

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΣΕ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕ ΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΜΕΡΗ ΜΗΧΑΝΩΝ

Ι.Α. Παπάζογλου, Ο. Ανεζίρη, Μ. Κωνσταντινίδου

Εργαστήριο Αξιοπιστίας Συστημάτων και Βιομηχανικής Ασφάλειας, ΕΚΕΦΕ «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ»

L. Bellamy

WhiteQueen, Netherlands

Μεγάλο μέρος του εργατικού δυναμικού είναι συχνά εκτεθειμένο κατά την διάρκεια της εργασίας του σε κινδύνους που σχετίζονται με κινούμενα μέρη μηχανημάτων. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια μεθοδολογία για τη διαχείριση του επαγγελματικού κινδύνου σε εργασίες με κινούμενα μέρη μηχανών. Η μεθοδολογία βασίζεται στις αρχές της ποσοτικής εκτίμησης κινδύνου. Ένα λογικό μοντέλο για την εκτίμηση του κινδύνου κατά την εργασία και επαφή με κινούμενα μέρη μηχανών έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του Workgroup Occupational Model (WORM) project, το οποίο χρηματοδοτήθηκε από την ολλανδική κυβέρνηση. Έχουν αναπτυχθεί συνολικά 63 μοντέλα για την κάλυψη όλων των κινδύνων σε όλες τις επαγγελματικές δραστηριότητες. Τα μοντέλα αυτά επιτρέπουν την οριοθέτηση των ατυχημάτων σε ακολουθίες γεγονότων που περιγράφουν τα μέτρα (τεχνικά και/ή διαδικαστικά) για την αποφυγή των ατυχημάτων ή τον μετριασμό των συνεπειών τους. Η ταυτοποίηση αυτών των ακολουθιών καθιστά δυνατό τον εντοπισμό των αιτιών των ατυχημάτων αυτών και, συνεπώς, είναι εφικτός ο καθορισμός ειδικών και πρακτικών δράσεων που μπορούν να επηρεάσουν την πιθανότητα ατυχήματος. Στην παρούσα εργασία ο κίνδυνος έχει ποσοτικοποιηθεί για διαφορετικές περιπτώσεις εργασίας με μηχανές, τόσο κατά την λειτουργία, όσο και κατά την συντήρηση μιας μηχανής. Η αξιολόγηση της σημασίας των μέτρων που επηρεάζουν τον κίνδυνο γίνεται με την ανάλυση ευαισθησίας. Με αυτή τη μέθοδο εντοπίζονται τα κυριότερα μέτρα που συνεισφέρουν στη μείωση του κινδύνου.

1. Εισαγωγή

Οι επαγγελματικοί θάνατοι και τραυματισμοί που προκαλούνται, λόγω εργασίας με κινούμενο εξοπλισμό και μηχανήματα είναι πολύ συχνοί και αφορούν διαφορετικού είδους βιομηχανίες και δραστηριότητες. Σύμφωνα με τον OSHA (2007) οι ακρωτηριασμοί είναι από τους πιο σοβαρούς τραυματισμούς που συχνά οδηγούν σε μόνιμη αναπηρία. Αυτοί οι τραυματισμοί προκύπτουν από τη χρήση μηχανημάτων όπως πρέσες, μεταφορικές ταινίες, μηχανήματα εκτύπωσης, μύλους, αγροτικά μηχανήματα, μηχανήματα εξέλασης, μηχανήματα ανάμιξης καθώς επίσης και από περονοφόρα ανυψωτικά μηχανήματα, αυτόματες πόρτες, συμπιεστές απορριμμάτων και κατά τη χρήση μηχανημάτων μεταφοράς υλικών (OSHA, 2007). Το ποσοστό των περιστατικών, σύμφωνα με αμερικανική Υπηρεσία Στατιστικών Εργασίας, ειδικά για γεγονότα σχετικά με "συμπίση ανάμεσα σε εξοπλισμό ή αντικείμενα" είναι πάνω από 6 περιπτώσεις ανά 10.000 εργαζομένους ετησίως για την περίοδο 2003 - 2007 στις Ηνωμένες Πολιτείες, με περισσότερα από 250 θανατηφόρα περιστατικά ανά έτος στο ίδιο χρονικό διάστημα. Σχεδόν 400 ατυχήματα συμβαίνουν κάθε χρόνο μόνο στην Ολλανδία, σαν αποτέλεσμα της επαφής με τα κινούμενα μέρη μηχανών (GISAI 2005) και είναι η πιο συχνή αιτία τραυματισμών στο χώρο εργασίας. Τα περισσότερα από τα ατυχήματα συμβαίνουν, όταν το προσωπικό λειτουργεί τις μηχανές, αλλά πολλά είναι και τα ατυχήματα που συμβαίνουν, όταν οι μηχανές είναι σε συντήρηση ή καθαρισμό.

Η Ολλανδική κυβέρνηση επέλεξε την ποσοτική μέθοδο εκτίμησης επικινδυνότητας για τον προσδιορισμό των πιο σημαντικών τρόπων που μπορούν να συμβούν εργατικά ατυχήματα και την ελαχιστοποίηση της επικινδυνότητάς τους. Αυτή η προσπάθεια ξεκίνησε με το ερευνητικό πρόγραμμα WORM (Workgroup Occupational Risk Model), όπως περιγράφει ο Ale et al. (2008). Μεγάλο τμήμα αυτού του προγράμματος αποτελούσε η ποσοτικοποίηση του επαγγελματικού κινδύνου, σύμφωνα με τη μεθοδολογία των λογικών διαγραμμάτων (bowties), όπως αναπτύχθηκε σε αυτό το πρόγραμμα και περιγράφεται από τους Papazoglou & Ale (2007).

Αναλύθηκαν 9000 εργατικά ατυχήματα GISAI (2005), που συνέβησαν στην Ολλανδία το χρονικό διάστημα 1998 – 2004. Από αυτά 797 οφείλονται σε επαφή με κινούμενα μέρη μηχανημάτων και έχουν συμβεί στο διάστημα δυο ετών (1998 - 2000). Λογικά μοντέλα για κινούμενα μέρη μηχανημάτων έχουν παρουσιασθεί από τον Baksteen et al. (2006). Τα μοντέλα αυτά επιτρέπουν την ανάλυση των ατυχημάτων με ακολουθίες γεγονότων που περιλαμβάνουν τα μέτρα πρόληψης και προστασίας για την αποφυγή ατυχημάτων ή τον μετριασμό των συνεπειών τους. Η ποσοτικοποίηση των εν λόγω μοντέλων παρέχει ένα τρόπο για την αξιολόγηση αυτών των μέτρων και, επομένως παρέχει τη βάση για την υποστήριξη αποφάσεων με στόχο τη μείωση των συνεπειών των ατυχημάτων στους χώρους εργασίας.

Ποιοτικές πληροφορίες σχετικά με την αστοχία των μέτρων ασφάλειας έχουν προέλθει από την ανάλυση των ατυχημάτων που έχουν καταγραφεί στην Ολλανδία επί σειρά ετών. Οι πληροφορίες αυτές προέρχονται από την ανάλυση των εκθέσεων ατυχημάτων, που έχουν εκπονήσει οι επιθεωρητές εργασίας, σύμφωνα με την απαίτηση της ολλανδικής νομοθεσίας. Οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη των λογικών μοντέλων, τη λογική διασύνδεση των διαφόρων γεγονότων (μέτρων ασφαλείας) και τα λογικά μοντέλα ποσοτικοποιήθηκαν σύμφωνα με τους νόμους της θεωρίας των πιθανοτήτων.

Τα δεδομένα που απαιτούνται για την ποσοτικοποίηση των εν λόγω μοντέλων προέρχονται από τις ακόλουθες πηγές: α) εκτεταμένη έρευνα σε χώρους εργασίας που

παρέχει τις ώρες εργασίας κοντά σε μηχανήματα με κινούμενα μέρη στην Ολλανδία, δηλαδή την έκθεση των εργαζομένων σε κίνδυνο β) έρευνα κατά την οποία αξιολογήθηκαν τα ποσοστά επιτυχίας για διάφορα μέτρα ασφάλειας γ) ανάλυση των λεπτομερειών των 797 ατυχήματα με κινούμενα μέρη μηχανών κατά τη λειτουργία, τη συντήρηση, και τον καθαρισμό τους στην Ολλανδία, που παρέχονται από τη βάση δεδομένων GISAI.

Η εργασία αυτή παρουσιάζει τη συνολική επικινδυνότητα, για δυο περιπτώσεις επαφής με κινούμενα μέρη μηχανών: α) επαφή με κινούμενα μέρη μιας μηχανής κατά τη διάρκεια λειτουργίας της και β) επαφή με κινούμενα μέρη μιας μηχανής κατά τη συντήρησή της. Η εργασία είναι οργανωμένη ως εξής: μετά την εισαγωγή (παράγραφος 1), η παράγραφος 2 παρουσιάζει το γενικό λογικό μοντέλο για την επαφή με κινούμενα μέρη μηχανημάτων και τα αποτελέσματα για την επικινδυνότητα στις δυο περιπτώσεις. Η παράγραφος 3 παρουσιάζει την ιεράρχηση των διαφορετικών συνθηκών εργασίας και / ή μέτρων ασφαλείας όσον αφορά στη συμβολή τους στον συνολικό κίνδυνο και τέλος η παράγραφος 4 παρέχει τα συμπεράσματα.

2. Λογικό μοντέλο για επαφή με κινούμενα μέρη μηχανών

Σε αυτή την παράγραφο παρουσιάζεται το γενικό μοντέλο για ατυχήματα που μπορούν να συμβούν λόγω επαφής των εργαζομένων με κινούμενα μέρη μηχανών, είτε κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους είτε κατά τη διάρκεια συντήρησής τους.

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται το λογικό διάγραμμα (bowtie) για ατυχήματα λόγω επαφής με κινούμενα μέρη μηχανών. Το κεντρικό γεγονός (C.E. στο Σχήμα 1) είναι δυαδικό με τις ακόλουθες καταστάσεις α) Δεν συμβαίνει επαφή με κινούμενα μέρη μηχανών και β) Συμβαίνει ατύχημα λόγω επαφής με κινούμενα μέρη μηχανών. Τα γεγονότα που βρίσκονται αριστερά από το κεντρικό γεγονός απεικονίζουν τα μέτρα πρόληψης ατυχήματος, ενώ τα γεγονότα που βρίσκονται δεξιά από το κεντρικό γεγονός είναι μέτρα περιορισμού του ατυχήματος και καθορίζουν τις συνέπειές του.

Τα γεγονότα πρόληψης περιλαμβάνουν το αρχικό γεγονός και τα προστατευτικά μέτρα. Το αρχικό γεγονός απεικονίζει τις εργασίες που μπορεί να εκτελούνται στις μηχανές, όπως η λειτουργία (ομαλή λειτουργία, ξεκίνημα, σταμάτημα, δοκιμή κλπ) και η συντήρηση (διορθωτική ή προληπτική, έλεγχοι). Τα μέτρα προστασίας μπορεί να είναι είτε τεχνικά, όπως προστατευτικές πλάκες, πλήκτρα θέσης εκτός λειτουργίας, κλειδιά ασφαλείας, είτε οργανωτικά μέτρα, όπως διαδικασίες ορθής λειτουργίας. Επίσης τα μέτρα προστασίας διακρίνονται σε συστήματα πρώτης γραμμής (Primary Safety Barriers) και σε βοηθητικά συστήματα (Support Safety Barriers).

Τα συστήματα πρώτης γραμμής εμποδίζουν να συμβεί ατύχημα λόγω επαφής με κινούμενα μέρη μηχανών, είτε μόνα τους, είτε σε συνδυασμό με άλλα συστήματα πρώτης γραμμής. Τα βοηθητικά συστήματα προστασίας υποστηρίζουν την ορθή λειτουργία των συστημάτων πρώτης γραμμής και επηρεάζουν την πιθανότητα με την οποία αυτά μπορεί να αστοχήσουν.

Όταν ένα μηχανήματα λειτουργεί υπάρχουν οι ακόλουθοι τρόποι με τους οποίους μπορεί να συμβεί εργατικό ατύχημα λόγω επαφής με κινούμενα μέρη μηχανών:

α) ο εργαζόμενος εισέρχεται στην επικίνδυνη ζώνη του μηχανήματος, το οποίο δεν έχει επαρκή προστασία

β) το μηχανήματα ή τμήμα του εισέρχεται στην ασφαλή περιοχή εργασίας εργαζόμενου, ο οποίος δεν έχει επαρκή φυσική προστασία

Όταν ένα μηχανήματα είναι σταματημένο λόγω συντήρησης υπάρχει ένας επιπλέον τρόπος να συμβεί ατύχημα. Μπορεί να συμβεί απροσδόκητη (ακούσια) εκκίνηση του μηχανήματος, τη στιγμή που ο εργαζόμενος βρίσκεται στην επικίνδυνη ζώνη.

Τα προστατευτικά μέτρα πρώτης γραμμής σε ατυχήματα που μπορούν να συμβούν λόγω επαφής με κινούμενα μέρη μηχανών είναι τα ακόλουθα:

- α) Μέτρα προστασίας των κινητών στοιχείων μηχανών, ώστε να μην μπορούν να πλησιάσουν εργαζόμενο, όπως προστατευτικές πλάκες, εσχάρες, κ.λ.π
- β) Μέτρα που εμποδίζουν τον εργαζόμενο να εισέλθει στην επικίνδυνη ζώνη (π.χ. σήμανση)
- γ) Μέτρα που εμποδίζουν τμήματα μηχανών να εισέλθουν στην ασφαλή περιοχή των εργαζομένων (π.χ. καλή κατάσταση λειτουργίας μηχανήματος)
- δ) Στην περίπτωση μηχανής που βρίσκεται σε συντήρηση, υπάρχουν μέτρα που εμποδίζουν την εκκίνηση της μηχανής, όταν εργαζόμενος βρίσκεται στην επικίνδυνη περιοχή, όπως κλειδιά ασφαλείας, διπλός χειρισμός, πλήκτρα θέσης εκτός λειτουργίας κλπ.

Τα βοηθητικά προστατευτικά μέτρα σε ατυχήματα που μπορούν να συμβούν λόγω επαφής με κινούμενα μέρη μηχανών είναι τα ακόλουθα:

- α) Σεβασμός της επικίνδυνης ζώνης μηχανημάτων. Αυτό το μέτρο εμποδίζει τους εργαζόμενους να εισέρχονται στην επικίνδυνη ζώνη των μηχανημάτων.
- β) Έλεγχος κινήσεων του εργαζόμενου και συνειδητοποίηση του κινδύνου. Αυτό το μέτρο περιλαμβάνει την ικανότητα του εργαζόμενου να ελέγχει τις κινήσεις τους, έτσι ώστε να μην εισέρχεται στην επικίνδυνη ζώνη από γλίστρημα, παραπάτημα κλπ.
- γ) Ικανότητα χειρισμού μηχανών. Αυτό το μέτρο περιλαμβάνει την ικανότητα ορθού χειρισμού και μέσα στα ασφαλή όρια λειτουργίας των μηχανών.
- δ) Ακεραιότητα μηχανήματος. Αυτό το μέτρο περιλαμβάνει την ορθή και ασφαλή λειτουργία του μηχανήματος, ώστε να μην εκσφενδονίζονται τμήματά του και να μην κινδυνεύει εργαζόμενος που βρίσκεται στην ασφαλή ζώνη εργασίας.
- ε) Έγκαιρη Διακοπή Λειτουργίας Μηχανήματος. Αυτό το μέτρο περιλαμβάνει την ασφαλή διακοπή λειτουργίας μηχανήματος είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα.
- στ) Κλειδώμα της μηχανής (Lock-out & Tag-out): Αυτό το μέτρο εμποδίζει την ακούσια λειτουργία της μηχανής κατά τη διάρκεια της συντήρησης (ή καθαρισμού) αυτής.

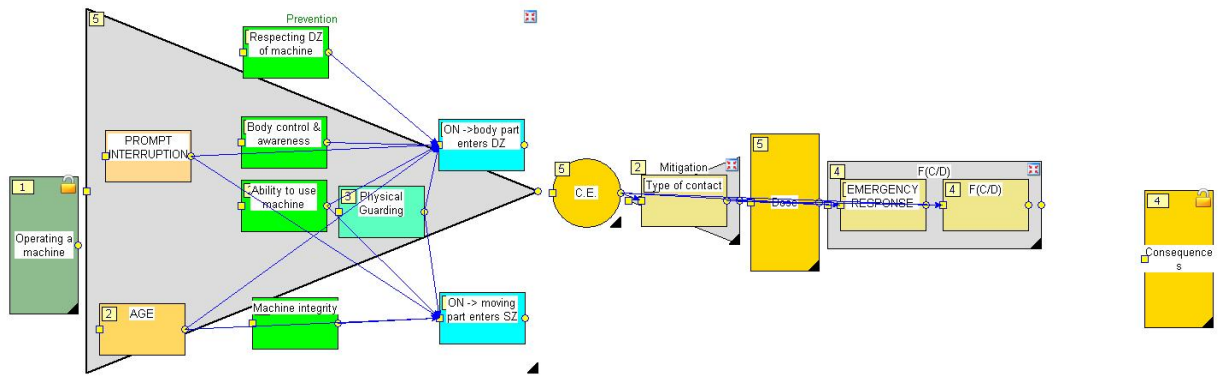
Μέτρα Περιορισμού Επιπτώσεων

Τα γεγονότα που βρίσκονται στο δεξί τμήμα του Λογικού μοντέλου μετά το κεντρικό γεγονός, επηρεάζουν τις συνέπειες του ατυχήματος. Αυτά τα γεγονότα είναι τα ακόλουθα:

- α) Είδος επαφής με κινούμενα μέρη μηχανής και
- β) Απόκριση στην έκτακτη ανάγκη (άμεση ή όχι).

Οι ανεπιθύμητες συνέπειες αυτών των ατυχημάτων είναι τρεις και είναι οι ακόλουθες

- α) παροδικός τραυματισμός, β) μόνιμος τραυματισμός και γ) θάνατος.

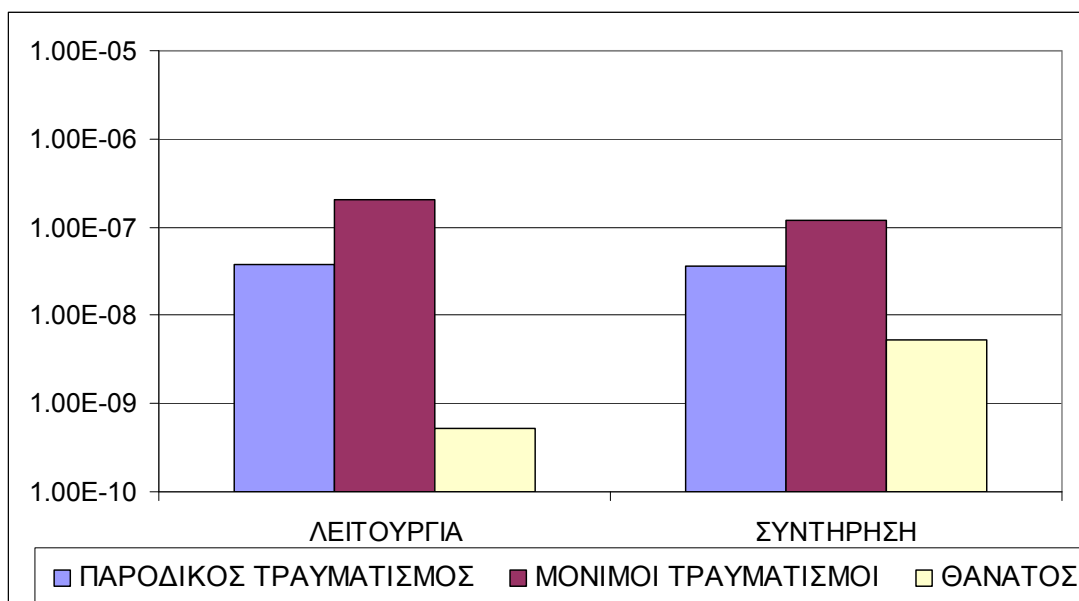


Σχήμα 1. Λογικό μοντέλο για επαφή με κινούμενα μέρη μηχανημάτων στη φάση λειτουργίας τους

Τα προστατευτικά μέτρα και η συχνότητα με την οποία αστοχούν παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Οι πιθανότητες αστοχίας εκτιμήθηκαν μέσω εκτεταμένων ερευνών για τις συνθήκες εργασίας στο εργατικό δυναμικό της Ολλανδίας και αποτελούν τον Ολλανδικό Μέσο Όρο Συνθηκών Εργασίας (RIVM, 2008).

Πίνακας 1. Προστατευτικά μέτρα και πιθανότητα αστοχίας τους κατά την λειτουργία και συντήρηση μηχανών με κινούμενα μέρη (Οι πιθανότητες αστοχίας έχουν προκύψει από την έρευνα των συνθηκών εργασίας στην Ολλανδία).

	Πιθανότητα Αστοχίας προστατευτικού μέτρου κατά την λειτουργία της μηχανής	Πιθανότητα Αστοχίας προστατευτικού μέτρου κατά την συντήρηση της μηχανής
Μέτρα προστασίας των κινητών στοιχείων μηχανών	0.208	0.222
Σεβασμός της επικίνδυνης ζώνης μηχανημάτων	0.27	0.28
Έλεγχος κινήσεων του εργαζόμενου	0.15	0.145
Ικανότητα χειρισμού μηχανών	0.16	0.13
Ακεραιότητα μηχανήματος	0.153	0.203
Έγκαιρη Διακοπή Λειτουργίας Μηχανήματος	0.14	0.15
Lock-out & Tag-out	-	0.08



Σχήμα 2. Πιθανότητα (/ώρα έκθεσης) για παροδικό, μόνιμο και θανάσιμο τραυματισμό από την επαφή με κινούμενα μέρη μηχανών.

Αποτελέσματα

Η ποσοτικοποίηση του λογικού μοντέλου για επαφή με κινούμενα μέρη μηχανών σύμφωνα με τα δεδομένα τα οποία προέρχονται από την ανάλυση των ατυχημάτων στην Ολλανδία έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα για τα τρία επίπεδα επιπτώσεων:

Πιθανότητα ατυχήματος με τραυματισμό από την επαφή με κινούμενα μέρη μηχανών κατά την λειτουργία μηχανής (/hr έκθεσης) = 2.45×10^{-7}
 Πιθανότητα θανάτου κατά την λειτουργία μηχανής (/hr) = 5.17×10^{-10}
 Πιθανότητα μόνιμου τραυματισμού κατά την λειτουργία μηχανής (/hr) = 2.07×10^{-7}
 Πιθανότητα παροδικού τραυματισμού κατά την λειτουργία μηχανής (/hr) = 3.80×10^{-8}

Πιθανότητα ατυχήματος με τραυματισμό από την επαφή με κινούμενα μέρη μηχανών κατά την συντήρηση μηχανής (/hr έκθεσης) = 1.63×10^{-7}
 Πιθανότητα θανάτου κατά την συντήρηση μηχανής (/hr) = 5.26×10^{-9}
 Πιθανότητα μόνιμου τραυματισμού κατά την συντήρηση μηχανής (/hr) = 1.20×10^{-7}
 Πιθανότητα παροδικού τραυματισμού κατά την συντήρηση μηχανής (/hr) = 3.67×10^{-8}

Από τα αποτελέσματα παρατηρούμε πως ενώ το επίπεδο επικινδυνότητας κατά την λειτουργία μηχανής είναι ελαφρώς υψηλότερο από ότι κατά την συντήρηση εντούτοις η πιθανότητα θανάσιμου τραυματισμού κατά την συντήρηση είναι αρκετά μεγαλύτερη σε σχέση με την αντίστοιχη κατά την λειτουργία της μηχανής με κινούμενα μέρη.

3. Ανάλυση ευαισθησίας

Προκειμένου να εκτιμηθεί η σχετική σημασία του κάθε παράγοντα που επηρεάζει τον κίνδυνο από την επαφή με κινούμενα μέρη μηχανών, έγινε ο υπολογισμός δύο δεικτών σημαντικότητας:

1. Δείκτης Μείωσης του Κινδύνου: Ο δείκτης αυτός εκφράζει τη σχετική μείωση του κινδύνου, σε σχέση με την υπάρχουσα κατάσταση, εάν το μέτρο βρίσκεται σε άριστη κατάσταση και επιτυγχάνει το στόχο του με πιθανότητα ίση με 100%.

2. Δείκτης Αύξησης του Κινδύνου: Ο δείκτης αυτός εκφράζει τη σχετική αύξηση του κινδύνου, σε σχέση με την υπάρχουσα κατάσταση, εάν το μέτρο αφαιρεθεί ή αστοχήσει με πιθανότητα ίση με 100%.

Ο Δείκτης Μείωσης του Κινδύνου δίνει προτεραιότητα στα διάφορα στοιχεία του μοντέλου για τους σκοπούς των πιθανών βελτιώσεων. Είναι πιο αποτελεσματικό να προσπαθήσουμε να βελτιώσουμε ή να εισάγουμε πρώτα ένα μέτρο με υψηλότερο δείκτη μείωσης του κινδύνου από ένα άλλο με χαμηλότερο δείκτη μείωσης κινδύνου.

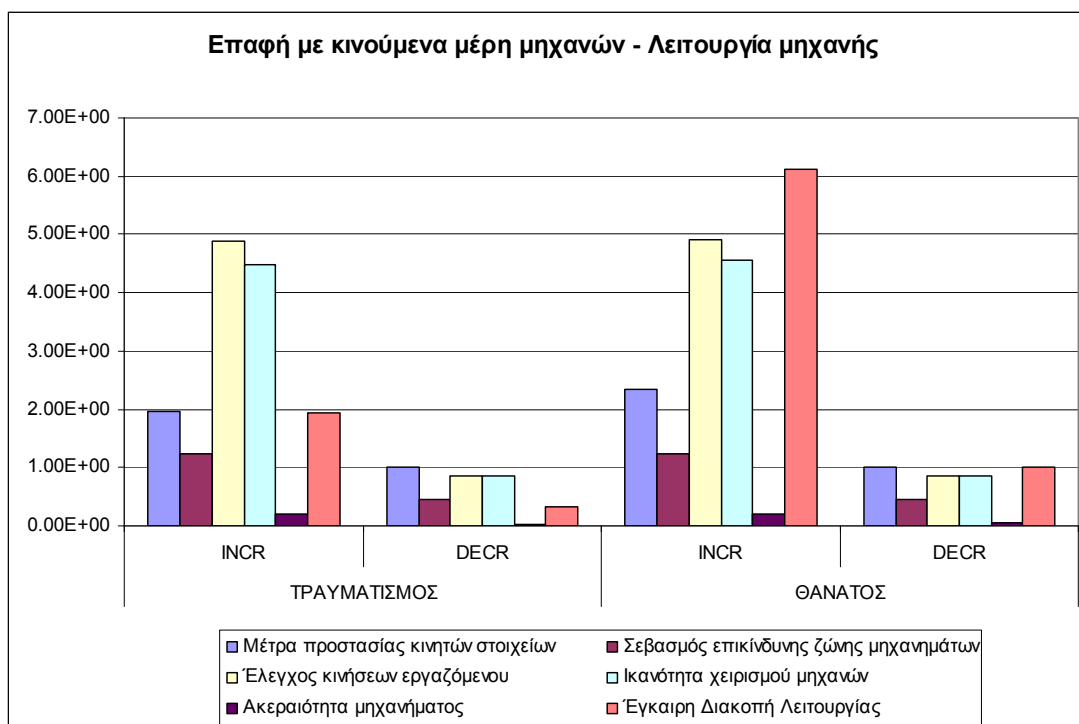
Ο Δείκτης Αύξησης του Κινδύνου παρέχει ένα μέτρο της σημασίας του κάθε στοιχείου στο μοντέλο ώστε το εργασιακό περιβάλλον να διατηρηθεί στο σημερινό επίπεδό του. Είναι πιο σημαντικό να επικεντρωθούμε στη διατήρηση ενός μέτρου με μεγαλύτερο δείκτη αύξησης κινδύνου από ένα άλλο με μικρότερο δείκτη.

Η ανάλυση ευαισθησίας έγινε ξεχωριστά για τη λειτουργία και τη συντήρηση μηχανών με κινούμενα μέρη και παρουσιάζεται αναλυτικά στις επόμενες παραγράφους.

Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας κατά την λειτουργία μηχανών με κινούμενα μέρη.

Η ανάλυση ευαισθησίας έγινε για τα διάφορα επίπεδα επιπτώσεων τα οποία καλύπτει το λογικό μοντέλο. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας δείχνουν ότι υπάρχει διαφοροποίηση ως προς τα πιο σημαντικά μέτρα για την πρόληψη θανατηφόρου ατυχήματος ή τραυματισμού (μόνιμου και παροδικού). Πιο συγκεκριμένα:

Η έγκαιρη διακοπή λειτουργίας της μηχανής είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για να μειωθεί ή να διατηρηθεί στο υπάρχον επίπεδο ο κίνδυνος θανατηφόρου ατυχήματος κατά τη λειτουργία μηχανών με κινούμενα μέρη. Για να μειωθεί ο κίνδυνος τραυματισμού (μόνιμος ή παροδικός) το πιο αποτελεσματικό μέτρο είναι η προστασία των κινούμενων μερών των μηχανών ώστε να μην έρχονται σε επαφή με τα μέλη των εργαζομένων ενώ για να διατηρηθεί στο υπάρχον επίπεδο ο κίνδυνος τραυματισμού (μόνιμος ή παροδικός) το πιο αποτελεσματικό μέτρο είναι η ικανότητα των ανθρώπων να ελέγχουν τις κινήσεις του σώματός τους, ώστε να μένουν έξω από την επικίνδυνη ζώνη της μηχανής. Αυτό αναφέρεται μόνο σε ακούσια κίνηση ή και άγνοια των κινήσεων στην επικίνδυνη ζώνη μαζί με την ικανότητα του χρήστη να χρησιμοποιεί το μηχάνημα σύμφωνα με τις προδιαγραφές και με την τήρηση των ορίων ασφαλείας. Σε κάθε περίπτωση, το μηχάνημα θεωρείται πάντα ότι βρίσκεται σε λειτουργία και κινείται συνεχώς (δεδομένου ότι αυτό το μοντέλο καλύπτει την λειτουργία της μηχανής). Τα αποτελέσματα από την ανάλυση ευαισθησίας των μέτρων προστασίας παρουσιάζεται στο σχήμα 3.

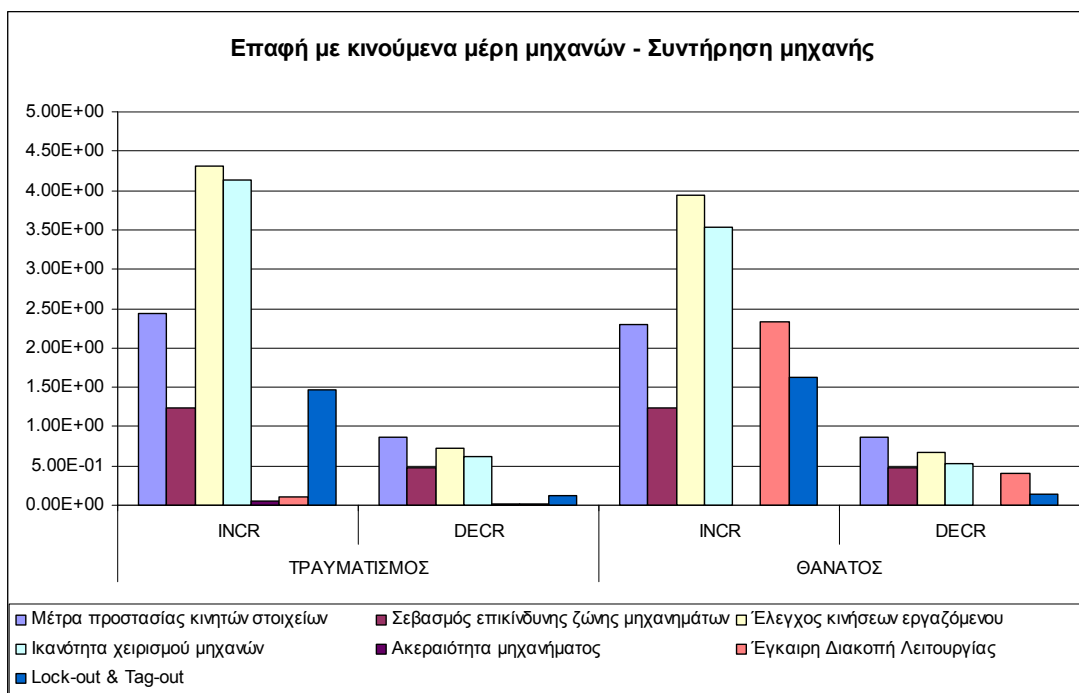


Σχήμα 3. Δείκτες Μείωσης και Αύξησης του Κινδύνου για επαφή με κινούμενα μέρη μηχανών κατά την λειτουργία μηχανής

Αποτελέσματα ανάλυσης ευαισθησίας κατά την συντήρηση μηχανών με κινούμενα μέρη.

Κατά την συντήρηση μίας μηχανής η μηχανή μπορεί να βρίσκεται σε λειτουργία ή να είναι σταματημένη. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας στην Ολλανδία μία μηχανή είναι σταματημένη κατά το 30% του συνολικού χρόνου συντήρησης, αλλά μπορεί να γίνει ακούσια εκκίνηση. Η εισαγωγή και αυτού του τρόπου πρόκλησης ατυχήματος επιφέρει διαφοροποίηση στα αποτελέσματα της ανάλυσης ευαισθησίας. Πιο συγκεκριμένα:

Προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί ο συνολικός κίνδυνος το πιο αποτελεσματικό μέτρο είναι η προστασία των κινούμενων μερών της μηχανής διότι, εάν χρησιμοποιηθεί σωστά, δεν θα επιτρέψει την επαφή των κινούμενων στοιχείων με τους εργαζόμενους. Εάν αυτό δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί, υπάρχουν και άλλα μέτρα για τη μείωση ή τη διατήρηση του κινδύνου στα υπάρχοντα επίπεδα κατά την συντήρηση μιας μηχανής. Προκειμένου να μειωθεί ή να διατηρηθεί το υπάρχον επίπεδο κινδύνου θανάσιμου, μόνιμου ή παροδικού τραυματισμού ο πιο αποτελεσματικός τρόπος είναι η ικανότητα των ανθρώπων να ελέγχουν τις κινήσεις του σώματός τους, ώστε να μένουν έξω από την επικίνδυνη ζώνη μιας μηχανής σε συνδυασμό με την ικανότητα του χρήστη να χρησιμοποιεί το μηχάνημα σύμφωνα με τις προδιαγραφές του και τα όρια ασφαλείας του. Τα αποτελέσματα που απεικονίζουν τη σημασία των μέτρων ασφαλείας παρουσιάζονται στο σχήμα 4.



Σχήμα 4. Δείκτες Μείωσης και Αύξησης του Κινδύνου για επαφή με κινούμενα μέρη μηχανών κατά την συντήρηση μηχανής

4. Συμπεράσματα

Ένα λογικό μοντέλο αναπτύχθηκε για την ποσοτικοποιημένη εκτίμηση επαγγελματικού κινδύνου κατά την εργασία με κινούμενα μέρη μηχανών. Το μοντέλο περιλαμβάνει κύρια και βοηθητικά προστατευτικά μέτρα με στόχο την πρόληψη της επαφής με τα κινούμενα μέρη των μηχανών και κατ'επέκταση την πρόληψη του ατυχήματος. Χρησιμοποιήθηκαν τρία διαφορετικά επίπεδα επιπτώσεων (θάνατος, μόνιμος και παροδικός τραυματισμός) ενώ διαχωρίστηκαν οι περιπτώσεις λειτουργίας και συντήρησης των μηχανών. Για την ποσοτικοποίηση του μοντέλου χρησιμοποιήθηκαν τα ποσοστά έκθεσης του εργαζομένου (συνολικός χρόνος παραμονής σε μια δραστηριότητα που αφορά κάθε κίνδυνο ανά ώρα), τα αποτελέσματα από τη διεξαγωγή ερευνών στον Ολλανδικό εργασιακό χώρο και πραγματικά δεδομένα των ατυχημάτων που προέρχονται από τα δηλωθέντα ατυχήματα στη βάση δεδομένων GISAI (Επιθεώρηση Εργασίας της Ολλανδίας). Το μοντέλο έχει χρησιμοποιηθεί για την κατάταξη μέτρων μείωσης του κινδύνου με βάση δύο δείκτες: το δείκτη μείωσης του κινδύνου και το δείκτη αύξησης του κινδύνου. Οι υπολογισμοί έγιναν για τη συνολικό επίπεδο επικινδυνότητας καθώς και για τα τρία επίπεδα σοβαρότητας των συνεπειών.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το πιο σημαντικό μέτρο για τη διατήρηση του κινδύνου θανατηφόρων ατυχημάτων στα υπάρχοντα επίπεδα της είναι η ύπαρξη και η ορθή λειτουργία της έγκαιρης διακοπής λειτουργίας καθώς και η λειτουργία της μηχανής εντός των ορίων ασφαλείας της. Οι τραυματισμοί μπορούν να διατηρηθούν στο υπάρχον επίπεδο με την λειτουργία της μηχανής εντός των επιπέδων ασφάλειας της καθώς και με την τήρηση των επικίνδυνων ζωνών του μηχανήματος. Προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος θανατηφόρου ατυχήματος και πάλι το πλέον αποτελεσματικό μέτρο είναι η έγκαιρη διακοπή λειτουργίας, ενώ για τους τραυματισμούς το πλέον αποτελεσματικό μέτρο είναι να τηρούνται τα όρια ασφαλείας της μηχανής, όπως περιγράφονται στις οδηγίες τους κατά τη λειτουργία

και ο σεβασμός της επικίνδυνης ζώνη των κινητών μερών της μηχανής κατά την συντήρησή. Η έγκαιρη διακοπή λειτουργίας είναι πολύ σημαντική για τη μείωση των θανάτων, αλλά έχει μικρότερη σημασία στη μείωση των μόνιμων και παροδικών τραυματισμών.

Η επιλογή της τελικής στρατηγικής μείωσης του κινδύνου, συμπεριλαμβανομένων όλων των προτεινόμενων μέτρων ή συνδυασμών αυτών έγκειται στη διαχείριση της εταιρείας, και βασίζεται κάθε φορά στις υπάρχουσες συνθήκες και στους ενδεχόμενους οικονομικούς, ρυθμιστικούς και ειδικούς περιορισμούς.

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία ολοκληρώθηκε στα πλαίσια των προγραμμάτων Work Occupational Risk Model – Metamorphosis (WORM-M) και RAM τα οποία χρηματοδοτήθηκαν από το Ολλανδικό Υπουργείο Εργασίας.

5. Βιβλιογραφία

Ale B.J.M., Baksteen H., Bellamy L.J., Bloemhof A., Goossens L., Hale A.R., Mud M.L., Oh J.I.H., Papazoglou I.A., Post J., and Whiston J.Y. (2008). Quantifying occupational risk: The development of an occupational risk model. *Safety Science*, 46 (2), 176-185.

Baksteen H., Mud M., Papazoglou I.A., Aneziris O. N., Ale B.J.M, Bellamy L.J., Hale A.R., Bloemhoff A., Post J., Oh J. (2006). Quantified risk assessment for contact with a moving part of a machine. *Working on Safety Conference 2006*, Dutch Ministry of Social Affairs and Employment and the Delft University of Technology, Netherlands.

GISAI (2005). Geïntegreerd Informatie Systeem Arbeids Inspectie: Integrated Information System of the Labor Inspection in the Netherlands.

OSHA (2007). Safeguarding Equipment and Protecting Employees from Amputations, Small Business Safety and Health Management Series, OSHA 3170-02R.

Papazoglou I.A., Ale B.J.M. (2007). A logical model for quantification of occupational risk, *Reliability Engineering & System Safety* 92 (6), 785-803.

RIVM (2008) WORM Metamorphosis Consortium. The Quantification of Occupational Risk. The development of a risk assessment model and software. *RIVM Report 620801001/2007* The Hague.