον τραυματισμό της μέσης.

[11]	Οδηγός ελαστικοφόρου φορτωτή	Για την αξιολόγηση της επίδρασης των μηχανικών κραδασμών μεταδιδόμενων σε ολόκληρο το σώμα από τροχοφόρο φορτωτή, το ISO 2631-5 κρίθηκε αυστηρότερο του ISO 2631-1. Προτάθηκαν τιμές για αλλαγή των οριακών τιμών που ορίζει το ISO 2631-1. Σύμφωνα με τον συγγραφέα, λόγω του περιορισμένου αριθμού μετρήσεων, απαιτείται εκτενέστερη μελέτη.
[12]	28 οδηγοί ερπυστριοφόρου διατρητικού οχήματος	Από τα αποτελέσματα αποδείχθηκε ότι η ένταση των κραδασμών που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα ήταν αρκετά υψηλότερη στον κατακόρυφο άξονα (άξονας z). Ωστόσο παρατηρήθηκαν διαφορές ανάμεσα στα αποτελέσματα των δύο μεθόδων μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν (RMS και VDV). Η μέθοδος VDV θεωρήθηκε, με βάση τον περιορισμένο αριθμό δειγμάτων, πιο αποτελεσματική λόγω της ύπαρξης αρκετών κορυφοτιμών (σοκ).
[13]	28 οδηγοί διατρητικού οχήματος	Ανεξαρτήτως από τους παράγοντες που σχετίζονται με το έδαφος, το όχημα και τον χειριστή, οι τιμές σταθμισμένης επιτάχυνσης στον άξονα z ήταν μεγαλύτερες από αυτές στους άξονες x και y. Οι χειριστές των διατρητικών οχημάτων εκτίθενται σε υψηλές τιμές μηχανικών κραδασμών ολόκληρου του σώματος αλλά χρειάζονται περισσότερες μελέτες για την πλήρη κατανόηση του φαινομένου.
[14]	Χειριστές χωματουργικών οχημάτων, προωθητών, εκσκαφέων (Δεν αναφέρεται σε συγκεκριμένο αριθμό εργαζομένων)	Οι μετρήσεις μεγάλης διάρκειας που έλαβαν χώρα επιβεβαιώνουν ότι οι χειριστές των οχημάτων εκτίθενται συχνά σε μηχανικούς κραδασμούς στην περιοχή ανάληψης δράσης ή και άνω των επιτρεπτών ορίων, κατά κύριο λόγο στον άξονα z. Συγκεκριμένα, οι τιμές των επιταχύνσεων που συνδέονται με τη χρήση των προωθητών χαρακτηρίστηκαν ως οι μεγαλύτερες και πιο επικίνδυνες.

[15]	60 χειριστές βαρέων οχημάτων	Παρατηρήθηκε συσχέτιση μεταξύ της ταχύτητας του οχήματος και της έντασης των κραδασμών. Οι μεγαλύτερες από 12 km/h ταχύτητες επηρέαζαν αισθητά τις τιμές του κατακόρυφου άξονα (άξονας z), ενώ σε ταχύτητες κάτω από 12 km/h οι κυρίαρχοι άξονες ήταν ο x και ο y.
[17]	288 χειριστές βαρέων οχημάτων	Η υψηλότερη μέση επιτάχυνση παρουσιάστηκε στους ισοπεδωτές ενώ η χαμηλότερη στα διατηρητικά οχήματα. Η σύγκριση των τιμών της μέσης επιτάχυνσης με τα όρια που ορίζει η νομοθεσία έδειξαν πως σχεδόν σε όλα τα οχήματα υπερβαίνονται τα επιτρεπτά όρια. Οι μυοσκελετικές διαταραχές στους ώμους και στον αυχένα επηρεάζονται από τις υψηλές τιμές μηχανικών κραδασμών μεταδιδόμενων σε ολόκληρο το σώμα.
[20]	Χειριστές προωθητών, εκσκαφέων, φορτωτών, ισοπεδωτών, φορτωτών ανεστραμμένου πτύου (Δεν αναφέρεται σε συγκεκριμένο αριθμό εργαζομένων)	Σχεδόν όλες οι τιμές της επιτάχυνσης στους χειριστές των χωματουργικών οχημάτων βρέθηκαν να ξεπερνούν τις τιμές ανάληψης δράσης και τις οριακές τιμές που ορίζει η Ευρωπαϊκή οδηγία 22/44/EK. Ο κατακόρυφος άξονας (άξονας z) ήταν αυτός με τις υψηλότερες τιμές επιτάχυνσης εξαιτίας της μορφής του εδάφους στο οποίο εργάζονταν τα οχήματα.
[21]	78 χειριστές βαρέων οχημάτων	Οι τιμές της έκθεσης των χειριστών των ανατρεπόμενων οχημάτων σε μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα (δηλαδή οχήματα που διανύουν αποστάσεις στο ορυχείο) ήταν επικρατέστερες των τιμών στα διατηρητικά οχήματα και στους φορτωτές (δηλαδή οχήματα που δεν διανύουν αποστάσεις κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους). Ο άξονας z σημείωσε τις υψηλότερες τιμές έντασης μηχανικών κραδασμών.

[22]	Χειριστές οχημάτων μεταφοράς προσωπικού, οχημάτων φόρτωσης-μεταφοράς-απόρριψης (Δεν αναφέρεται σε συγκεκριμένο αριθμό εργαζομένων)	Η έρευνα επιβεβαιώνει πως οι τιμές της έντασης των κραδασμών στους επιβάτες των οχημάτων μεταφοράς προσωπικού ήταν μεγαλύτερες από αυτές του οδηγού. Παρατηρήθηκε μικρή μείωση της έντασης των μηχανικών δονήσεων μετά την αλλαγή της θέσης καθίσματος.
[24]	Χειριστής βαρέων οχημάτων	Παρατηρήθηκε πως τα αποτελέσματα της αξιολόγησης των μηχανικών κραδασμών μεταδιδόμενων σε ολόκληρο το σώμα με τη χρήση του προτύπου ISO 2631-5 διαφέρανε ανάλογα τη μέθοδο που χρησιμοποιήθηκε. Προτάθηκε συγκεκριμένη μέθοδος για την εκτίμηση της πιθανότητας κινδύνου/τραυματισμού στους οδηγούς οχημάτων βαρέως εξοπλισμού.
[25]	3 οδηγοί παλετοφόρου οχήματος	Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν πως η ύπαρξη κλίσης στο επίπεδο της αποβάθρας προξενεί περισσότερα προβλήματα υγείας λόγω μηχανικών κραδασμών σε σύγκριση με την επίπεδη αποβάθρα (κλίση 0 μοίρες). Η χαλύβδινη πλάκα της αποβάθρας χωρίς την ύπαρξη αντικραδασμικού υλικού αλλά και η αύξηση της ταχύτητας του παλετοφόρου οχήματος επιφέρουν επίσης κίνδυνο για την υγεία του εργαζομένου.
[26]	220 οδηγοί ανατρεπόμενου	Η μελέτη δείχνει πως οι οδηγοί των ανατρεπόμενων οχημάτων εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα μηχανικών δονήσεων. Ο πιο επικίνδυνος άξονας με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι ο άξονας z. Ο πόνος στο κάτω μέρος της μέσης ήταν ένα κοινό σύμπτωμα των οδηγών των ανατρεπόμενων οχημάτων, όπως αποκαλύφθηκε από τις απαντήσεις των ερωτηματολογίων.

Πίνακας 3.11: Αριθμός συμμετεχόντων στη λήψη μετρήσεων και αποτελέσματα-συμπεράσματα της κάθε μελέτης πεδίου που αφορά τους μηχανικούς κραδασμούς του συστήματος χειρός-βραχίονα.

Α/Α	Αριθμός συμμετεχόντων	Αποτελέσματα/Συμπεράσματα
[2]	73 χειριστές διατρητικού εργαλείου χειρός και 29 διαφορετικών χειρωνακτικών εργασιών	Δεν παρατηρήθηκαν στοιχεία εμφάνισης του φαινομένου του λευκού δαχτύλου (φαινόμενο Raynaud). Ωστόσο υπήρξαν πολλά παράπονα από τους χειριστές διατρητικού εργαλείου χειρός όσον αφορά την αίσθηση της αδυναμίας στα χέρια, το μούδιασμα των δαχτύλων και τη μείωση της θερμοκρασίας της παλάμης.
[3]	3 χειριστές ηλεκτρικών εργαλείων χειρός	Παρατηρήθηκε αισθητή διαφορά ανάμεσα στην ένταση των κραδασμών από το ίδιο όργανο στους τρεις συμμετέχοντες, το οποίο επιβεβαιώνει το γεγονός ότι ο τρόπος που κάθε εργαζόμενος χρησιμοποιεί ένα εργαλείο μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τα επίπεδα δόνησης στα οποία εκτίθεται. Σημαντική διαφορά στα επίπεδα δόνησης παρατηρήθηκε επίσης μεταξύ των εργαλείων παρόμοιου τύπου, βάρους αλλά προερχόμενα από διαφορετικούς κατασκευαστές.
[6]	243 χειριστές εργαλείων θραύσης σκυροδέματος, κρουστικών τρυπανιών, μύλων	Η μελέτη εντόπισε κλινικά συμπτώματα και σημάδια που υποδηλώνουν την ύπαρξη του "συνδρόμου δόνησης χεριού-βραχίονα" στους εργάτες που εκτίθενται σε τέτοιου είδους κραδασμούς σε ζεστό περιβάλλον.
[9]	Χειριστές διατρητικού εργαλείου χειρός (Δεν αναφέρεται σε συγκεκριμένο αριθμό εργαζομένων)	Οι τιμές της ημερήσιας έκθεσης σε κραδασμούς και των δύο ειδών διατρητικών εργαλείων (χειρός) υπερβαίνουν τις οριακές τιμές έκθεσης δράσης που ορίζονται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/44/ΕΚ. Συμπερασματικά, από τα αποτελέσματα των μετρήσεων, τα επίπεδα δόνησης που μετρούνται στα διατρητικά εργαλεία (χειρός) είναι άνω των επιτρεπτών ορίων.

[16]	167 χειριστές κρουστικού τρυπανιού	Βρέθηκε πως τα περισσότερα χρόνια εργασίας, η υψηλότερη ημερήσια έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς και η κατανάλωση αλκοολούχων ποτών είναι οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την υγεία των εργαζομένων. Αναφέρθηκαν πολλά διαφορετικά συμπτώματα από τους εργαζομένους ενώ η χρήση αντικραδασμικών γαντιών προστατεύει αποτελεσματικά μόνο από το μούδιασμα των χεριών.
[22]	12 χειριστές σφυριού σμίλευσης	Για τους χειριστές των σφυριών σμίλευσης, η ημερήσια έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς ξεπερνούσε τις τιμές ανάληψης δράσης που ορίζει η νομοθεσία χωρίς τη χρήση γαντιών. Τα πιο αποτελεσματικά γάντια βρέθηκαν να είναι τα αντικραδασμικά, μιας και η ένταση των κραδασμών με τη χρήση αντικραδασμικών γαντιών μειωνόταν σχεδόν στο μισό.

Πίνακας 3.12: Αριθμός συμμετεχόντων στη λήψη μετρήσεων και αποτελέσματα-συμπεράσματα της κάθε μελέτης πεδίου που ερεύνησε τους μηχανικούς κραδασμούς ολόκληρου του σώματος και του συστήματος χειρός-βραχίονα ταυτόχρονα.

A/A	Αριθμός συμμετεχόντων	Αποτελέσματα/Συμπεράσματα
[18]	7 οδηγοί χωματουργικών αυτοκινήτων	Οι μετρήσεις μηχανικών κραδασμών μεταδιδόμενων σε ολόκληρο το σώμα δείχνουν πως μονάχα ένα μικρό ποσοστό ξεπερνά τις τιμές ανάληψης δράσης που ορίζονται από τη νομοθεσία. Οι μετρήσεις μηχανικών κραδασμών μεταδιδόμενων στο σύστημα χειρός-βραχίονα δεν ξεπέρασαν τις τιμές ανάληψης δράσης που ορίζει η νομοθεσία. Δεν βρέθηκε κάποια συσχέτιση μεταξύ των μηχανικών κραδασμών και της σταθερότητας στάσης του οδηγού.
[19]	7 οδηγοί χωματουργικών αυτοκινήτων	Οι μετρήσεις των μηχανικών κραδασμών στο σύστημα χειρός-βραχίονα και σε ολόκληρο το σώμα ήταν, κατά κύριο λόγο, χαμηλότερες από τις τιμές ανάληψης δράσης που ορίζει η νομοθεσία. Παρατηρήθηκαν όμως περιπτώσεις που σημειώθηκε υπέρβαση της οριακής τιμής έκθεσης εξαιτίας της βρεγμένης και λασπώδους επιφάνειας του εδάφους.

3.3.2 Εργαστηριακές έρευνες

Η βασικότερη διαφορά των εργαστηριακών ερευνών στις μηχανικές δονήσεις, σε σύγκριση με τις έρευνες πεδίου, είναι η μειωμένη επικινδυνότητα. Οι εργαστηριακές μελέτες πάνω στους κραδασμούς χρησιμοποιούν προσομοιωτές κραδασμών των οποίων οι παραγόμενες δονήσεις είναι ελεγχόμενες. Οι συχνότητες στις οποίες εκτίθεται το σώμα των συμμετεχόντων είναι τέτοιες που δεν αποφέρουν τραυματισμό (τωρινό ή μελλοντικό) σε κανέναν. Στοχεύουν κυρίως στην εύρεση των κατάλληλων αντικραδασμικών μέσων ή νέων μεθόδων μέτρησης των μηχανικών δονήσεων με ακριβέστερα ή οικονομικότερα αποτελέσματα. Οι Πίνακες 3.13 και 3.14 παρουσιάζουν τον αριθμό των συμμετεχόντων σε κάθε μελέτη και τα κύρια συμπεράσματα.

Πίνακας 3.13: Αριθμός συμμετεχόντων και αποτελέσματα-συμπεράσματα της κάθε εργαστηριακής μελέτης που αφορά τους μηχανικούς κραδασμούς ολόκληρου του σώματος.

A/A	Αριθμός συμμετεχόντων	Αποτελέσματα/Συμπεράσματα
[27]	21 συμμετέχοντες	Η μελέτη εντόπισε πως η λανθασμένη στάση σώματος που μπορεί να έχει ο καθημέρος εργαζόμενος κατά τη διάρκεια έκθεσής του σε μηχανικούς κραδασμούς αυξάνει τη σωματική κούραση ακόμη και σε πολύ απλές εργασίες. Η χρήση υποστήριξης χεριών για τη θέση καθίσματος βελτίωσε την ικανότητα των συμμετεχόντων να ολοκληρώσουν την εργασία με λιγότερη κούραση.
[29]	12 συμμετέχοντες	Για τις πέντε διαφορετικές ρυθμίσεις της πλάτης του καθίσματος αποδείχθηκε πως η ενόχληση εξαρτάται από τη συχνότητα των κραδασμών και την κλίση της πλάτης καθίσματος. Σε συχνότητες άνω των 8 Hz η ύπαρξη της πλάτης καθίσματος συνέβαλε στην αύξηση της ενόχλησης του καθημέρου, κυρίως στο κεφάλι και στον λαιμό.

[31]	12 συμμετέχοντες	Οι επιβλαβείς κραδασμοί στους άξονες z και y μειώνονται με την αύξηση του πάχους του αφρολέξ στη θέση καθίσματος. Ο άξονας x παραμένει ανεπηρέαστος. Στην περίπτωση ύπαρξης πλάτης καθίσματος με αφρολέξ σε όρθια στάση, οι επιπτώσεις είναι λιγότερο σημαντικές.
[32]	10 συμμετέχοντες	Η συχνότητα των κραδασμών επηρέασε σημαντικά τη μυϊκή δραστηριότητα της οσφυϊκής περιοχής. Επίσης, η κλίση της πλάτης καθίσματος επηρέασε σημαντικά τη μυϊκή δραστηριότητα του δεξιού ποδιού και της κοιλιάς. Ο βέλτιστος συνδυασμός για τη μέγιστη μυϊκή δραστηριότητα είναι η κλίση του καθίσματος να βρίσκεται ελαφρά προς τα εμπρός.
[34]	20 συμμετέχοντες	Μετά από την έκθεση σε κραδασμούς ολόκληρου του σώματος χαμηλών συχνοτήτων για 30 λεπτά, παρατηρήθηκε αύξηση των επιπέδων υπνηλίας στους συμμετέχοντες και μείωση στην προσοχή τους.
[37]	50 συμμετέχοντες	Συμπερασματικά, οι μεταβλητές σταθμισμένη επιτάχυνση, δόση δόνησης και χρόνος έκθεσης σε κραδασμούς έχουν διαφορετικές επιρροές ανάλογα με άλλες εμπλεκόμενες παραμέτρους (π.χ. στάση σώματος, κ.λπ.).
[38]	15 συμμετέχοντες	Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η έκθεση σε κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα (για τις χρονικές διάρκειες που δοκιμάστηκαν) μπορεί να μην προκαλέσει σημαντική βλάβη στους μυς του εκτιθέμενου.

[39]	16 συμμετέχοντες	Στο κεφάλι, στον πρώτο και στον τρίτο θωρακικό σπόνδυλο, βρέθηκε μεγαλύτερη επιρροή από τον άξονα z. Για τον δωδέκατο θωρακικό σπόνδυλο και τον τέταρτο οσφυϊκό σπόνδυλο η επιρροή μεταβάλλεται ανάλογα το εύρος συχνοτήτων. Στο εύρος 2-2.4 Hz παρουσιάζονται κορυφοτιμές σε όλα τα μετρούμενα μέρη του σώματος.
[40]	20 συμμετέχοντες	Η μελέτη αυτή έδειξε ότι η έκθεση σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα επηρεάζει αρνητικά την ισορροπία των εκτιθέμενων αμέσως μετά την έκθεση. Αυτό εξηγεί της μεγαλύτερη συχνότητα τραυματισμών από πτώση κατά την έξοδο από το όχημα σε σύγκριση με την είσοδο.
[43]	11 συμμετέχοντες	Πραγματοποιήθηκαν τεστ για την έλλειψη προσοχής (αντιληπτικά και γνωστικά). Παρατηρήθηκε μείωση της ικανότητας συγκέντρωσης μετά την έκθεση των συμμετεχόντων σε μηχανικούς κραδασμούς ολόκληρου του σώματος.

Πίνακας 3.14: Αριθμός συμμετεχόντων και αποτελέσματα-συμπεράσματα της κάθε εργαστηριακής μελέτης που αφορά τους μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χειρός-βραχίονα.

A/A	Αριθμός συμμετεχόντων	Αποτελέσματα/Συμπεράσματα
[28]	(Δεν αναφέρεται σε συγκεκριμένο αριθμό συμμετεχόντων)	Τα αποτελέσματα δείχνουν πως ορισμένοι παράγοντες που σχετίζονται με την τοποθέτηση των οργάνων πριν την έναρξη των μετρήσεων έχουν την μεγαλύτερη επιρροή στην αβεβαιότητα των τελικών αποτελεσμάτων. Συμπεραίνεται ότι η διαφορετική δύναμη λαβής έχει μικρότερη επιρροή από την αναμενόμενη.
[30]	7 συμμετέχοντες	Οι εκτιμήσεις δείχνουν πως τα αντικραδασμικά γάντια μπορούν ελαφρώς να μειώσουν ή ενισχύσουν οριακά τους κραδασμούς που παράγονται από εργαλεία χαμηλών συχνοτήτων (< 25 Hz). Τα δύο αντικραδασμικά γάντια δεν έδειξαν μεγάλες διαφορές στη μείωση των κραδασμών σε σχέση με τα δύο μη αντικραδασμικά γάντια για μερικά από τα εργαλεία που μελετήθηκαν.
[33]	7 συμμετέχοντες	Διαπιστώθηκε πως το μέγεθος των δονήσεων στα δάχτυλα και στους μετακάρπιους των χεριών κατά την κατεύθυνση του άξονα z ήταν το χαμηλότερο, ενώ στην κατεύθυνση του άξονα y το υψηλότερο. Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι η διάδοση και το μέγεθος των κραδασμών εξαρτάται από την κατεύθυνση της δόνησης και από το μέρος που επιλέγεται να τοποθετηθεί το επιταχυνσιόμετρο.

[35]	(Δεν αναφέρεται σε συγκεκριμένο αριθμό συμμετεχόντων)	Δεν παρατηρήθηκε απόσβεση της έντασης των κραδασμών με κανένα είδος γαντιού σε συχνότητες μικρότερες των 150 Hz. Με βάση τα αποτελέσματα, τα αντικραδασμικά γάντια είναι αποτελεσματικά στην απόσβεση της έντασης των κραδασμών σε συχνότητες μεγαλύτερες των 250 Hz.
[36]	4 συμμετέχοντες	Τα αποτελέσματα έδειξαν πως μόνο τα αντικραδασμικά γάντια με τεχνολογία αέρος και τα υβριδικά αντικραδασμικά γάντια παρέχουν κάποια εξασθένηση των κραδασμών που μεταδίδονται στον δείκτη σε σύγκριση με το γυμνό χέρι, ενώ σχεδόν όλα τα είδη γαντιών ενισχύουν την ένταση της δόνησης στο μεσαίο δάχτυλο.
[41]	15 συμμετέχοντες	Η δύναμη πίεσης έχει σημαντική επίδραση στις μηχανικές δονήσεις που δέχονται οι συμμετέχοντες. Τα δεδομένα δείχνουν επίσης πως για αυξημένες δυνάμεις λαβής, οι τιμές της επιτάχυνσης μειώνονται.
[42]	10 συμμετέχοντες	Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα αντικραδασμικά γάντια μείωσαν αισθητά τους μηχανικούς κραδασμούς στην παλάμη και στον καρπό. Η δύναμη πίεσης δεν επηρέασε σημαντικά την αποτελεσματικότητα των αντικραδασμικών γαντιών.

3.4 Στατιστική Ανάλυση

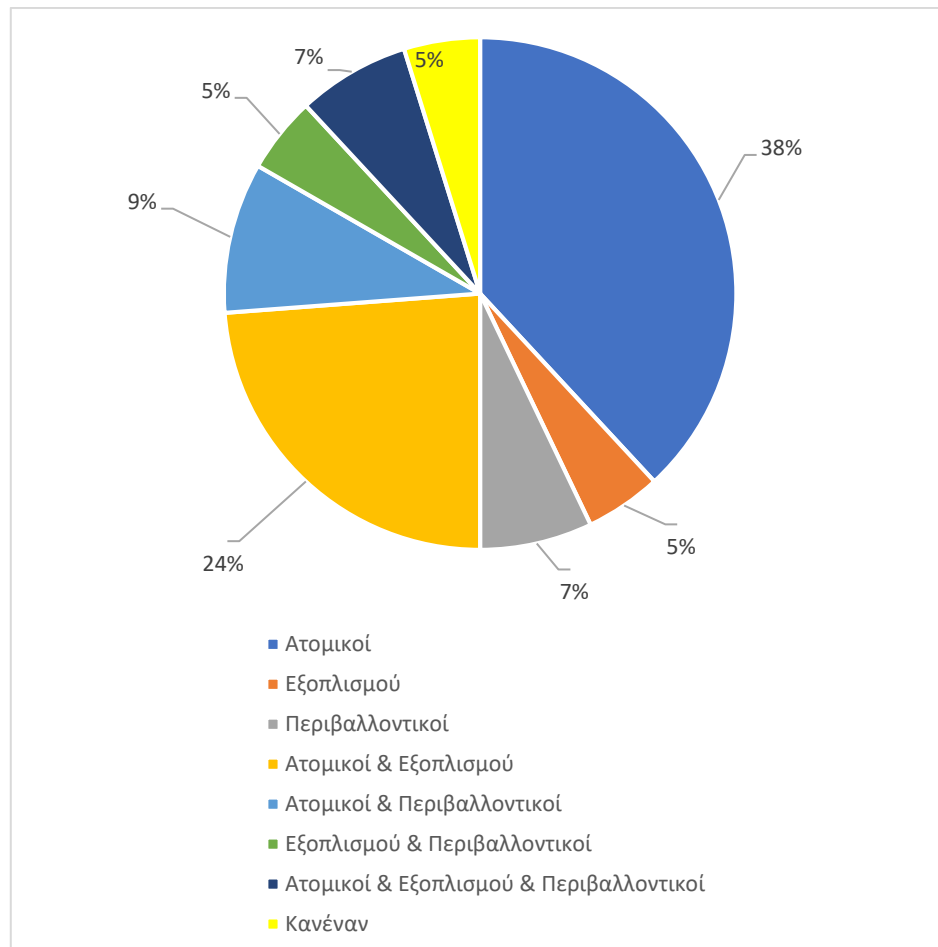
Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά στατιστικά στοιχεία που εξήχθησαν από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση. Σκοπός της στατιστικής ανάλυσης είναι να μελετηθεί η σημασία των επιπρόσθετων παραγόντων που επιβαρύνουν την έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς ανεξαρτήτως είδους, καθώς και να παρουσιαστεί η συχνότητα χρήσης των βασικότερων και προτύπων/νομοθεσιών για τη μέτρηση και τον έλεγχο των μηχανικών κραδασμών. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται με τη χρήση κατάλληλων διαγραμμάτων.

Με βάση την ανάλυση που προηγήθηκε (υποκεφάλαια 3.2.1 και 3.2.2) οι επιπρόσθετοι παράγοντες στους οποίους δίνουν ιδιαίτερη σημασία οι ερευνητές για τη μελέτη των μηχανικών δονήσεων μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες:

- Ατομικοί παράγοντες εργαζομένου: Οι παράγοντες αυτοί είναι ηλικία, βάρος, ύψος των εργαζομένων, δύναμη λαβής, ιατρικό ιστορικό, κ.λπ.
- Περιβαλλοντικοί παράγοντες: Όπως η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η υγρασία, οι συνθήκες του εδάφους, κ.λπ.
- Παράγοντες εξοπλισμού: Οι παράγοντες αυτοί έχουν να κάνουν με την ηλικία οχήματος/εργαλείου, ύπαρξη ανάρτησης στο κάθισμα, συντήρηση οχήματος/εργαλείου, κ.ά.

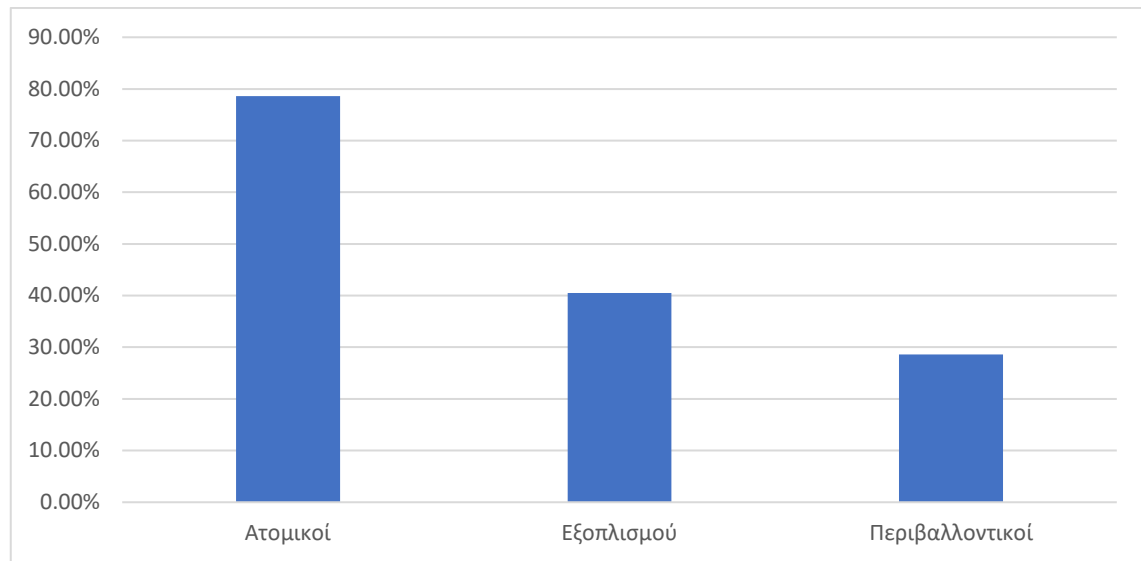
Πολλές από τις έρευνες δεν εστίασαν μονάχα σε έναν από τους παραπάνω παράγοντες αλλά υπήρξε συνδυασμός αυτών. Το κυκλικό γράφημα που ακολουθεί (Διάγραμμα 3.2) παρουσιάζει τη συχνότητα εμφάνισης κάθε παράγοντα ξεχωριστά αλλά και τη συχνότητα εμφάνισης των συνδυασμών αυτών.

Διάγραμμα 3.2: Συχνότητα εμφάνισης κάθε επιπρόσθετου παράγοντα και συχνότητα εμφάνισης των συνδυασμών αυτών.



Παρατηρείται πως ο ατομικός αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα στον οποίο εστιάζουν οι μελετητές μιας και είναι ο πιο εύκολα προσβάσιμος. Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες και οι παράγοντες εξοπλισμού δεν επιλέγονται τόσο συχνά από μόνοι τους, αλλά παρουσιάζουν ένα σημαντικό ποσοστό εμφάνισης όταν συνδυάζονται με τους ατομικούς. Ελάχιστες είναι οι έρευνες που επέλεξαν να μην εστιάσουν σε κανένα παράγοντα (5%). Οι μελέτες που αναφέρουν και τους τρεις παράγοντες αποτελούν το 7%. Στο παρακάτω Διάγραμμα 3.3 παρουσιάζεται το ποσοστό εμφάνισης των τριών αυτών κατηγοριών παραγόντων σε όλες τις έρευνες στις οποίες πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση.

Διάγραμμα 3.3: Ποσοστό μελετών που αναφέρονται στους επιπρόσθετους επιβαρυντικούς παράγοντες (κατηγορίες).

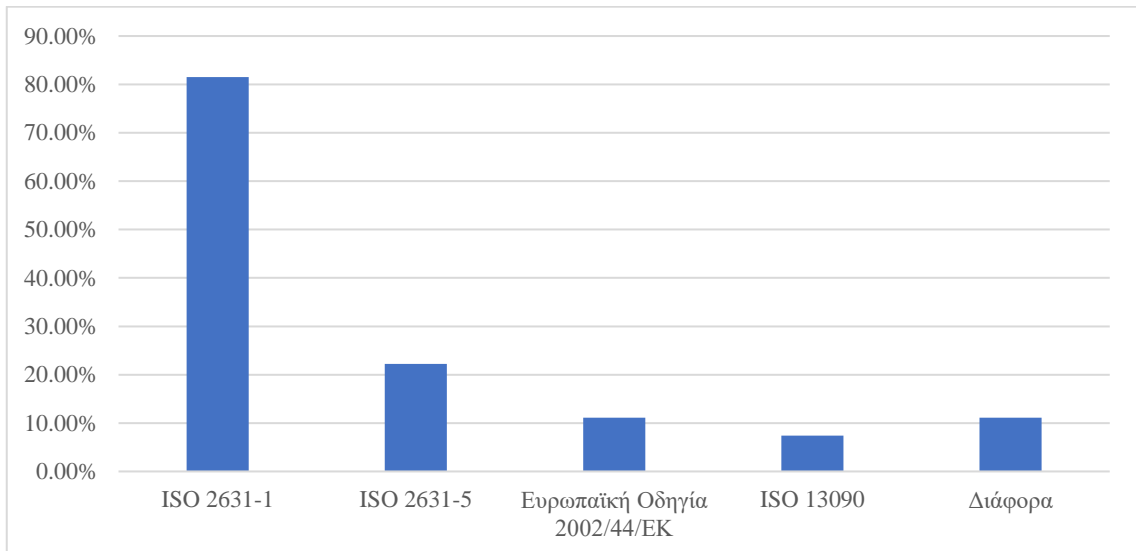


Παρατηρείται πως οι ατομικοί παράγοντες υπερισχύουν των υπολοίπων με το μεγαλύτερο ποσοστό εμφάνισης (78,6%). Ακολουθούν οι παράγοντες εξοπλισμού (40,5%), ενώ οι λιγότερο αναφερόμενοι παράγοντες είναι οι περιβαλλοντικοί (28,6%). Το ότι οι περιβαλλοντικοί παράγοντες αποτελούν το μικρότερο ποσοστό στην παρούσα στατιστική ανάλυση, εξηγείται από το γεγονός πως στις εργαστηριακές μελέτες χρησιμοποιήθηκαν προσομοιωτές κραδασμών και οι έρευνες εστίασαν κατά κύριο λόγο στους ατομικούς παράγοντες.

Οι επιβαρυντικοί παράγοντες είναι ένα πολύ βασικό εργαλείο για την αναλυτικότερη και αξιόπιστη εξαγωγή συμπερασμάτων. Βοηθούν τους μελετητές να εστιάζουν σε λεπτομέρειες που ίσως να αποτελούν και την πηγή του προβλήματος. Τη μεγαλύτερη βοήθεια όμως στην αντιμετώπιση του προβλήματος των μηχανικών κραδασμών, την παρέχουν τα Ευρωπαϊκά πρότυπα και νομοθεσίες. Ορίζουν συγκεκριμένες μεθόδους και διεργασίες ώστε η διαδικασία λήψης μετρήσεων να πραγματοποιείται με τον ακριβέστερο δυνατό τρόπο. Καθορίζουν συγκεκριμένες τιμές-όρια έντασης κραδασμών, οι οποίες αν ξεπεραστούν σημαίνει πως οι εργασιακές πρακτικές χρήζουν βελτίωσης και πως πρέπει άμεσα να ληφθούν μέτρα ώστε οι τιμές έντασης κραδασμών να μειωθούν και να μην ξεπερνάνε τα συγκεκριμένα όρια. Σχεδόν όλες οι μελέτες βασίστηκαν στη χρήση προτύπων ISO (International Organization for Standardization) στις έρευνές τους. Τα Διαγράμματα 3.4 και 3.5 δείχνουν τη συχνότητα χρήσης των κυριότερων προτύπων και

νομοθεσιών στις μελέτες μηχανικών κραδασμών ολόκληρου του σώματος και στις μελέτες μηχανικών κραδασμών στο σύστημα χειρός-βραχίονα αντίστοιχα.

Διάγραμμα 3.4: Συχνότητα χρήσης των κυριότερων προτύπων και νομοθεσιών στις μελέτες μηχανικών δονήσεων ολόκληρου του σώματος (WBV).



Από το Διάγραμμα 3.4 φαίνεται ότι για τις μελέτες που εστιάζουν στους μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους σε ολόκληρο το σώμα (WBV) η συντριπτική πλειοψηφία των ερευνών (81,5%) χρησιμοποίησαν το παλαιότερο πρότυπο το ISO 2631-1 για τη λήψη μετρήσεων. Ακολουθεί το πρότυπο ISO 2631-5 (με ποσοστό 22,2%). Το αποτέλεσμα αυτό δικαιολογείται και από τα συμπεράσματα αρκετών ερευνών της παρούσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης, που κρίνουν το ISO 2631-5 ως ελλιπές. Το πρότυπο ISO 13090 έχει δημιουργηθεί για χρήση σε εργαστηριακές έρευνες και κατά συνέπεια είναι αναμενόμενη η μικρή συχνότητα εμφάνισής του, δεδομένου ότι οι εργαστηριακές μελέτες της βιβλιογραφικής ανασκόπησης ήταν σημαντικά μικρότερες από εκείνες του πεδίου.

Στη συνέχεια ακολουθεί το Διάγραμμα 3.5 που αφορά τις μελέτες που επικεντρώνονται στις μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες στο σύστημα χειρός-βραχίονα.

Διάγραμμα 3.5: Συχνότητα χρήσης των κυριότερων προτύπων και νομοθεσιών στις μελέτες μηχανικών δονήσεων του συστήματος χειρός-βραχίονα (HAV).



Η συχνότητα χρήσης του προτύπου ISO 5349-1 υπερσχύει των υπολοίπων (84,6%) και αμέσως μετά ακολουθεί το πρότυπο ISO 5349-2 (69,2%). Τα πρότυπα αυτά ορίζουν τις γενικές απαιτήσεις για τη μέτρηση και την αξιολόγηση των μηχανικών κραδασμών αλλά παρέχουν και πρακτικές οδηγίες για την ορθή εκτέλεση των μετρήσεων και την ανάπτυξη αποτελεσματικής στρατηγικής στην αντιμετώπιση της έκθεσης σε δονήσεις. Ακολουθεί το πρότυπο ISO 10819 (συχνότητα χρήσης 38,4%) το οποίο ειδικεύεται στη μεταδοτικότητα της έντασης των μηχανικών κραδασμών κατά τη χρήση γαντιών, αντικραδασμικών και μη, στην παλάμη του χεριού. Τέλος, η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/44/EK (15,4%) παρέχει γενικές οδηγίες για τη διασφάλιση της υγείας των εργαζομένων από κινδύνους δονήσεων και καθορίζει τις κινήσεις που επιβάλλεται να κάνει ο εργοδότης στην περίπτωση ύπαρξης κραδασμών που θεωρούνται επιβλαβείς για το εργασιακό προσωπικό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – Συμπεράσματα και προτάσεις βελτίωσης

4.1 Συμπεράσματα

Η υγεία των εργαζομένων σε μεταλλευτικά και τεχνικά έργα είναι πρωταρχικής σημασίας και ο αποτελεσματικός έλεγχος των μηχανικών κραδασμών που προέρχεται από τη λειτουργία του εξοπλισμού συμβάλλει σημαντικά στην προστασία της υγείας τους. Η ακριβής μέτρηση της έντασης των μηχανικών δονήσεων που μεταδίδονται είτε στο σύστημα χειρός-βραχίονα είτε σε ολόκληρο το σώμα αποτελεί σημαντικό βήμα για την εκτίμηση της επικινδυνότητας και τη λήψη των κατάλληλων μέτρων προστασίας. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι οδηγίες και τα σχετικά στοιχεία των κατασκευαστών του εξοπλισμού δίνουν ενδεικτικές τιμές και αναφέρονται σε συγκεκριμένες συνθήκες εργασίας, είναι πρόδηλο ότι η πιο αξιόπιστη μέθοδος για την εκτίμηση και την αξιολόγηση των μηχανικών δονήσεων είναι η απευθείας μέτρησή τους, με το κατάλληλο σύστημα μέτρησης. Η καταλληλότητα των οργάνων μέτρησης, τα όρια πάνω από τα οποία δεν πρέπει να εκτίθεται ο εργαζόμενος, τα μέτρα που πρέπει να ληφθούν στην περίπτωση ύπαρξης δονήσεων άνω των επιτρεπτών ορίων, οι ενέργειες που πρέπει να κάνει ο εργοδότης για την προστασία των εργαζομένων από μηχανικούς κραδασμούς κατά τη διάρκεια της εργασίας, καθορίζονται από τα πρότυπα του Διεθνή Οργανισμού Τυποποίησης (ISO).

Στην παρούσα διπλωματική εργασία αναλύθηκαν τα είδη και τα χαρακτηριστικά των μηχανικών κραδασμών, οι τρόποι αντιμετώπισής τους και οι ενέργειες για την επίβλεψη της υγείας του εργαζομένου σε περίπτωση έκθεσής του σε κραδασμούς με βάση εκτενή βιβλιογραφική ανασκόπηση των σχετικών πρόσφατων δημοσιευμένων εργασιών. Αναλύθηκαν 43 δημοσιευμένες ερευνητικές εργασίες (πεδίου και εργαστηριακές) και πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των ευρημάτων.

Τα προβλήματα που προκαλεί το κάθε είδος κραδασμού (WBV, HAV) στην υγεία του εργαζομένου είναι εξίσου συχνά στην εμφάνισή τους. Μακροχρόνια όμως, οι μηχανικοί κραδασμοί που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα μπορούν να προκαλέσουν τραυματισμούς των σπονδύλων και των δίσκων της σπονδυλικής στήλης. Όσο πιο μακροχρόνια είναι η έκθεση και όσο υψηλότερο το επίπεδο των δονήσεων, τόσο πιο πιθανό είναι ο εκτιθέμενος να υποφέρει από πόνους στη μέση. Η μελέτη τέτοιου είδους κραδασμών φαίνεται να είναι πιο συχνή σε σχέση με τη μελέτη κραδασμών μεταδιδόμενων στο σύστημα χειρός βραχίονα.

Οι μέθοδοι και τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση-καταγραφή της έντασης των μηχανικών δονήσεων πρέπει να είναι προσαρμοσμένα στα χαρακτηριστικά των προς μέτρηση μηχανικών κραδασμών, τους περιβαλλοντικούς παράγοντες και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των οργάνων μέτρησης σύμφωνα με την αντίστοιχη νομοθεσία. Ανάλογα με το είδος των μηχανικών δονήσεων, επιλέγεται το κατάλληλο πρότυπο (ISO) το οποίο παρέχει την μεθοδολογία μέτρησης και ελέγχου αυτών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, τα συχνότερα χρησιμοποιούμενα και πιο αξιόπιστα πρότυπα (ISO) είναι το πρότυπο «ISO 5349-1:2001 Μηχανικοί κραδασμοί – Μέτρηση και αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός – βραχίονα» για μηχανικούς κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός – βραχίονα και το πρότυπο «ISO 2631-1:1997 Μηχανικοί κραδασμοί – Αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα» για μηχανικούς κραδασμούς που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα.

Η χρήση του διατρητικού εργαλείου χειρός και η οδήγηση χωματουργικού αυτοκινήτου ορυχείων, για τους μηχανικούς κραδασμούς στο χειρός-βραχίονα και τους μηχανικούς κραδασμούς σε ολόκληρο το σώμα αντίστοιχα, είναι ο εξοπλισμός που συσχετίστηκε με τα μεγαλύτερα προβλήματα στην υγεία των χειριστών τους σε σύγκριση με τον άλλο εξοπλισμό.

Επίσης, σχεδόν κάθε έρευνα έλαβε υπόψη επιπλέον παράγοντες, οι οποίοι ενισχύουν την ένταση των μηχανικών κραδασμών που δέχεται ο εργαζόμενος, ώστε να καταλήξουν σε ένα ολοκληρωμένο συμπέρασμα. Οι επιβαρυντικοί αυτοί παράγοντες μπορεί να αφορούν το άτομο και τις καθημερινές του συνήθειες αλλά και την κατάσταση που βρίσκεται ο εξοπλισμός ή τις συνθήκες της επιφάνειας του εδάφους. Ανάλογα με το είδος των μηχανικών δονήσεων βρέθηκε και ο αντίστοιχος επιβαρυντικός παράγοντας που υπερίσχυσε των υπολοίπων και που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής. Στις έρευνες που εστίασαν στους μηχανικούς κραδασμούς που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα οι δύο κυριότεροι οι επιβαρυντικοί παράγοντες είναι η κατάσταση του οδοστρώματος και η ταχύτητα που ανέπτυσαν τα οχήματα. Από τις μελέτες που ανέλυσαν τους μηχανικούς κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός-βραχίονα φάνηκε πως η δύναμη λαβής του εργαλείου από τον χειριστή, κατά τη διάρκεια χρήσης του, είναι ο πιο επιβλαβής παράγοντας.

Όσον αφορά την ένταση των μηχανικών κραδασμών, τα αποτελέσματα της ανάλυσης έδειξαν ότι οι τιμές της επιτάχυνσης στον άξονα z για τις δονήσεις ολόκληρου το σώματος ήταν υψηλότερες και κρίνονται ως οι επιβλαβέστερες για την υγεία των εργαζομένων. Στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων οι τιμές της επιτάχυνσης στον άξονα z υπερέβαιναν τις οριακές τιμές που καθορίζονται από τη νομοθεσία. Η εργασία στην οποία παρατηρήθηκαν οι περισσότερες υπερβάσεις των ορίων για τους μηχανικούς κραδασμούς που μεταδίδονται σε ολόκληρο το σώμα, είναι η μεταφορά υλικών με χωματουργικά αυτοκίνητα. Αυτό συμβαίνει διότι κατά τη χρήση του χωματουργικού αυτοκινήτου ορυχείων, υπάρχουν πολλοί επιβαρυντικοί παράγοντες (π.χ. στάση σώματος οδηγού, κατάσταση οχήματος, κάθισμα, τραχύτητα εδάφους, κ.λπ.) οι οποίοι συνδυαστικά αυξάνουν την ένταση της έκθεσης σε μηχανικές δονήσεις. Το συχνότερο πρόβλημα υγείας που αναφέρθηκε μετά τη λήψη μετρήσεων, κυρίως από εργαζόμενους μεταξύ ηλικίας 40-55 χρονών, είναι ο πόνος στη μέση. Αποτελεσματική αντιμετώπιση στο πρόβλημα αυτό, αλλά και στη μείωση της έντασης των μηχανικών κραδασμών, είναι η ύπαρξη κατάλληλου καθίσματος με ανάρτηση και εργονομική σχεδίαση έτσι ώστε η στάση του σώματος να παραμένει στην κατάλληλη και λιγότερο επίπονη θέση.

Όσον αφορά τους μηχανικούς κραδασμούς μεταδιδόμενους στο σύστημα χειρός-βραχίονα κατά τη χρήση εργαλείων, η χρήση των αντικραδασμικών γαντιών για τη μείωση δονήσεων φάνηκε να είναι ανεπαρκής. Η μείωση της έντασης των κραδασμών δεν ήταν αρκετή ώστε να μειώσει τις τιμές κάτω από τα όρια που θέτει η νομοθεσία. Παρατηρήθηκε επίσης πως, σε χαμηλές θερμοκρασίες τα προβλήματα υγείας των εκτιθέμενων εργαζομένων εμφανίζονταν γρηγορότερα απ' ότι σε κανονικές θερμοκρασίες.

Τέλος σημαντικό ρόλο στην επικινδυνότητα της υγείας από μηχανικές δονήσεις διαδραματίζουν οι ατομικοί παράγοντες. Διαπιστώθηκε πως οι εργαζόμενοι με βεβαρημένο ιατρικό παρελθόν αλλά και ανθυγιεινές καθημερινές συνήθειες (π.χ. κατανάλωση αλκοόλ) παρουσιάζουν μεγαλύτερη συχνότητα στα προβλήματα υγείας από έκθεση σε μηχανικούς κραδασμούς απ' ότι τα άτομα με υγιεινές καθημερινές συνήθειες.

4.2 Προτάσεις βελτίωσης

Για να υπάρξει μία πιο αποτελεσματική αντιμετώπιση του προβλήματος της έκθεσης των εργαζομένων σε μηχανικούς κραδασμούς προτείνονται με βάση τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης τα παρακάτω:

- Διενέργεια μελετών μεγαλύτερης χρονικής διάρκειας. Μελέτες που θα διαρκούσαν μια πενταετία ή και περισσότερο (ιδανικά για όλη τη χρονική διάρκεια ενός μεταλλευτικού έργου) θα βοηθούσαν έτσι ώστε να παρακολουθείται η υγεία των εργαζομένων και οι μεταβολές της, καθώς και η λειτουργικότητα του εξοπλισμού και τα στάδια φθοράς του.
- Εκτενέστερη μελέτη των περιπτώσεων φθοράς των οχημάτων και εργαλείων καθώς και των συνθηκών εργασίας του εξοπλισμού και του περιβάλλοντος εργασίας (έδαφος, θερμοκρασία, κ.λπ.). Οι κατασκευαστές μπορεί να παρέχουν πληροφορίες και σχεδιαγράμματα για τα εύρη έντασης κραδασμών, είτε από χρήση οχημάτων είτε από χρήση φορητών εργαλείων, αλλά δεν καλύπτουν ένα μεγάλο φάσμα των περιπτώσεων έκθεσης σε κραδασμούς (π.χ. διαφοροποίηση της έντασης μηχανικών κραδασμών ανάλογα με την κατάσταση του εδάφους).
- Μελέτες που να αφορούν τη βελτιστοποίηση των προγραμμάτων συντήρησης του εξοπλισμού εργασίας, του χώρου εργασίας, των συστημάτων στον χώρο εργασίας, του σχεδιασμού των θέσεων εργασίας και της εκπαίδευσης των εργαζομένων στον τρόπο χρήσης των οχημάτων και φορητών εργαλείων ώστε να εκτίθενται στη μικρότερη δυνατή ένταση μηχανικών κραδασμών.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Ainsa, I., Gonzalez, D., Lizaranzu, M., & Bernad, C. (2011). Experimental evaluation of uncertainty in hand–arm vibration measurements. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(2), 167–179.
- Akinnuli, B. O., Dahunsi, O. A., Ayodeji, S. P., & Bodunde, O. P. (2018). Whole-body vibration exposure on earthmoving equipment operators in construction industries. *Cogent Engineering*, 5(1), 1507266.
- Almagirby, A., Carré, M. J., & Rongong, J. A. (2017). A new methodology for measuring the vibration transmission from handle to finger whilst gripping. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 58, 55–61.
- Azizan, A., Fard, M., Azari, M. F., & Jazar, R. (2017). Effects of vibration on occupant driving performance under simulated driving conditions. *Applied Ergonomics*, 60, 348–355.
- Basri, B., & Griffin, M. J. (2013). Predicting discomfort from whole-body vertical vibration when sitting with an inclined backrest. *Applied Ergonomics*, 44(3), 423–434.
- Blood, R. P., Rynell, P. W., & Johnson, P. W. (2012). Whole-body vibration in heavy equipment operators of a front-end loader: Role of task exposure and tire configuration with and without traction chains. *Journal of Safety Research*, 43(5-6), 357–364.
- Burgess-Limerick, R., & Lynas, D. (2016). Long duration measurements of whole-body vibration exposures associated with surface coal mining equipment compared to previous short-duration measurements. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 13(5), 339–345.
- Burström, L., & Lundström, R. (1988). Mechanical energy absorption in human hand-arm exposed to sinusoidal vibration. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 61(3), 213–216.
- Chaudhary, D. K., Bhattacharjee, A., & Patra, A. (2015). Analysis of whole-body vibration exposure of drill machine operators in open pit iron ore mines. *Procedia Earth and Planetary Science*, 11, 524–530.
- Chaudhary, D. K., Bhattacharjee, A., Patra, A. K., & Chau, N. (2015). Whole-body vibration exposure of drill operators in iron ore mines and role of

machine-related, individual, and rock-related factors. *Safety and Health at Work*, 6(4), 268–278.

- Chaudhary, D. K., Palei, S. K., Kumar, V., & Karmakar, N. C. (2020). Whole-body vibration exposure of heavy earthmoving machinery operators in surface coal mines: A comparative assessment of transport and non-transport earthmoving equipment operators. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28(1), 174–183.
- de la Hoz-Torres, M. L., Aguilar, A. J., Martínez-Aires, M. D., & Ruiz, D. P. (2021). A methodology for assessment of long-term exposure to whole-body vibrations in vehicle drivers to propose preventive safety measures. *Journal of Safety Research*, 78, 47–58.
- De Silva, G. H. M. J. S., & Wijewardana, T. R. S. T. (2021). Preliminary results of hand arm vibration (HAV) exposures of chipping hammer operators in tropical weather: Analysis of exposures and protective gloves. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 86, 103197.
- Dong, R. G., Welcome, D. E., Peterson, D. R., Xu, X. S., McDowell, T. W., Warren, C., Asaki, T., Kudernatsch, S., & Brammer, A. (2014). Tool-specific performance of vibration-reducing gloves for attenuating palm-transmitted vibrations in three orthogonal directions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44(6), 827–839.
- Duarte, M. L., de Araújo, P. A., Horta, F. C., Vecchio, S. D., & de Carvalho, L. A. (2018). Correlation between weighted acceleration, vibration dose value and exposure time on whole body vibration comfort levels evaluation. *Safety Science*, 103, 218–224.
- Edwards, D. J., & Holt, G. D. (2006). Hand-arm vibration exposure from construction tools: Results of a field study. *Construction Management and Economics*, 24(2), 209–217.
- Eger, T., Stevenson, J., Boileau, P.-É., & Salmoni, A. (2008). Predictions of health risks associated with the operation of load-haul-dump mining vehicles: Part 1—analysis of whole-body vibration exposure using ISO 2631-1 and ISO-2631-5 standards. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(9-10), 726–738.
- Emkani, M., Hashemi Nejad, N., Jalilian, H., Gholami, M., Sadeghi, N., & Rahimimoghadam, S. (2016). Exposure to whole body vibration in heavy mine

vehicle drivers and its association with upper limbs musculoskeletal disorders. *Journal of Occupational Health and Epidemiology*, 5(4), 226–234.

- Futatsuka, M., Shono, M., Sakakibara, H., & Quan, P. Q. (2005). Hand arm vibration syndrome among quarry workers in Vietnam. *Journal of Occupational Health*, 47(2), 165–170.
- Hamouda, K., Rakheja, S., Marcotte, P., & Dewangan, K. N. (2017). Fingers vibration transmission performance of vibration reducing gloves. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 62, 55–69.
- Kia, K., Fitch, S. M., Newsom, S. A., & Kim, J. H. (2020). Effect of whole-body vibration exposures on physiological stresses: Mining Heavy Equipment Applications. *Applied Ergonomics*, 85, 103065.
- Kumar, S. (2004). Vibration in operating heavy haul trucks in overburden mining. *Applied Ergonomics*, 35(6), 509–520.
- Kumar, V., Palei, S. K., Karmakar, N. C., & Chaudhary, D. K. (2022). Whole-body vibration exposure vis-à-vis musculoskeletal health risk of dumper operators compared to a control group in coal mines. *Safety and Health at Work*, 13(1), 73–77.
- Li, W., Zhang, M., Lv, G., Han, Q., Gao, Y., Wang, Y., Tan, Q., Zhang, M., Zhang, Y., & Li, Z. (2015). Biomechanical response of the musculoskeletal system to whole body vibration using a seated driver model. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 45, 91–97.
- Lindenmann, A., Uhl, M., Gwosch, T., & Matthiesen, S. (2021). The influence of human interaction on the vibration of hand-held human-machine systems – the effect of body posture, feed force, and gripping forces on the vibration of Hammer drills. *Applied Ergonomics*, 95, 103430.
- Lynas, D., & Burgess-Limerick, R. (2020). Whole-body vibration associated with underground coal mining equipment in Australia. *Applied Ergonomics*, 89, 103162.
- Mandal, B. B., Pal, A. K., & Sishodiya, P. K. (2013). Vibration characteristics of mining equipment used in Indian mines and their vibration hazard potential. *International Journal of Environmental Health Engineering*, 2(1), 45.

- Marin, L. S., Rodriguez, A., Rey, E., Barrero, L. H., Dennerlein, J., & Johnson, P. W. (2016). Influence of speed in whole body vibration exposure in heavy equipment mining vehicles. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 60(1), 919–922.
- Mayton, A. G., Porter, W. L., Xu, X. S., Weston, E. B., & Rubenstein, E. N. (2018). Investigation of human body vibration exposures on haul trucks operating at U.S. surface mines/quarries relative to haul truck activity. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 64, 188–198.
- Momir Prašćević, Darko Mihajlov (2014). Risk Assessment in mining industry arising from Hand-Arm Vibration. *Annual of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”*
- Nawayseh, N., Alchakouch, A., & Hamdan, S. (2020). Tri-axial transmissibility to the head and spine of seated human subjects exposed to fore-and-aft whole-body vibration. *Journal of Biomechanics*, 109, 109927.
- Newell, G. S., & Mansfield, N. J. (2008). Evaluation of reaction time performance and subjective workload during whole-body vibration exposure while seated in upright and twisted postures with and without armrests. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38(5-6), 499–508.
- Nyantumbu, B., Barber, C. M., Ross, M., Curran, A. D., Fishwick, D., Dias, B., Kgalamono, S., & Phillips, J. I. (2006). Hand-arm vibration syndrome in South African Gold Miners. *Occupational Medicine*, 57(1), 25–29.
- Park, D. J., Choi, M. G., Song, J. T., Ahn, S. J., & Jeong, W. B. (2019). Attention decrease of drivers exposed to vibration from military vehicles when driving in terrain conditions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 72, 363–371.
- Park, J.-H., Kia, K., Srinivasan, D., & Kim, J. H. (2021). Postural balance effects from exposure to multi-axial whole-body vibration in mining vehicle operation. *Applied Ergonomics*, 91, 103307.
- Pollard, J., Porter, W., Mayton, A., Xu, X., & Weston, E. (2017). The effect of vibration exposure during haul truck operation on grip strength, Touch Sensation, and balance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 57, 23–31.

- Rebelle, J. (2021). Truck loading or unloading operations: Reduction of the whole-body vibration exposure of pallet truck drivers at the Dock Leveller Location. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 83, 103127.
- Smets, M. P. H., Eger, T. R., & Grenier, S. G. (2010). Whole-body vibration experienced by haulage truck operators in surface mining operations: A comparison of various analysis methods utilized in the prediction of Health Risks. *Applied Ergonomics*, 41(6), 763–770.
- Su, T. A., Hoe, V. C., Masilamani, R., & Awang Mahmud, A. B. (2010). Hand-arm vibration syndrome among a group of construction workers in Malaysia. *Occupational and Environmental Medicine*, 68(1), 58–63.
- Welcome, D. E., Dong, R. G., Xu, X. S., Warren, C., McDowell, T. W., & Wu, J. Z. (2015). An examination of the vibration transmissibility of the hand-arm system in three orthogonal directions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 45, 21–34.
- Wolfgang, R., & Burgess-Limerick, R. (2014). Whole-body vibration exposure of haul truck drivers at a surface coal mine. *Applied Ergonomics*, 45(6), 1700–1704.
- Xu, X., Yuan, Z., Gong, M., He, L., Wang, R., Wang, J., Yang, Q., & Wang, S. (2017). Occupational hazards survey among coal workers using hand-held vibrating tools in a northern China coal mine. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 62, 21–26.
- Xu, X. S., Welcome, D. E., McDowell, T. W., Warren, C., Service, S., Lin, H., Chen, Q., & Dong, R. G. (2021). An investigation of the effectiveness of vibration-reducing gloves for controlling vibration exposures during grinding handheld workpieces. *Applied Ergonomics*, 95, 103454.
- Zhao, X., & Schindler, C. (2014). Evaluation of whole-body vibration exposure experienced by operators of a compact wheel loader according to ISO 2631-1:1997 and ISO 2631-5:2004. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44(6), 840–850.
- Machine Condition Monitoring (1989). Nærum, Denmark: Brüel & Kjær.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Γαλετάκης Μ., (2020), «Μηχανικές δονήσεις στην εργασία», Σημειώσεις του μαθήματος, Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά
- Γαλετάκης Μ., (2019), «Υγιεινή και Ασφάλεια σε Μεταλλευτικά και Υπόγεια Έργα», Σημειώσεις του μαθήματος, Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά, σελ. 24
- Καταγή Εβ., (2002), «Το σύνδρομο δόνησης χεριού-βραχίονα», Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας, Αθήνα
- Καταγή Εβ., (2002), «Οδηγοί δονούμενων οχημάτων», Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας, Αθήνα
- Λιούλιου Π., (2021), «Οι δονήσεις (κραδασμοί) στους εργασιακούς χώρους», Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας, Αθήνα
- Παναγοπούλου Κ., Μεθοδολογία εκτίμησης του εργασιακού κινδύνου από μηχανικούς κραδασμούς στα μεταλλευτικά και τεχνικά έργα. Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2014
- Υπουργείο Εργασίας και Κοινωνικής Ασφάλειας, (2010), «Μη δεσμευτικός οδηγός καλής πρακτικής για την εφαρμογή οδηγίας 2002/44/EK», Αθήνα

Διαδικτυακές Πηγές

- <https://www.elinyae.gr/themata-yae/doniseis/page/methodologia-prosdiorismoy-ton-doniseon-kradasmon-kata-tin-ergasia> (προσπελάστηκε στις 13/7/2022)
- <https://www.safetyandhealthmagazine.com/articles/18405-bad-vibrations-whole-body-hand-arm-risk> (προσπελάστηκε στις 22/5/2022)
- <https://www.hse.gov.uk/pubns/indg242.pdf> (προσπελάστηκε στις 25/5/2022)
- <https://www.bristol.ac.uk/safety/media/gn/vibration-gn.pdf> (προσπελάστηκε στις 6/6/2022)
- <https://www.elinyae.gr/themata-yae/doniseis/page/thematiko-bibliografiko-deltio> (προσπελάστηκε στις 20/5/2022)
- <https://www.cdc.gov/niosh/docs/83-110/default.html> (προσπελάστηκε στις 25/5/2022)
- <https://www.wikipedia.org/> (προσπελάστηκε στις 27/4/2023)
- <https://www.hse.gov.uk/vibration/hav/calcinstr.htm> (προσπελάστηκε στις 25/5/2022)
- [https://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/D4F6D611A08F6287C2257EC2001E205C/\\$file/doniseis.pdf](https://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/D4F6D611A08F6287C2257EC2001E205C/$file/doniseis.pdf) (προσπελάστηκε στις 10/6/2022)
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/LSU/?uri=CELEX:32002L0044> (προσπελάστηκε στις 12/4/2022)
- <https://fosterohs.com/> (προσπελάστηκε στις 20/4/2022)
- <https://www.sciencedirect.com/> (προσπελάστηκε στις 12/1/2023)
- <https://www.researchgate.net/> (προσπελάστηκε στις 10/1/2023)
- <https://www.tandfonline.com/> (προσπελάστηκε στις 29/12/2022)
- <https://scholar.google.com/> (προσπελάστηκε στις 29/12/2022)
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/> (προσπελάστηκε στις 23/12/2022)
- <https://www.iso.org/home.html> (προσπελάστηκε στις 13/3/2023)
- https://www.cat.com/en_GB.html (προσπελάστηκε στις 25/4/2023)
- <https://venouziou.gr/> (προσπελάστηκε στις 13/12/2021)
- <https://nikosparaskevas.gr/> (προσπελάστηκε στις 13/12/2021)
- <https://www.truemed.gr/> (προσπελάστηκε στις 13/12/2021)

Ευρωπαϊκά Πρότυπα

- EN ISO 5349-1:2001, Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης, (2001), Μηχανικοί κραδασμοί – Μέτρηση και αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χειρός-βραχίονα – Μέρος 1: Γενικές απαιτήσεις
- EN ISO 5349-2:2001, Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης, (2001), Μηχανικοί κραδασμοί – Μέτρηση και αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε κραδασμούς που μεταδίδονται στο σύστημα χεριού-βραχίονα – Μέρος 2: Πρακτικές οδηγίες για μετρήσεις στον χώρο εργασίας
- ISO 10819:1996, Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης, (1996), Μηχανικές δονήσεις και κραδασμοί – Δονήσεις χειρός-βραχίονα – Μέθοδος για την μέτρηση και την αξιολόγηση της μεταδοτικότητας των κραδασμών στην παλάμη των χεριών με την χρήση γαντιών

Διεθνή Πρότυπα

- ISO 2631-1:1997, Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης, (1997), Μηχανικοί κραδασμοί – Αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα – Μέρος 1: Γενικές απαιτήσεις
- ISO 2631-5:2018, Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης, (2018), Μηχανικοί κραδασμοί – Αξιολόγηση της έκθεσης του ανθρώπου σε μηχανικές δονήσεις μεταδιδόμενες σε ολόκληρο το σώμα – Μέρος 5: Μέθοδος αξιολόγησης κραδασμών που περιέχουν πολλαπλά «σοκ»
- ISO 8041:2005, Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης, (2005), Ανθρώπινη ανταπόκριση σε κραδασμούς – Όργανα μέτρησης
- ISO 8041-1:2017, Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης, (2017), Ανθρώπινη ανταπόκριση σε κραδασμούς – Όργανα μέτρησης – Μέρος 1: Μετρητές δονήσεων για γενική χρήση
- ISO 13090:1-1998, Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης, (1998), Μηχανικές δονήσεις και κραδασμοί – Οδηγίες σχετικά με τις πτυχές ασφάλειας δοκιμών και πειραμάτων με ανθρώπους – Έκθεση σε μηχανικές επαναλαμβανόμενες δονήσεις σε ολόκληρο το σώμα

Ελληνική Νομοθεσία

- Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών (Κ.Μ.Λ.Ε.)
- Οδηγία 2002/44/ΕΚ - Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (κραδασμοί)
- Προεδρικό Διάταγμα υπ' αριθμόν 176/2005 – Ελάχιστες προδιαγραφές υγείας και ασφάλειας όσον αφορά την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (κραδασμοί), σε συμμόρφωση με την οδηγία 2002/44/ΕΚ