

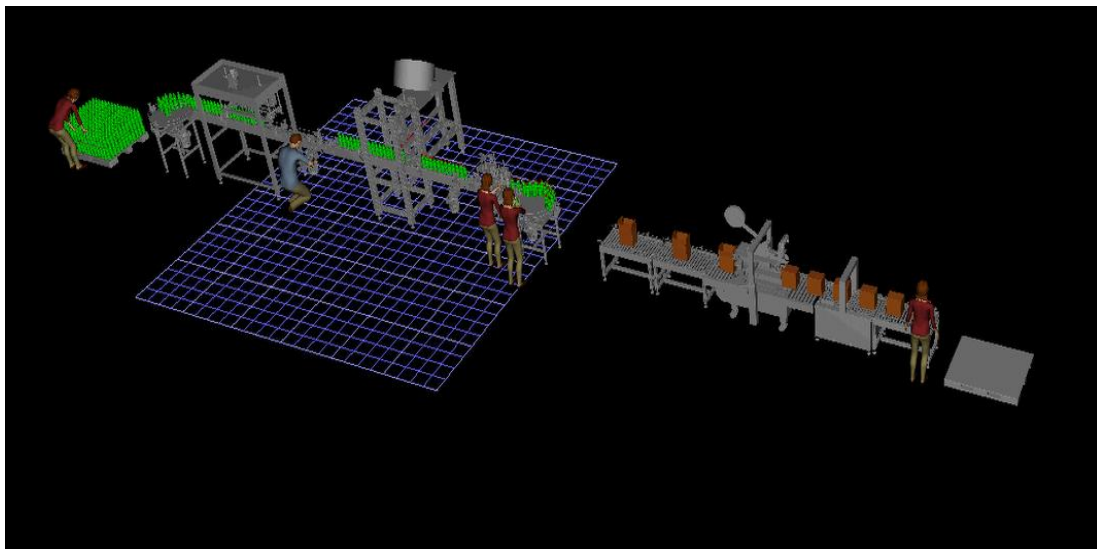


**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
TECHNICAL UNIVERSITY  
OF CRETE

**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ  
ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**



**ΕΡΓΟΝΟΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ ΑΝΘΡΩΠΙΝΑ ΜΟΝΤΕΛΑ  
ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΕΡΓΑΛΕΙΑ CAD  
(HUMAN MODELING AND ERGONOMIC DESIGN USING CAD TOOLS)  
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΓΡΑΜΜΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΔΟΥΡΗΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ**

**Επιβλέπων: Νικόλαος Μπιλάλης**

**Χανιά, Ιούνιος 2023**

Copyright © Δουρής Αντώνιος, 2023

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>1</b>
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ .....	2
Η ΕΠΙΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΟΝΟΜΙΑΣ .....	3
ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΡΓΟΝΟΜΙΑΣ.....	4
ΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΗ.....	5
ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ .....	6
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ.....	9
<b>ΕΡΓΟΝΟΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΘΕΣΕΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....</b>	<b>10</b>
ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ.....	10
ΚΑΘΙΣΤΗ ΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	13
ΟΡΘΙΑ ΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	14
ΘΕΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΑ ΧΕΡΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΜΠΡΑΤΣΟ .....	15
ΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ .....	17
<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΡΓΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ .....</b>	<b>19</b>
ΜΕΘΟΔΟΣ OWAS (ΟΝΑΚΟ WORKING POSTURE ANALYZING SYSTEM) .....	19
ΜΕΘΟΔΟΣ RULA (RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT).....	22
ΜΕΘΟΔΟΣ REBA (RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT) .....	24
<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΝΙΟΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΥΨΩΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ .....</b>	<b>28</b>
<b>ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ ΣΕ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ .....</b>	<b>32</b>
ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΑΔΙΩΝ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	33
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ .....	37
ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	39
<b>ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....</b>	<b>45</b>
ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΣΥΝΕΧΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	47
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>48</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>49</b>

## **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η παρούσα διπλωματική εργασία θα εκπονηθεί στον τομέα της Εργονομίας και Ασφάλειας Εργασίας στα πλαίσια του σχεδιασμού και της ανάλυσης επαγγελματικών κινδύνων μιας γραμμής παραγωγής.

Η Εργονομία είναι η διαδικασία σχεδιασμού και οργάνωσης των χώρων εργασίας, εργαλείων, μηχανημάτων, συσκευών και γενικά οτιδήποτε άλλο χρησιμοποιεί ο άνθρωπος ούτως ώστε να αποβούν αποδοτικά γι' αυτόν χωρίς να βλάψουν την υγεία του.

Επομένως, η εργονομία ασχολείται με τον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος βρίσκεται σε αρμονία με το περιβάλλον του καθώς και με τα αντικείμενα με τα οποία έρχεται σε καθημερινή επαφή.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο εργονομικός σχεδιασμός μίας γραμμής παραγωγής χρησιμοποιώντας ανθρώπινα μοντέλα και εργαλεία CAD και στην πορεία να προχωρήσει στην ανάλυση κινδύνων, καθώς και στον προσδιορισμό αποτελεσματικών μέτρων πρόληψης και προστασίας.

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας θα γίνει μία εισαγωγή στην εργονομία με τον ορισμό της ,τις εφαρμογές που έχει κτλ. Επιπλέον θα αναλυθούν και τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά τα οποία υπάρχουν στην εργονομία όπως η στάση και η κίνηση, το εμβιομηχανικό περιβάλλον και το περιβάλλον φυσιολογίας.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν αναλυτικότερα το ανθρωπομετρικό περιβάλλον με τις στάσεις του σώματος και των χεριών. Επιπλέον θα αναλυθεί η στάση του σώματος κατά την κίνηση και την ανύψωση αντικειμένων και το πως όλα αυτά συντελούν στο να μπορεί να σχεδιαστεί μια εργονομική θέση εργασίας.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν και θα αναλυθούν οι μεθοδολογίες εκτίμησης εργονομικών κινδύνων OWAS,RULA,REBA. Οι μεθοδολογίες αυτές βασίζονται στην ανάλυση της θέσης και της στάσης που θα πρέπει να έχει το ανθρώπινο σώμα κατά την διάρκεια μίας εργασίας. Επιπλέον αυτές οι μεθοδολογίες υπολογίζουν και το ποιο θα είναι το σωματικό φορτίο στο οποίο θα υφίσταται ο εργαζόμενος.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί και θα αναλυθεί η μέθοδος NIOSH.Η μεθοδολογία αυτή βασίζεται στην ανάλυση της θέσης και της στάσης του ανθρώπινου σώματος κατά την διαδικασία ανύψωσης ενός αντικειμένου. Επιπλέον αυτή η μεθοδολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τον προσδιορισμό του μέγιστου φορτίου για δυσμενείς συνθήκες ανύψωσης.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα γίνει η παρουσίαση της γραμμής παραγωγής με ανάλυση κάθε θέσης εργασίας όπως τοποθέτηση μπουκαλιών, εμφιάλωση, τοποθέτηση καπακιών και τέλος την συσκευασία και το παλετάρισμα.

Στη συνέχεια για το τελευταίο στάδιο της συσκευασίας και παλεταρίσματος θα παρουσιαστεί ο υπολογισμός του σωματικού φορτίου μέσα από τον πρόγραμμα Jack της εταιρείας Siemens.

Ακολουθεί το κεφάλαιο του ανασχεδιασμού της θέσης εργασίας με βελτιωτικές λύσεις και το πως αυτές βελτιώνουν την γραμμή παραγωγής ως προς τη αποδοτικότητα της αλλά και την ασφάλεια των εργαζομένων σε αυτή. Επιπλέον θα γίνουν και κάποιες προτάσεις σχετικά με το πως θα μπορούσε να συνεχιστεί η υφιστάμενη εργασία.

Τέλος θα γίνει η παράθεση των συμπερασμάτων που προκύπτουν από την παρούσα εργασία και επιπλέον θα παρουσιαστούν οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να ολοκληρωθεί η συγγραφή της.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ

Ιστορικά η αναγνώριση της εργονομίας ως ένα αναγνωρισμένο πεδίο εξελίχθηκε κατά τη διάρκεια του Δεύτερου Παγκόσμιου Πολέμου, όταν για πρώτη φορά, η τεχνολογία και οι ανθρώπινες επιστήμες εφαρμόστηκαν συστηματικά με συντονισμένο τρόπο. Επιστήμονες και μηχανικοί αντιμετώπισαν από κοινού τα προβλήματα που προέκυπταν από τη λειτουργία σύνθετου στρατιωτικού εξοπλισμού.

Τα αποτελέσματα αυτής της διεπιστημονικής προσέγγισης φάνηκαν τόσο υποσχόμενα που η συνεργασία συνεχίστηκε και μετά τον πόλεμο στη βιομηχανία. Το ενδιαφέρον για αυτή την προσέγγιση αναπτύχθηκε πολύ γρήγορα, ιδιαίτερα στην Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες.

Αυτό οδήγησε στην ίδρυση της πρώτης εθνικής κοινωνίας της εργονομίας το 1949 στην Αγγλία, όταν και υιοθετήθηκε ο όρος «εργονομία». Ακολούθησε το 1961 η δημιουργία της International Ergonomics Association (IEA), η οποία σήμερα αντιπροσωπεύει εργονομικές εταιρείες που δραστηριοποιούνται σε 40 χώρες ή περιοχές, με συνολικά 15.000 άτομα. [1]

Εργονομία (Ergonomics ή Human Factors) είναι η επιστημονική περιοχή που ασχολείται με τη μελέτη της αλληλεπίδρασης που υπάρχει μεταξύ των εργαζόμενων (ανθρώπων) και των υπόλοιπων στοιχείων ενός συστήματος (μηχανών) εφαρμόζοντας θεωρητικές αρχές, δεδομένα και μεθόδους για τον σχεδιασμό, έχοντας ως στόχο την υγεία των εργαζομένων καθώς και τη βελτιστοποίηση της συνολικής απόδοσης του συστήματος.

Οι εργονόμοι συμβάλλουν στον προγραμματισμό, τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση των εργασιών, των προϊόντων, της οργάνωσης, των εργαλείων, των διαμεσολαβητών (ανθρώπου-μηχανής), του εργασιακού περιβάλλοντος και γενικότερα των συστημάτων, με στόχο να τα καταστήσουν συμβατά με τις ανάγκες, τις δυνατότητες και τους περιορισμούς των ανθρώπων (International Ergonomics Association – Διεθνής Ένωση Εργονομίας, 2000). [2]

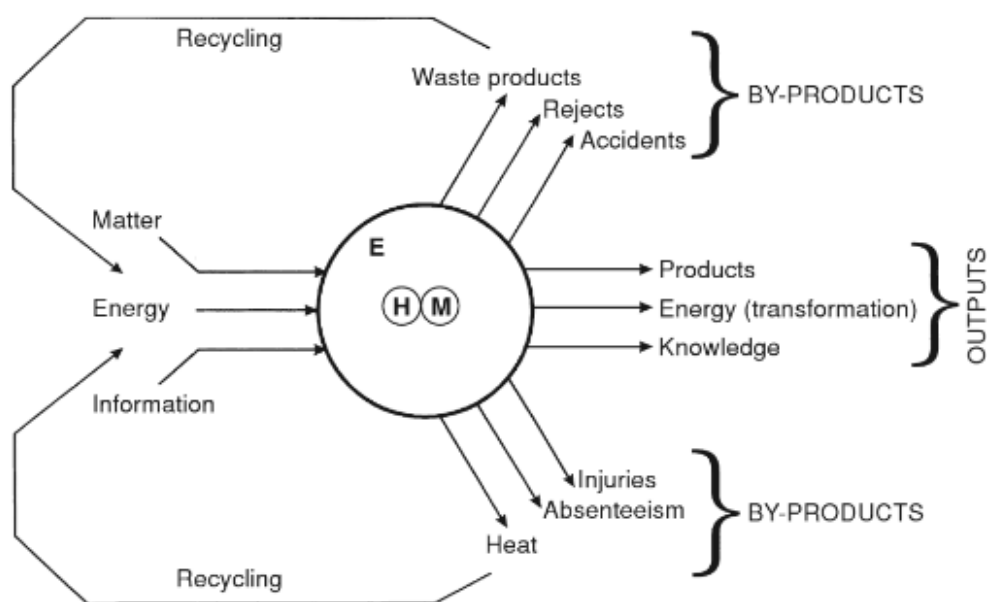
Η εργονομία μπορεί να συμβάλει στη λύση ενός μεγάλου αριθμού κοινωνικών προβλημάτων που σχετίζονται με την ασφάλεια, την υγεία, την άνεση και την αποτελεσματικότητα. Καθημερινά περιστατικά όπως ατυχήματα στην εργασία, στην κυκλοφορία, στο σπίτι κ.α. μπορούν συχνά να αποδοθούν σε ανθρώπινο λάθος. Από την ανάλυση αυτών των περιστατικών φαίνεται ότι η αιτία είναι συχνά μια κακή και ανεπαρκής σχέση μεταξύ των χειριστών και των εργαλείων που χρησιμοποιούν για τις εργασίες τους. Η πιθανότητα ατυχημάτων μπορεί να μειωθεί λαμβάνοντας καλύτερα υπόψη τις ανθρώπινες δυνατότητες και περιορισμούς κατά το σχεδιασμό των θέσεων εργασίας όπως επίσης και το περιβάλλον της καθημερινής ζωής.

Πολλές καταστάσεις εργασίας και καθημερινής ζωής είναι επικίνδυνες για την υγεία. Στις δυτικές χώρες παθήσεις του μυοσκελετικού συστήματος (πόννοι στη μέση) και ψυχολογικές ασθένειες (υψηλό στρες) αποτελούν τη σημαντικότερη αιτία απουσίας λόγω ασθένειας, και της επαγγελματικής αναπηρίας. Αυτές οι συνθήκες μπορεί εν μέρει να αποδοθούν σε κακή σχεδίαση του εξοπλισμού, των τεχνικών συστημάτων και γενικότερα των εργασιών. Και σε αυτή την περίπτωση, η εργονομία μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των προβλημάτων βελτιώνοντας τις συνθήκες εργασίας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα σε μια σειρά από χώρες, οι υπηρεσίες να έχουν την υποχρέωση να προσλαμβάνουν εργονόμους.

Τέλος, έχει συγκεντρωθεί βιβλιογραφία σχετικά με την εργονομία σε επίσημα πρότυπα των οποίων ο στόχος είναι να τονώσουν την εφαρμογή της. Μια σειρά από εργονομικά θέματα καλύπτεται από διεθνή Πρότυπα ISO του Διεθνούς Οργανισμού Τυποποίησης (ISO), ευρωπαϊκά πρότυπα EN της Comité Européen de Normalisation (CEN), καθώς και εθνικά πρότυπα, για παράδειγμα στις Ηνωμένες Πολιτείες (ANSI) και τη Βρετανία (BSI). Επιπλέον, υπάρχουν συγκεκριμένα εργονομικά πρότυπα που εφαρμόζονται σε μεμονωμένες εταιρείες και σε βιομηχανικούς τομείς. [1]

## Η ΕΠΙΚΕΝΤΡΩΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΟΝΟΜΙΑΣ

Η κύρια ενασχόληση της εργονομίας αφορά την αλληλεπίδραση μεταξύ ατόμου-μηχανής αλλά και τον σχεδιασμό του περιβάλλοντος μεταξύ τους (Σχήμα 1).



(Πηγή: [R Bridger](#))

Σχήμα 1 Το παραπάνω σχήμα είναι ένα σύστημα εργασίας όπου υπάρχει μία αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων και μηχανών για να μπορέσουν να μετατραπούν οι εισόδοι σε εξόδους. Η χωρητικότητα του συστήματος εξαρτάται από το πλήθος των εισόδων που μπορούν να επεξεργαστούν από το σύστημα κάθε φορά. Η παραγωγικότητα εξαρτάται από την αναλογία μεταξύ εξόδων και εισόδων και η αποτελεσματικότητα από την ελαχιστοποίηση των υποπροϊόντων όλων των ειδών. [3]

Όταν αντιμετωπίζουμε προβλήματα παραγωγικότητας, οι μηχανικοί θα ζητήσουν καλύτερες μηχανές, η διοίκηση ανθρώπινου δυναμικού θα ζητήσει καλύτερη εκπαίδευση του προσωπικού. Οι εργονόμοι θα ζητήσουν καλύτερη αλληλεπίδραση μεταξύ των χειριστών και των μηχανημάτων και καλύτερη σχεδίαση του περιβάλλοντος εργασίας. [3]

## ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΕΡΓΟΝΟΜΙΑΣ

Ο σκοπός της εργονομίας είναι η καλύτερη λειτουργία ενός συστήματος εργασίας με την βελτίωση της αλληλένδετης σχέσης μεταξύ χειριστών και μηχανών. Ως καλύτερη λειτουργία μπορεί να οριστεί για παράδειγμα η διαφορά εισόδων-εξόδων του συστήματος έχοντας όμως περισσότερες εξόδους από εισόδους. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη παραγωγικότητα, αυξημένη αξιοπιστία και αποτελεσματικότητα με ταυτόχρονη μείωση της πιθανότητας αλληλεπίδρασης ακατάλληλων στοιχείων του συστήματος. Ο ακριβής ορισμός της καλύτερης λειτουργίας εξαρτάται από το πλαίσιο που θα οριστεί. Όμως όποιος ορισμός και αν χρησιμοποιείται, θα πρέπει να συντελείται στο επίπεδο του συνολικού συστήματος εργασίας και όχι μόνο σε ένα από τα στοιχεία. Η βελτιωμένη απόδοση του μηχανήματος που αύξησε το ψυχολογικό ή σωματικό στρες στους εργαζόμενους ή έβλαψε το τοπικό περιβάλλον δεν θα συνιστούσε βελτιωμένη απόδοση του συνολικού συστήματος εργασίας ή καλύτερη επίτευξη των στόχων του. Η επανασχεδίαση του σταθμού εργασίας ούτως ώστε να δημιουργηθούν καλύτερες συνθήκες εργασίας στους εργαζόμενους αν πραγματοποιηθεί επιφανειακά και όχι με απώτερο σκοπό την βελτίωση της λειτουργίας του συνολικού συστήματος (λιγότερες απουσίες και ατυχήματα) θα είναι εντελώς εσφαλμένη. [3]

Υπάρχουν δύο τρόποι με τους οποίους η εργονομία επηρεάζει το σχεδιασμό των συστημάτων στην πράξη. Πρώτον, η εργασία των εργονόμων σε ερευνητικούς οργανισμούς ή πανεπιστήμια όπου και πραγματοποιούν βασική έρευνα για να ανακαλύψουν τα χαρακτηριστικά των ανθρώπων που πρέπει να επιτραπούν στο σχεδιασμό μίας θέσης. Αυτή η έρευνα οδηγεί, άμεσα ή έμμεσα, στη σύνταξη προτύπων, νομοθεσίας και κατευθυντήριων γραμμών σχεδιασμού. Δεύτερον, πολλοί εργονόμοι εργάζονται ως σύμβουλοι υπηρεσιών είτε ιδιωτικά είτε σε οργανισμούς. Εργάζονται δηλαδή ως μέρος μιας ομάδας σχεδιασμού και συνεισφέρουν τις γνώσεις τους στο σχεδιασμό των αλληλεπιδράσεων ανθρώπου-μηχανής στα συστήματα εργασίας. Αυτό συχνά περιλαμβάνει την εφαρμογή κατευθυντήριων γραμμών προτύπων και γνώσεων για τον καθορισμό συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του συστήματος. [3]

Τα πραγματικά συστήματα εργασίας είναι ιεραρχικά. Αυτό σημαίνει ότι η κύρια εργασία αποτελείται από δευτερεύουσες εργασίες οι οποίες χωρίζονται σε κατώτερα επίπεδα και ακολουθούνται από περιορισμούς του υψηλότερου επιπέδου. Αυτούς τους περιορισμούς τους βλέπουμε ως τεχνοτροπία επίβλεψης, τύπος οργάνωσης της εργασίας, ώρες εργασίας, διαχωρισμό της εργασίας σε βάρδιες κ.λπ. Πρακτικά για να υπάρξει ουσιαστική βελτίωση μίας εργασίας, σπάνια προσπαθούμε να επανασχεδιάσουμε την ίδια την εργασία. Είτε προχωράμε στην αλλαγή η την ανανέωση των στοιχείων της εργασίας (στο επόμενο επίπεδο προς τα κάτω) είτε τροποποιούμε τις μεταβλητές του ανώτερου επιπέδου. Για παράδειγμα, για να βελτιστοποιήσουμε μια εργασία εισαγωγής δεδομένων, θα μπορούσαμε να δούμε την τεχνοτροπία που έχει επιλεγεί για την επικοινωνία μεταξύ ανθρώπου-υπολογιστή. Μπορεί να διαπιστώσουμε ότι υπάρχουν κάποια σημεία αυτής της επικοινωνίας που έχουν ως αντίκτυπο τη μετάδοση σφαλμάτων στο σύστημα (π.χ. όταν ο χειριστής αντιστρέφει κατά λάθος δύο αριθμούς σε έναν κώδικα, το σύστημα τον αναγνωρίζει ως διαφορετικό κώδικα αντί να τον απορρίψει).

Επιπλέον, μπορεί να παρατηρήσουμε ότι υπάρχουν μη επαρκείς περίοδοι ξεκούρασης ή ότι τα περισσότερα σφάλματα συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της νυχτερινής βάρδιας. [3]

Η βελτιστοποίηση μιας εργασίας προϋποθέτει τον προσδιορισμό του επίπεδου της ίδιας της εργασίας (μια οποιαδήποτε επαναλαμβανόμενη χειρωνακτική εργασία), τον προσδιορισμό του επόμενου επίπεδου προς τα κάτω (τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός φορτίου) αλλά και του επόμενο επίπεδο προς τα πάνω (τον όγκο εργασίας και την οργάνωση της εργασίας). Για να προχωρήσουμε με την βελτιστοποίηση μπορούμε είτε να την επανασχεδιάσουμε από κάτω προς τα πάνω (να χρησιμοποιήσουμε ελαφρύτερο φορτίο και να το σταθεροποιήσουμε) είτε από πάνω προς τα κάτω (να προσθέσουμε εναλλαγές εργασιών ή περισσότερες περιόδους ξεκούρασης) ή και τα δύο. Ταυτόχρονα, μπορούμε να εντοπίσουμε περιβαλλοντικούς παράγοντες στο επίπεδο της εργασίας, που μειώνουν επίσης την απόδοση (ολισθηρά δάπεδα, έλλειψη φωτισμού, μη επαρκής αερισμός στον χώρο εργασίας κ.τ.λ.). [3]

Πραγματοποιώντας επανασχεδιασμό της εργασίας και αξιολογώντας τις βελτιώσεις στην απόδοση της εργασίας μπορούμε να παρατηρούμε με την πάροδο του χρόνου που χρειάζονται επιπλέον παρεμβάσεις στην περαιτέρω βελτίωση της απόδοσης του συστήματος. [3]

## ΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΚΙΝΗΣΗ

Η στάση και η κίνηση παίζουν σημαντικό ρόλο στην εργονομία. Οι μύες, οι σύνδεσμοι και οι αρθρώσεις του σώματος μας οδηγούν στην υιοθέτηση μιας στάσης, στην πραγματοποίηση μιας κίνησης καθώς και στη εφαρμογή μιας δύναμης. Οι μύες παρέχουν την απαραίτητη δύναμη για να πάρουμε μία στάση ή να πραγματοποιηθεί μια κίνηση. Οι σύνδεσμοι, από την άλλη, έχουν βοηθητική λειτουργία, ενώ οι αρθρώσεις επιτρέπουν τη σχετική κίνηση από κάποια μέρη του σώματος.

Η κακή στάση και κίνηση μπορεί να οδηγήσει σε τοπική μηχανική καταπόνηση στους μύες, τους συνδέσμους και αρθρώσεις, με αποτέλεσμα πόνους στον αυχένα, την πλάτη, τον ώμο, τον καρπό και άλλα μέρη του μυοσκελετικού συστήματος. Κάποιες κινήσεις παράγουν τοπική μηχανική καταπόνηση στους μύες και τις αρθρώσεις, αλλά ταυτόχρονα απαιτούν μια δαπάνη ενέργειας από την πλευρά των μυών, της καρδιάς και των πνευμόνων. Στην συνέχεια, θα παρουσιαστούν δυνατότητες για τη βελτιστοποίηση των εργασιών και του χώρου εργασίας όπου και θα εμφανίζονται πρότυπες στάσεις και κινήσεις όπως καθιστή στάση, όρθια στάση καθώς και άρση αντικειμένου.[1]



## ΕΜΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

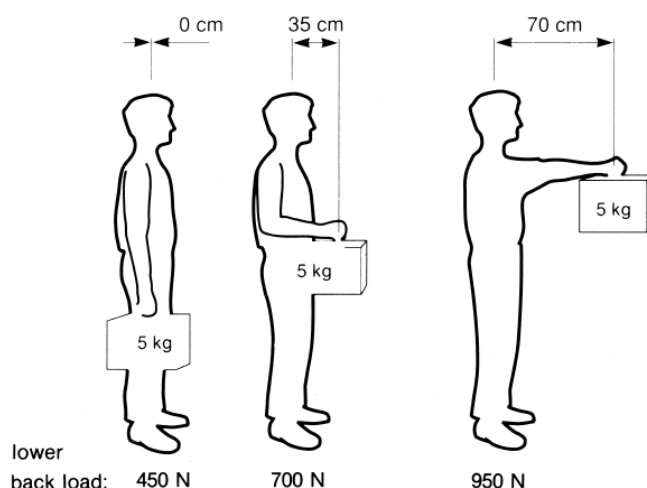
Στην εμβιομηχανική, οι φυσικοί νόμοι της μηχανικής εφαρμόζονται στο ανθρώπινο σώμα. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό να εκτιμηθεί η τοπική μηχανική καταπόνηση στους μύες και τις αρθρώσεις η οποία εμφανίζεται κατά την υιοθέτηση μίας στάσης ή κίνησης. Παρακάτω θα αναλυθούν κάποιες σημαντικές εμβιομηχανικές αρχές για την εργονομία της στάσης αλλά και της κίνησης. [1]

- **Αρθρώσεις σε ουδέτερη θέση [1]**

Κατά την διατήρηση μίας στάσης ή την εκτέλεση μίας κίνησης οι αρθρώσεις πρέπει να παραμένουν για μεγαλύτερη χρονική διάρκεια σε ουδέτερη θέση. Παραμένοντας στην ουδέτερη θέση οι μύες και οι σύνδεσμοι τεντώνονται λιγότερο έχοντας σαν αποτέλεσμα να υπόκεινται σε λιγότερο φορτίο. Επιπλέον, οι μύες είναι σε θέση να παρέχουν τη μεγαλύτερη δύναμή τους όταν οι αρθρώσεις βρίσκονται στην ουδέτερη θέση. Έχοντας λυγισμένους τους καρπούς και τον λαιμό, σηκωμένα τα χέρια, γυρισμένο κεφάλι αλλά και λυγισμένο και στριμμένο κορμό είναι κάποια από τα παραδείγματα μη επιτρεπτών στάσεων όπου οι αρθρώσεις βρίσκονται σε μη ουδέτερη θέση. [1]

- **Υλοποίηση εργασίας κοντά στο σώμα [1]**

Όταν η εργασία βρίσκεται πιο μακριά από το σώμα έχει ως αποτέλεσμα τα χέρια να είναι τεντωμένα και ο κορμός να είναι σκυμμένος μπροστά. Το βάρος των χεριών, του κεφαλιού, του κορμού και πιθανώς το βάρος οποιουδήποτε φορτίου που συγκρατείται αυξάνει κατά πολύ το φορτίο που θα έχουν οι μυείς και οι αρθρώσεις (αγκώνας, ώμος, πλάτη). Στο παρακάτω (Σχήμα 2) παρουσιάζεται πώς αυξάνεται το φορτίο της πλάτης όταν τα χέρια είναι τεντωμένα. [1]

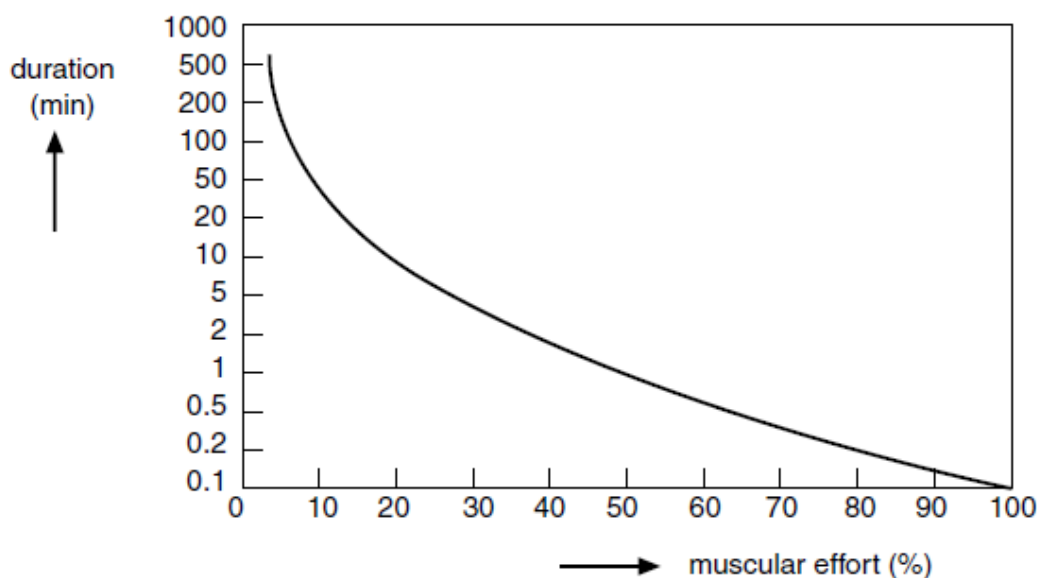


(Πηγή: [Jan Dul and Bernard Weerdmeester](#))

**Σχήμα 2** Όταν αυξάνεται η απόσταση μεταξύ των χεριών και του σώματος αυξάνεται και το φορτίο στο κάτω μέρος της πλάτης (10 N είναι περίπου 1 κιλό δύναμη). [1]

- **Διάρκεια συνεχούς μυϊκής εργασίας**

Το συνεχιζόμενο φορτίο σε συγκεκριμένους μύες του σώματος επιφέρει την κόπωση του μυ καθώς και την ελαττωμένη απόδοσή του. Αυτό έχει ως επακόλουθο την μη διατήρηση της στάσης ή της κίνησης που εκτελείται. Όσο μεγαλύτερη προσπάθεια καταβάλλεται (ασκούμενη δύναμη ως ποσοστό της μέγιστης δύναμης), τόσο μειώνεται ο χρόνος που μπορούμε να την διατηρήσουμε (Σχήμα 3). Οι περισσότεροι άνθρωποι μπορούν να διατηρήσουν τη μέγιστη μυϊκή προσπάθεια για όχι περισσότερα από λίγα δευτερόλεπτα και το 50 % της μυϊκής προσπάθειας για όχι περισσότερο από περίπου δύο λεπτά καθώς αυτό προκαλεί μυϊκή εξάντληση. [1]

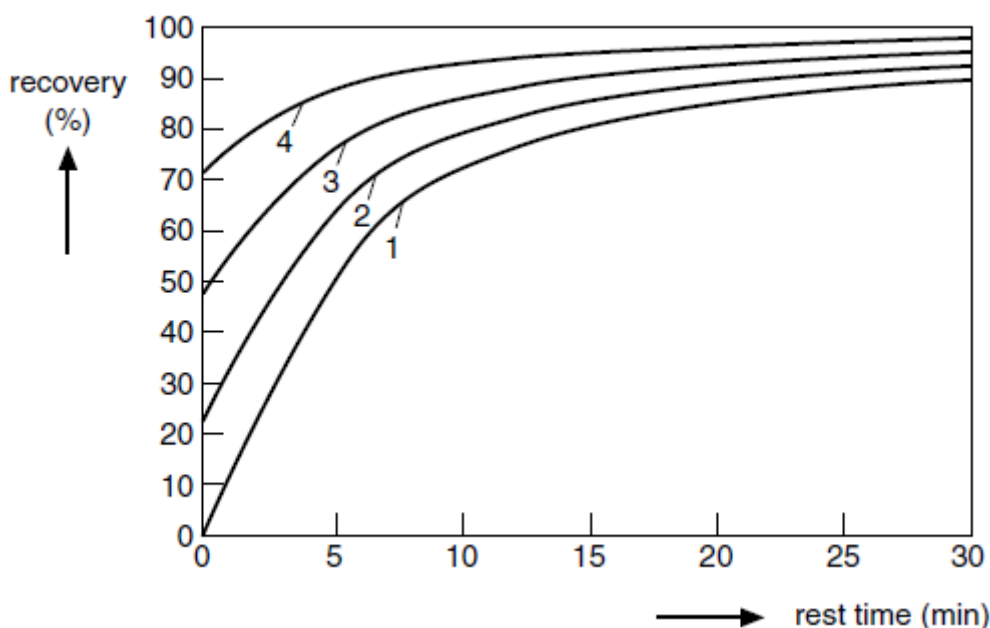


(Πηγή: [Jan Dul and Bernard Weerdmeester](#))

Σχήμα 3 Η διάρκεια της συνεχούς εντοπισμένης μυϊκής προσπάθειας πρέπει να είναι περιορισμένη. Στο παραπάνω σχήμα μπορούμε να παρατηρήσουμε τη σχέση μεταξύ των μυών (ασκούμενη δύναμη ως ποσοστό της μέγιστης δύναμης) και της μέγιστης δυνατής διάρκειας (σε λεπτά) κάθε συνεχούς μυϊκής προσπάθειας. [1]

- **Αποτροπή μυϊκής εξάντλησης**

Οι μύες χρειάζονται αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα για να ανακάμψουν εάν εξαντληθούν, γι' αυτό πρέπει να αποφεύγεται η εξάντληση. Στο (Σχήμα 4) παρατηρούμε ένα παράδειγμα καμπύλων ανάκτησης ενός μυ μετά από εξάντληση ή από κάποια διάσπασή του από την συνεχή προσπάθεια. Σε αυτό το παράδειγμα, ένας εξαντλημένος μυς έχει ανάγκη να ξεκουραστεί για 30 λεπτά ώστε να κατορθώσει ανάκαμψη 90 τοις εκατό. Οι μύες οι οποίοι βρίσκονται σε μισό-εξαντλημένη κατάσταση θα καταφέρουν να φτάσουν στον ίδιο βαθμό μετά από 15 λεπτά. Η πλήρης αποκατάσταση των μυών θα έρθει μετά από πολλές ώρες. [1]



(Πηγή: [Jan Dul and Bernard Weerdmeester](#))

Σχήμα 4 Καμπύλες αποκατάστασης για μύες που έχουν εξαντληθεί (καμπύλη 1) ή μερικώς εξαντλημένοι (καμπύλες 2 έως 4) μετά από συνεχή μυϊκή προσπάθεια. [1]

## ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ

- **Οριοθέτηση της ενεργειακής δαπάνης μίας εργασίας**

Η εκτέλεση μίας παρατεταμένης εργασίας πραγματοποιείται από την πλειονηφία του πληθυσμού χωρίς να αισθανθεί κάποια γενική κόπωση. Κατά την διάρκεια αυτής της εργασίας η ενέργεια που καταναλώθηκε (εκφράζεται ως η ενέργεια που καταναλώνει το άτομο ανά μονάδα χρόνου) δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 250 W ( $1\text{ W } 0,06 \text{ kJ min } 0,0143 \text{ kcal min}$ ). Σε αυτόν τον αριθμό εμπεριέχεται και η ποσότητα της ενέργειας, που χρειάζεται το σώμα σε κατάσταση ηρεμίας περίπου 80 W. Το παραπάνω επίπεδο κατανάλωσης ενέργειας μίας εργασίας είναι υπό τον περιορισμό ότι η εργασία δεν θα πρέπει να είναι βαριά και χωρίς ειδικά μέτρα όπως διαλείμματα ή εναλλαγή με ελαφριές δραστηριότητες οι οποίες είναι απαραίτητες για την αποκατάσταση. Μερικά παραδείγματα δραστηριοτήτων όπου η απαίτηση ενέργειας είναι μικρότερη από 250 W είναι η γραφή, η πληκτρολόγηση, το σιδέρωμα, η συναρμολόγηση ελαφρών υλικών, ο χειρισμός μηχανημάτων, το ήπιο περπάτημα ή χαλαρή ποδηλασία. [1]

- **Αναγκαία ξεκούραση μετά από βαριές εργασίες**

Όταν μία εργασία ξεπερνά τα 250 W σε ζήτηση ενέργειας, τότε η επιπλέον ξεκούραση κρίνεται αναγκαία για την αποκατάσταση. Η ξεκούραση μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη μορφή διαλειμμάτων ή με λιγότερο απαιτητικές εργασίες. Η ελάττωση της δραστηριότητας πρέπει να είναι τέτοια ώστε η μέση ενεργειακή ζήτηση κατά τη διάρκεια της εργάσιμης ημέρας να μην υπερβαίνει τα 250W. Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1) μπορούμε να εντοπίσουμε ορισμένες δραστηριότητες με υψηλή ζήτηση ενέργειας. Έχει παρατηρηθεί ότι είναι αποτελεσματικότερο εάν κατανεμηθεί ο συνολικός χρόνος ανάπαυσης σε έναν αριθμό διαλειμμάτων ανά τακτά χρονικά διαστήματα κατά τη διάρκεια της εργασίας, και όχι να συσσωρεύεται μέχρι το τέλος της εργασίας ή το τέλος της εργάσιμης ημέρας. [1]

Δραστηριότητα	Ενεργειακή Δαπάνη
Περπάτημα κατά τη μεταφορά φορτίου (30 kg, 4km hr)	370 W
Συχνή ανύψωση αντικειμένου (1 kg, 1 per sec)	600 W
Τρέξιμο (10 km h)	670 W
Ποδηλασία (20 km h)	670 W
Αναρρίχηση σκάλας (30 deg, 1 km h)	960 W

(Πηγή: [Jan Dul and Bernard Weerdmeester](#))

Πίνακας 1 Στον παραπάνω πίνακα βλέπουμε παραδείγματα δραστηριοτήτων με ζήτηση ενέργειας άνω των 250W. Για αυτές τις δραστηριότητες απαιτούνται πρόσθετα μέτρα για την αποφυγή μακροπρόθεσμης εξάντλησης όπως διαλείμματα, εναλλαγή με ελαφρύτερες δραστηριότητες κ.λπ. [1]

## **ΕΡΓΟΝΟΜΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΘΕΣΕΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

### **ΑΝΘΡΩΠΟΜΕΤΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Η ανθρωπομετρία ασχολείται με το μέγεθος και τις αναλογίες του ανθρώπινου σώματος. Ανθρωπομετρικές αρχές με μεγάλη βαρύτητα για την εργονομία της στάσης και των κινήσεων δίνονται παρακάτω. [1]

- **Δυσαναλογίες που υπάρχουν στο μέγεθος κάθε σώματος**

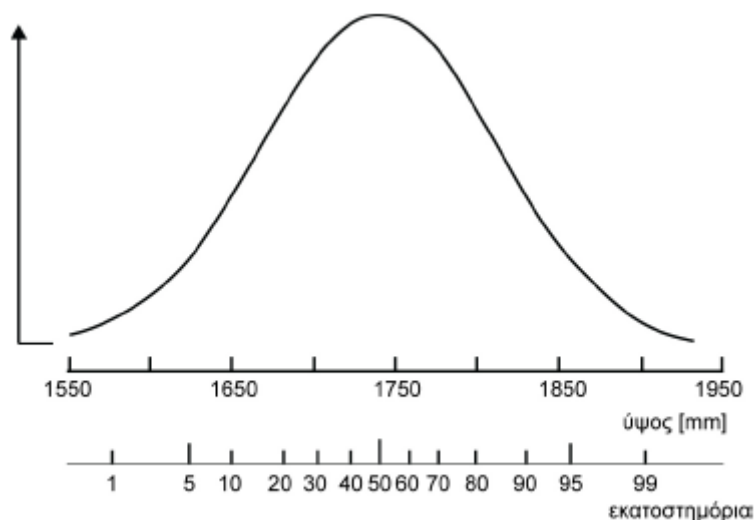
Οι σχεδιαστές χώρων εργασίας πρέπει να συμπεριλάβουν και τις δυσαναλογίες που υπάρχουν στο μέγεθος του σώματος των πιθανών χρηστών. Για παράδειγμα το ύψος ενός τραπεζιού που είναι κατάλληλο για ένα άτομο μέσου αναστήματος μπορεί να είναι ακατάλληλο για ένα ψηλό ή κοντό άτομο. Μία λύση είναι η δυνατότητα ρύθμισης του τραπεζιού σε ένα ικανό εύρος. Ενίοτε μόνο οι χρήστες σύντομου χρονικού διαστήματος πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, για παράδειγμα, στο σχεδιασμό ενός πίνακα ελέγχου. Σε άλλες περιπτώσεις, όπως στην επιλογή ύψους πόρτας, οι ψηλοί χρήστες πρέπει να ληφθούν υπόψη. [1]

- **Δεδομένα ανθρωπομετρίας**

Υπάρχουν πολλοί φυλογενετικοί και οντογενετικοί παράγοντες οι οποίοι οδηγούν σε μια σημαντική μεταβλητότητα των μεγεθών των μελών του ανθρώπινου σώματος. Μεταξύ των παραγόντων αυτής της μεταβλητότητας, είναι:

- Η φυλή στην οποία ανήκει ο άνθρωπος και η γεωγραφική περιοχή στην οποία ζει.
- Οι συνθήκες διαβίωσης.
- Η ηλικία.
- Το φύλο. [2]

Έχει αποδειχθεί ότι η μεταβολή των ανθρωπομετρικών μεγεθών για ένα συγκεκριμένο πληθυσμό ακολουθεί κανονική κατανομή (Σχήμα 5). Κατά συνέπεια, τα ανθρωπομετρικά μεγέθη ενός πληθυσμού μπορούν να περιγραφούν επαρκώς από τον μέσο όρο ( $m$ ) και την τυπική απόκλιση ( $s$ ). Ιδιαίτερη σημασία για τον εργονομικό σχεδιασμό έχουν τα εκατοστημόρια (percentiles), που καθορίζουν την τιμή ενός μεγέθους για την οποία ένα συγκεκριμένο ποσοστό του πληθυσμού θα βρίσκεται κάτω ή επάνω από αυτή. Για παράδειγμα, το ύψος ενός πληθυσμού που αντιστοιχεί στο 50ο εκατοστημόριο, θα ισούται με τη μέση τιμή του ύψους του πληθυσμού αυτού, αφού, δεδομένης της κανονικής κατανομής που ακολουθούν τα ανθρωπομετρικά μεγέθη, το 50% των ατόμων του πληθυσμού αναμένεται να είναι χαμηλότερα ή υψηλότερα από την τιμή αυτή). [2]



(Πηγή: [Pheasant, 1988](#))

**Σχήμα 5** Κατανομή του αναστήματος των Βρετανών ανδρών και οι τιμές των σχετικών εκατοστημορίων. [2]

Εάν ο μέσος όρος ( $m$ ) και η τυπική απόκλιση ( $s$ ) ενός μεγέθους που ακολουθεί κανονική κατανομή είναι γνωστά, τότε η τιμή του μεγέθους αυτού για ένα οποιοδήποτε εκατοστημόριο ( $p$ ) δίνεται από τον τύπο: [2]

$$Xp = m + s z \quad [2]$$

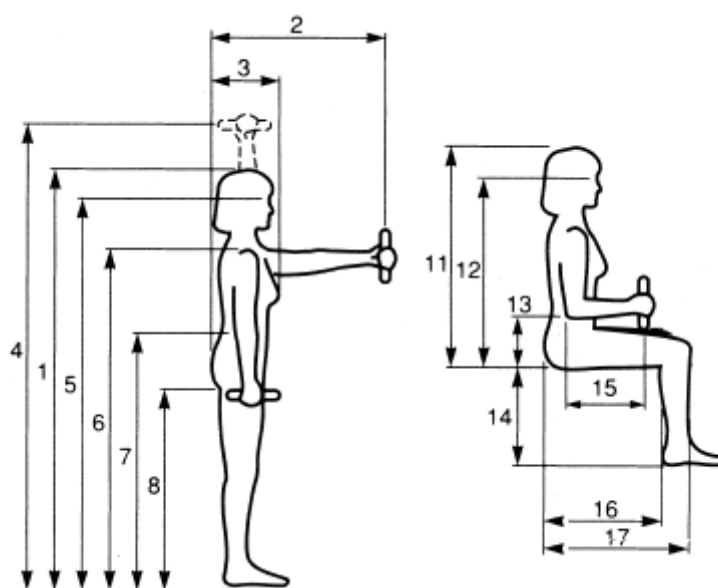
- **Ανθρωπομετρικοί πίνακες για συγκεκριμένους πληθυσμούς**

Τα δεδομένα που μπορούμε να εντοπίσουμε κάθε φορά αντικατοπτρίζουν και έναν συγκεκριμένο πληθυσμό ή ομάδα και δεν ισχύουν απαραίτητα για άλλες πληθυσμιακές ομάδες. Στον παρακάτω πίνακα ([Πίνακας 2](#)), για παράδειγμα, μπορούμε να παρατηρήσουμε τις διαστάσεις του σώματος των ενηλίκων Βρετανών. Ο ενήλικος πληθυσμός της Μεγάλης Βρετανίας είναι σχετικά ψηλός σε σύγκριση με τον μέσο παγκόσμιο πληθυσμό. Οι διαστάσεις αναφέρονται σε άτομα χωρίς ρούχα και παπούτσια. Πρέπει να προστεθούν περίπου 3-5 cm στο ανάστημα για να ληφθεί υπόψη το πάχος του παπουτσιού. Η έκταση στις μεμονωμένες διακυμάνσεις στο μέγεθος του σώματος, δίνονται επίσης στον ([Πίνακα 2](#)).

- Κοντοί ενήλικες (μόνο το 5 % των ενηλίκων γυναικών έχουν χαμηλότερο ύψος).
- Ενήλικες με μέσω ύψος.
- Ψηλοί ενήλικες (μόνο το 5 % των ενηλίκων ανδρών είναι ψηλότεροι).

Το μέσο ύψος ενός Βρετανού ενήλικα είναι 1,68 μ., ενός κοντού είναι 1,51 μ. και τέλος ενός ψηλού Βρετανού ενήλικα είναι 1,85 μ. Η δυνατότητα συσχέτισης μεταξύ των διαστάσεων του σώματος στον ([Πίνακα 2](#)) είναι περιορισμένη. Για παράδειγμα, ένα άτομο με κοντό κάτω χέρι (διάσταση 15 είναι μικρό) θα μπορούσε να έχει μακρύ κορμό (η διάσταση 12 είναι μεγάλη). [1]

ΑΝΑΣΤΗΜΑ		ΚΟΝΤΟ	ΜΕΣΑΙΟ	ΨΗΛΟ
ΟΡΘΙΑ ΣΤΑΣΗ				
1	Ανάστημα	150,5	167,5	185,5
2	Μπροστινή λαβή	65	74,3	83,5
3	Βάθος στήθους	21	25	28,5
4	Κάθετη λαβή	179	198,3	219
5	Ύψος ματιού	140,5	156,8	174,5
6	Ύψος ώμου	121,5	136,8	153,5
7	Ύψος αγκώνα	93	104,8	118
8	Ύψος αρθρώσεων	66	73,8	82,5
ΚΑΘΙΣΤΗ ΣΤΑΣΗ				
11	Ύψος καθίσματος	79,5	88	96,5
12	Ύψος ματιών σε καθιστή θέση	68,5	76,5	84,5
13	Ύψος αγκώνα σε καθιστή θέση	18,5	24	29,5
14	Ύψος ισχίου	35,5	42	49
15	Μήκος αγκώνα-λαβής	30,4	34,3	38,7
16	Μήκος γλουτού-ισχίου	43,5	48,8	55
17	Μήκος γλουτού-γόνατου	52	58,3	64,5
00.	Σωματικό βάρος	44,1	68,5	93,7



(Πηγή: [Jan Dul and Bernard Weerdmeester](#))

Πίνακας 2 Μεγέθη σώματος κοντών, μεσαίων και ψηλών Βρετανών ενηλίκων. [\[1\]](#)

## ΚΑΘΙΣΤΗ ΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο σχεδιασμός καθισμάτων εργασίας αποτελεί μία από τις πιο γνωστές εφαρμογές της Εργονομίας. Το γεγονός αυτό δεν είναι τυχαίο. Πράγματι, οι τεχνολογικές εξελίξεις και οι εφαρμογές τους στους χώρους εργασίας έχουν ως αποτέλεσμα οι περισσότεροι εργαζόμενοι, ακόμη και σε χώρους παραγωγής, να περνούν πολλές ώρες σε καθιστή στάση. Ταυτόχρονα όμως, ενώ η καθιστή στάση είναι σημαντικά λιγότερο κοπιαστική από την όρθια στάση, δεν συνεπάγεται ότι είναι και πιο υγιεινή. Προβλήματα του μυοσκελετικού συστήματος απαντώνται όλο και συχνότερα σε εργαζομένους οι οποίοι είναι αναγκασμένοι, λόγω της φύσης της εργασίας τους, να υιοθετούν καθιστή στάση για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Αν και η έρευνα γύρω από τα καθίσματα εργασίας έχει κάνει μεγάλα βήματα, η επίλυση του προβλήματος του σχεδιασμού των καθισμάτων εργασίας δεν πρέπει να θεωρείται ότι έχει ολοκληρωθεί. Έτσι, δεδομένα και αρχές όπως αυτές που παρουσιάζονται στον (Πίνακας 3) μπορεί στο μέλλον να υποστούν αναπροσαρμογές και βελτιώσεις. [2]

A/A	Εργονομικές αρχές για τον σχεδιασμό καθισμάτων εργασίας
1	Το κάθισμα θα πρέπει να παρέχει τη δυνατότητα εύκολων ρυθμίσεων.
2	Η κλίση της πλάτης πρέπει να μπορεί να ρυθμίζεται κατά τη βούληση του εργαζομένου (συνιστώμενο εύρος ρύθμισης 900 - 1200).
3	Η πλάτη του καθίσματος πρέπει να μπορεί να σταθεροποιείται σε κάθε θέση που επιλέγει ο εργαζόμενος.
4	Ανάλογα με τις ανάγκες της εργασίας, το ύψος της πλάτης πρέπει να είναι: 23cm για μεγάλη ευελιξία, 64.5cm για μέση και 90cm για μεγάλη υποστήριξη.
5	Το πλάτος της πλάτης θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 31cm.
6	Η πλάτη θα πρέπει να διαθέτει κυρτότητα στο ύψος της οσφυϊκής χώρας. Αυτή η απαίτηση μπορεί να επι-τευχθεί είτε με ρύθμιση καθ' ύψος της κυρτότητας, είτε ολόκληρης της πλάτης.
7	Η γωνία που σχηματίζει η πλάτη με το κάθετο επίπεδο πρέπει να είναι από 10° ως 30°.
8	Τα άκρα της πλάτης και της έδρας περιμετρικά πρέπει να είναι στρογγυλεμένα.
9	Το ύψος της έδρας πρέπει να έχει εύρος ρύθμισης 42.4cm - 52.3cm από το έδαφος.
10	Το μήκος (βάθος) της έδρας του καθίσματος κανονικά πρέπει να μπορεί να ρυθμιστεί ανάλογα με τα ανθρωπομετρικά δεδομένα του εργαζομένου (συνιστώμενο εύρος ρύθμισης 38-45cm). Σε πολλά καθίσματα αυτό επιτυγχάνεται μέσω της μετατόπισης «εμπρός-πίσω» της πλάτης του καθίσματος.
11	Το πλάτος της έδρας του καθίσματος πρέπει να είναι τουλάχιστον 45cm.
12	Η κλίση της έδρας με το οριζόντιο επίπεδο συνιστάται να κυμαίνεται μεταξύ 0° - 7°.
13	Η έδρα πρέπει να έχει στο μπροστινό μέρος της μία ελαφριά κλίση προς τα κάτω και να είναι στρογγυλεμένη.
14	Η επιφάνεια της έδρας πρέπει να έχει κατάλληλο κοίλωμα.
15	Το υλικό κατασκευής του καθίσματος πρέπει να προσφέρει ελαστικότητα.



16	Το υλικό επένδυσης του καθίσματος πρέπει να είναι ανθεκτικό, μη ολισθηρό και υδατοδιαπερατό επιτρέποντας το σώμα να «αναπνέει».
17	Το ύψος των υποβραχιόνων του καθίσματος συνιστάται να είναι ρυθμιζόμενο (ένα αποδεκτό ύψος από την έδρα είναι περί τα 25cm).
18	Η οριζόντια απόσταση μεταξύ των υποβραχιόνων πρέπει να μπορεί να αυξομειωθεί. Σε κάθε περίπτωση πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 40cm.
19	Το πλάτος των υποβραχιόνων πρέπει να είναι τουλάχιστον 5cm.
20	Η βάση του καθίσματος πρέπει να έχει τουλάχιστον πέντε ακτίνες (για καλή στήριξη) και τα ροδάκια να εξασφαλίζουν απρόσκοπτη κύλιση.
21	Το κάθισμα πρέπει να μπορεί να περιστρέφεται περί τον άξονά του, ώστε ο εργαζόμενος να μπορεί εύκολα να προσεγγίζει αντικείμενα που βρίσκονται γύρω από αυτόν, αλλά και να προσεγγίζει την θέση εργασίας του.

(Πηγή: [N. Μαρμαράς](#))

Πίνακας 3 Εργονομικές αρχές για τον σχεδιασμό καθισμάτων εργασίας (προσαρμογή από OSHA). [2]

## ΟΡΘΙΑ ΘΕΣΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

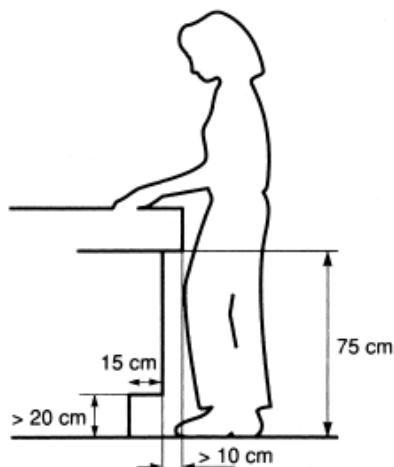
Δεν προτείνεται όλη η εργάσιμη ημέρα να περνάει σε μια όρθια θέση. Η μακρά ορθοστασία κουράζει την πλάτη και τα πόδια. Μια επιπλέον πίεση μπορεί να προκύψει όταν το κεφάλι και ο κορμός κάμπτονται, το οποίο οδηγεί σε προβλήματα στον αυχένα και την πλάτη. Επιπλέον, η εργασία σε όρθια θέση με τα χέρια χωρίς κάποια στήριξη, σε ανασηκωμένη θέση, οδηγεί σε πίεση στους ώμους, κάτι το οποίο μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στους ώμους.

Οι εργασίες που πρέπει να εκτελούνται για μεγάλες περιόδους σε όρθια θέση θα πρέπει να εναλλάσσονται με εργασίες που μπορούν να εκτελεστούν σε καθιστή θέση, ή με εργασίες όπου απαιτείται περπάτημα. Οι εργαζόμενοι πρέπει να έχουν την δυνατότητα να κάθονται κατά τη διάρκεια των φυσικών διαλειμμάτων όπως και κατά την διάρκεια της εργασίας (χειρισμός μίας μηχανής ή σε εργασίες πωλήσεων καταστήματα). [1]

- **Χορήγηση αρκετού χώρου για τα πόδια και τα πόδια**

Κατά τη διάρκεια μίας όρθιας εργασίας θα πρέπει να διασφαλιστεί η επάρκεια του ελεύθερου χώρου κάτω από την επιφάνεια της εργασίας ή του μηχανήματος για τα πόδια και τα πόδια. Αυτό επιτρέπει στο άτομο να είναι κοντά στην εργασία που πραγματοποιεί χωρίς να λυγίζει τον κορμό.

Επιπροσθέτως θα πρέπει να υπάρχει ένα διάκενο για την εναλλαγή της θέσης των ποδιών κάθε τόσο. Στο παρακάτω (Σχήμα 6) περιγράφονται οι απαιτούμενες ελάχιστες εσοχές κάτω από την επιφάνεια εργασίας ή του μηχανήματος. [1]



(Πηγή: [Jan Dul and Bernard Weerdmeester](#))

**Σχήμα 6** Ελάχιστος χώρος για τα πόδια και τα πόδια που απαιτείται για όρθια εργασία (διαστάσεις σε cm). [1]

## ΘΕΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΑ ΧΕΡΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΜΠΡΑΤΣΟ

Εκτέλεση εργασιών για μεγάλες περιόδους με το χέρι και το μπράτσο σε κακή στάση μπορεί να φέρει συγκεκριμένα προβλήματα στον καρπό, τον αγκώνα και τον ώμο. Ένας συνεχώς λυγισμένος καρπός μπορεί να οδηγήσει σε φλεγμονή των τοπικών νεύρων, με επακόλουθο πόνο στον καρπό και αίσθημα μυρμηγκιάσματος στα δάχτυλα. Μια άλλη πάθηση που μπορούμε να επισημάνουμε είναι «ο αγκώνας του τένις», η οποία είναι μια τοπική φλεγμονή προσκόλλησης του τένοντα που οφείλεται σε συνδυασμό λυγισμένου αγκώνα και λυγισμένου καρπού.

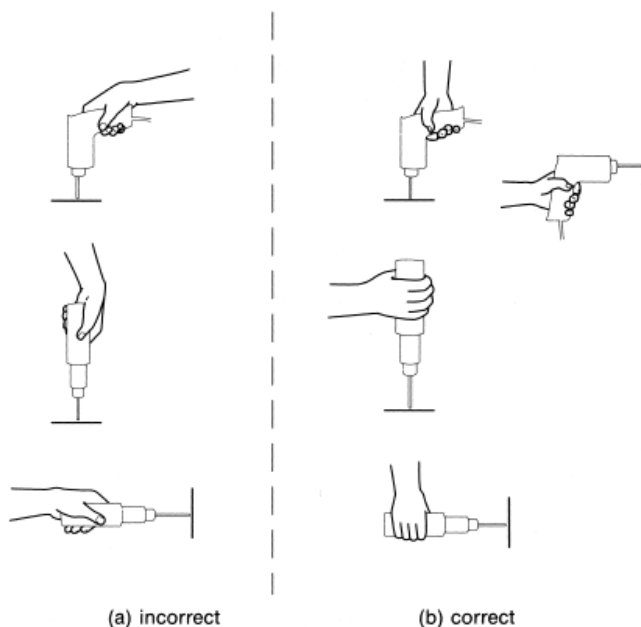
Τα προβλήματα στον αυχένα και τους ώμους συνήθως παρουσιάζονται κατά την διάρκεια μακράς εργασίας με ανασηκωμένα χέρια χωρίς να έχουμε κάποια στήριξη. Όλα αυτά τα προβλήματα ανακύπτουν κυρίως κατά τον χειρισμό εργαλείων χειρός.

Εκτός από τη στάση που θα έχει το σώμα, η εφαρμογή δύναμης αλλά και η επαναλαμβανόμενη κίνηση («Επαναλαμβανόμενοι τραυματισμοί καταπόνησης RSI») έχουν μεγάλη βαρύτητα στην ανάπτυξη αλλά και στην επιδείνωση αυτών των συνθηκών. Σωστές στάσεις των χεριών μπορούν να επιλεγούν κάνοντας χρήση του σωστού ύψους εργασίας για τα χέρια με παράλληλη χρήση των κατάλληλων εργαλείων.

Ένα συγκεκριμένο εργαλείο είναι συχνά διαθέσιμο σε διαφορετικά μοντέλα. Η επιλογή ενός μοντέλου πρέπει να γίνεται έχοντας υπολογίσει σε ποια εργασία θα το χρησιμοποιήσουμε καθώς και την στάση που θα έχουμε σε αυτή. Κάνοντας την σωστή επιλογή εργαλείου πετυχαίνουμε οι αρθρώσεις να μπορούν να διατηρούνται όσο το δυνατόν περισσότερο στην ουδέτερη θέση. Το παρακάτω (Σχήμα 7) δείχνει τη σωστή και την λανθασμένη χρήση διαφορετικών τύπων ηλεκτρικών τρυπανιών και κατσαβιδιών.

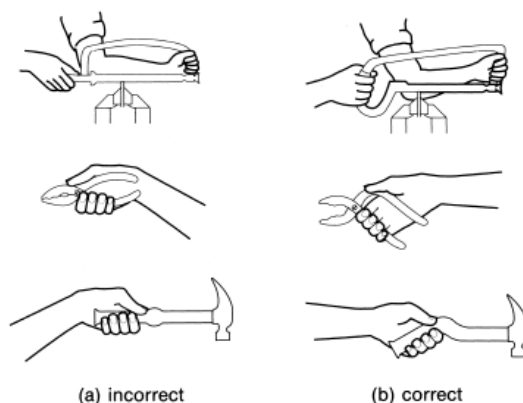
Η κάμψη του καρπού μπορεί να αποφευχθεί αν τοποθετηθούν σωστά οι χειρολαβές σε ένα εργαλείο. Αυτό μπορούμε να το παρατηρήσουμε στο (Σχήμα 8).

Τέλος αν το εργαλείο δεν μπορεί να στηριχτεί σε μια επιφάνεια και χρησιμοποιείται συνήθως με το ένα χέρι, το βάρος του δεν πρέπει να ξεπερνά τα 2 κιλά. Με την στήριξη του εργαλείου σε μία επιφάνεια δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιούμε εργαλεία με μεγαλύτερο βάρος. Τα βαριά εργαλεία που χρησιμοποιούνται συχνά μπορούν να στηριχθούν από ένα αντίβαρο όπως στο (Σχήμα 9). [1]



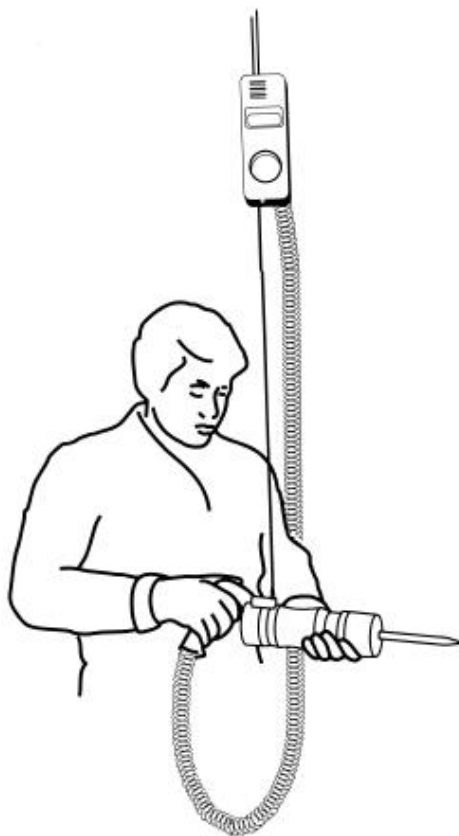
(Πηγή: [Jan Dul and Bernard Weerdmeester](#))

Σχήμα 7 Στα εργαλεία χειρός, ο καρπός πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν ίσιος. Το σχήμα δείχνει τη σωστή και λανθασμένη χρήση δύο ειδών περιστρεφόμενου εργαλείου. [1]



(Πηγή: [Jan Dul and Bernard Weerdmeester](#))

Σχήμα 8 Η σωστή θέση των χειρολαβών στα εργαλεία αποτρέπει τον λυγισμό του καρπού. [1]



(Πηγή: [Jan Dul and Bernard Weerdmeester](#))

Σχήμα 9 Με την χρήση ενός αντίβαρου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε βαρύτερα εργαλεία. [1]

## ΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΙΝΗΣΗ

Κατά την εκτέλεση διάφορων εργασιών απαιτείται η κίνηση ολόκληρου του σώματος. Αυτές οι κινήσεις συνήθως προκαλούν υψηλές τοπικές καταπονήσεις που με την πάροδο του χρόνου οδηγούν σε σωματικούς πόνους. Οι κινήσεις μπορούν να προκαλέσουν καταπονήσεις με την ενεργειακή έννοια για τους μύες, την καρδιά και τους πνεύμονες. Αυτές τις καταπονήσεις μπορούμε να τις δούμε για παράδειγμα στην ανύψωση ενός αντικειμένου.

Η χειροκίνητη ανύψωση ενός αντικειμένου εξακολουθεί να απαιτείται συχνά παρά τη μηχανοποίηση και αυτοματοποίηση. Η ανύψωση θεωρείται η κύρια αιτία των προβλημάτων της μέσης.

Πολλές καταστάσεις ανύψωσης εξακολουθούν να μην ικανοποιούν τις εργονομικές απαιτήσεις. Παρακάτω θα παρουσιαστούν οδηγίες και μέτρα για την ανύψωση. [1]

- **Δημιουργία βέλτιστων συνθηκών για την ανύψωση αντικειμένων**

Για την βελτίωση των συνθηκών ανύψωσης όταν απαιτείται χειροκίνητη ανύψωση βαρέων φορτίων (μέχρι 23 κιλά), τότε οι συνθήκες ανύψωσης θα πρέπει να γίνουν τα παρακάτω ως εξής:

1. Θα πρέπει η συγκράτηση του φορτίου να γίνεται κοντά στο σώμα (η οριζόντια απόσταση από το χέρι έως τους αστραγάλους θα πρέπει να είναι περίπου 25 cm).
2. Το αρχικό ύψος του φορτίου πριν την ανύψωσή του πρέπει να είναι περίπου 75 cm.
3. Η κατακόρυφη μετατόπιση του φορτίου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 25 cm.
4. Πρέπει να είναι δυνατή η παραλαβή του φορτίου και με τα δύο χέρια.
5. Το φορτίο πρέπει να είναι εφοδιασμένο με χειρολαβές ή λαβές χειρός.
6. Πρέπει να είναι δυνατή η ελεύθερη επιλογή της στάσης ανύψωσης.
7. Ο κορμός δεν πρέπει να στρίβει κατά την ανύψωση.
8. Η συχνότητα ανύψωσης πρέπει να είναι μικρότερη από μία ανύψωση ανά πέντε λεπτά.
9. Η εργασία ανύψωσης δεν πρέπει να διαρκεί περισσότερο από μία ώρα και θα πρέπει να ακολουθείται από χρόνο ανάπαυσης (ή ελαφριά δραστηριότητα) 120 % τη διάρκεια της εργασίας ανύψωσης. [\[1\]](#)

## **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΕΡΓΟΝΟΜΙΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ**

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθούν οι 3 μεθοδολογίες εκτίμησης εργονομικών κινδύνων OWAS, RULA, REBA οι οποίες βασίζονται στην ανάλυση της στάσης του σώματος κατά την διάρκεια μιας εργασίας. Επιπλέον αυτές οι μεθοδολογίες κάνουν εκτίμηση του σωματικού φορτίου που επιδέχεται το άτομο κατά την διάρκεια μιας εργασίας.

Βάση των αποτελεσμάτων αυτών των μεθοδολογιών μπορούν να βγουν συμπεράσματα για το αν κρίνεται απαραίτητη η εφαρμογή εργονομικών παρεμβάσεων για την βελτίωση των εργονομικών συνθηκών.

### **ΜΕΘΟΔΟΣ OWAS (ΟΝΑΚΟ WORKING POSTURE ANALYZING SYSTEM)**

Η μέθοδος OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) είναι μια απλή μέθοδος για την αξιολόγηση της επικινδυνότητας του μυϊκού φόρτου που προέρχεται κυρίως από τις στάσεις τις οποίες υιοθετεί το σώμα κατά την εργασία. Η μέθοδος αναπτύχθηκε από τους Φιλανδούς O. Karhu και B. Trappe (Karhu et al. 1977, 1981). Η αξιοπιστία της έχει ελεγχθεί συστηματικά και χρησιμοποιείται ήδη ευρέως σε πολλές χώρες. Η μέθοδος OWAS βασίζεται σε συστηματική ανάλυση της εργασίας μέσω παρατηρήσεων και μια απλή κατηγοριοποίηση των στάσεων που λαμβάνει το σώμα των εργαζομένων. Με βάση τα αποτελέσματά της, οι ειδικοί, από κοινού με τους εργαζομένους, μπορούν να αναπτύξουν μέτρα για τη μείωση του σωματικού φόρτου που προέρχεται από ακατάλληλες στάσεις κατά την εργασία. [2]

Τα βασικά στοιχεία αυτής μεθόδου είναι:

1. Κατηγοριοποίηση των στάσεων. [2]
2. Συστηματικές παρατηρήσεις για την συλλογή των δεδομένων. [2]
3. Αξιολόγηση των στάσεων. [2]

Παρακάτω μπορούμε να δούμε τις ενέργειες που πρέπει να ακολουθηθούν για να μπορέσει να γίνει η αξιολόγηση των στάσεων. [2]

#### **Ενέργεια 1**

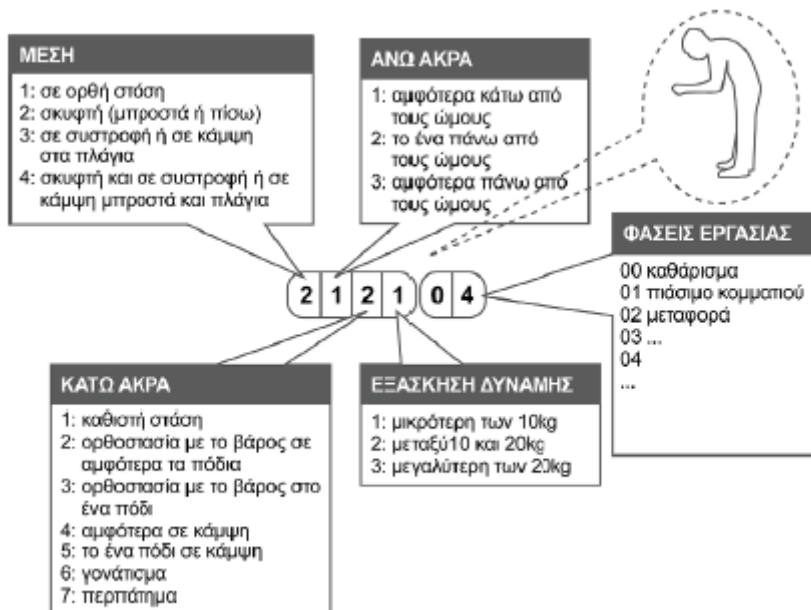
Γίνεται ο εντοπισμός των επιμέρους εργασιών ή ενεργειών που εκτελεί ένας εργαζόμενος του οποίου τον σωματικό φόρτο από την εργασία θέλουμε να αξιολογήσουμε. [2]

## Ενέργεια 2

Για την κάθε επιμέρους εργασία, εντοπίζονται οι σωματικές δραστηριότητες μέσω των οποίων αυτή υλοποιείται και οι οποίες επιβάλλουν διαφορετικές στάσεις του σώματος. Οι στάσεις του σώματος διαφοροποιούνται μεταξύ τους όταν έστω και ένα από τα τρία μέρη του σώματος (μέση, άνω και κάτω άκρα) ή η εξασκούμενη δύναμη μπορούν να κατηγοριοποιηθούν διαφορετικά, σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση των στάσεων της μεθόδου OWAS. Με άλλα λόγια, οι στάσεις διαφοροποιούνται όταν ο τετραψήφιος κωδικός της μεθόδου OWAS διαφέρει ως προς ένα τουλάχιστο ψηφίο. Οι διαφορετικές στάσεις που εντοπίζονται σε κάθε επιμέρους εργασία ονομάζονται στην μέθοδο OWAS φάσεις εργασίας (work phases). Στο στάδιο αυτό, κάθε φάση εργασίας που εντοπίζεται, κωδικοποιείται με ένα διψήφιο αριθμό. [2]

## Ενέργεια 3

Δημιουργούνται οι τετραψήφιοι κωδικοί σύμφωνα με το (Σχήμα 10) για κάθε φάση εργασίας και υπολογίζεται ο αριθμός επαναλήψεών τους (συχνότητα), καθώς και το ποσοστό του συνολικού χρόνου εργασίας το οποίο αντιπροσωπεύουν. Τα παραπάνω μπορούν να υπολογιστούν με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι με χρονομέτρηση των διαφόρων φάσεων της εργασίας και ο δεύτερος τρόπος είναι με βιντεοσκοπήση της εργασίας ή η χρήση ηλεκτρονικού καταγραφέα γεγονότων. [2]



(Πηγή: [N. Μαρμαράς](#))

**Σχήμα 10** Κατηγοριοποίηση και κωδικοποίηση των στάσεων εργασίας σύμφωνα με τη μέθοδο OWAS και ένα παράδειγμα κωδικοποίησης μιας στάσης. [2]

#### Ενέργεια 4

Σχεδιάζονται πίνακες με τα συλλεγμένα δεδομένα της ανάλυσης. Στους πίνακες αυτούς για κάθε επιμέρους εργασία φαίνονται: (α) οι φάσεις εργασίας και ο κωδικός τους αριθμός, (β) ο τετραψήφιος κωδικός, που περιγράφει τη στάση που λαμβάνει ο εργαζόμενος και την εξασκούμενη δύναμη, (γ) ο αριθμός επαναλήψεων της κάθε φάσης και (δ) το ποσοστό του χρόνου που αντιπροσωπεύει η κάθε φάση έναντι του συνολικού χρόνου εργασίας. [2]

#### Ενέργεια 5

Η αξιολόγηση των στάσεων γίνεται με τη βοήθεια των (Πινάκων 4) και (5). Σε μια πρώτη φάση, οι διάφορες στάσεις που έχουν εντοπιστεί αξιολογούνται με τη χρήση του (Πίνακα 4). Εντοπίζονται έτσι οι πλέον επιβαρυντικές στάσεις και ανάλογα με την κατηγορία δράσης στην οποία ανήκουν, λαμβάνονται ή όχι τα αναγκαία μέτρα. Στην συνέχεια χρησιμοποιείται ο (Πίνακας 5). Εδώ η αξιολόγηση γίνεται ως προς τις στάσεις των τριών μερών του σώματος (μέση, άνω άκρα και κάτω άκρα), για το σύνολο των φάσεων εργασίας. Συγκεκριμένα, υπολογίζουμε το συνολικό ποσοστό του χρόνου εργασίας για το οποίο το κάθε μέρος του σώματος λαμβάνει μια συγκεκριμένη στάση και, ανατρέχοντας στον (Πίνακα 4), εντοπίζουμε την κατηγορία δράσης στην οποία κατατάσσεται το συγκεκριμένο μέρος του σώματος. [2]

		ΜΕΣΗ				ΑΝΩ ΑΚΡΑ				ΚΑΤΩ ΑΚΡΑ				ΕΞ. ΔΥΝΑΜΗΣ			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	1	1	1
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	3	4	2
	3	2	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	2
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	4	4	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	3	4	4	4	4	3	3	1
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	2
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2

#### ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΡΑΣΗΣ

- 1 δεν χρειάζονται μέτρα
- 2 διορθωτικά μέτρα στο εγγύς μέλλον
- 3 διορθωτικά μέτρα όσο το δυνατόν γρηγορότερα
- 4 διορθωτικά μέτρα αμέσως



(Πηγή: [N. Μαρμαράς](#))

**Πίνακας 4** Κατηγοριοποίηση δράσεων χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η διάρκεια της εργασίας. [2]



ΜΕΤΗ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	4	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
ΑΝΩ ΑΚΡΑ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
ΚΑΤΩ ΑΚΡΑ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	3	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	4	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	5	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	6	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	7	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

% χρόνου εργασίας: 0 20 40 60 80 100

**ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΔΡΑΣΗΣ**  
 1 δεν χρειάζονται μέτρα  
 2 διορθωτικά μέτρα στο εγγύς μέλλον  
 3 διορθωτικά μέτρα όσο το δυνατόν γρηγορότερα  
 4 διορθωτικά μέτρα αμέσως

(Πηγή: [N. Μαρμαράς](#))

**Πίνακας 4** Κατηγοριοποίηση δράσεων λαμβάνοντας υπόψη τη διάρκεια της εργασίας αλλά όχι την εξάσκηση δύναμης. [2]

## ΜΕΘΟΔΟΣ RULA (RAPID UPPER LIMB ASSESSMENT) [2]

Μια μέθοδος παραπλήσια, αλλά πιο ακριβής από την OWAS, είναι αυτή που αναπτύχθηκε από τους McAtamney και Corlett (1993). Η μέθοδος είναι γνωστή με το όνομα RULA (Rapid Upper Limb Assessment) και αξιολογεί τις στάσεις, δυνάμεις και δραστηριότητες των μυών που συμβάλλουν στην εμφάνιση προβλημάτων γνωστών στη διεθνή βιβλιογραφία με το όνομα Upper Limb Disorders – ULD (προσβολές των άκρων).

Όπως και στη μέθοδο OWAS, παρατηρούνται και εντοπίζονται οι διάφορες στάσεις που λαμβάνουν οι εργαζόμενοι κατά την εργασία τους. Η βιντεοσκοπήηση ή η φωτογράφιση των στάσεων αυτών είναι, όπως θα φανεί στη συνέχεια, πολύ χρήσιμη. Κάθε στάση αξιολογείται με τον τρόπο που φαίνεται στο (Σχήμα 11).

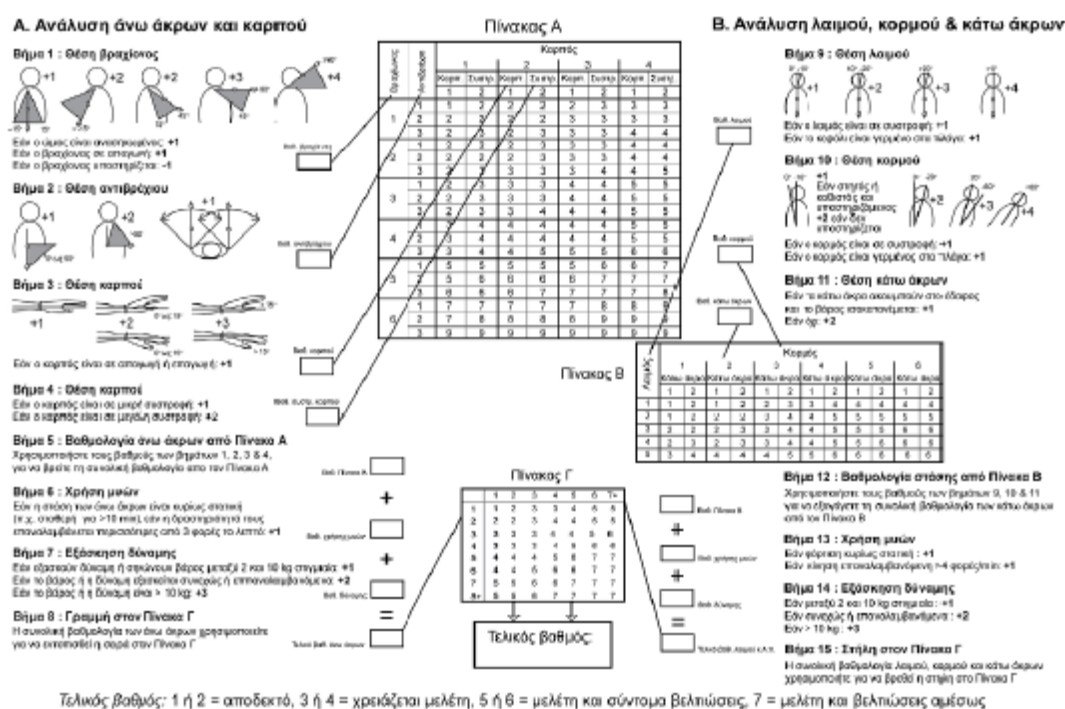
Πιο συγκεκριμένα σε πρώτη φάση, αποδίδονται οι κατάλληλοι βαθμοί εξετάζοντας τις στάσεις που λαμβάνουν οι βραχίονες, τα αντιβράχια και οι καρποί του εργαζομένου (βήματα 1 ως 4). Στη συνέχεια, με τη χρήση του Πίνακα Α, εξάγεται μια βαθμολογία για τα άνω άκρα (βήμα 5). Στον βαθμό αυτό προστίθενται οι βαθμοί για τη χρήση των μυών και την εξάσκηση δύναμης από τα άνω άκρα (βήματα 6 και 7). Έτσι, εξάγεται η συνολική βαθμολογία των άνω άκρων (βήμα 8). Πρέπει να σημειωθεί ότι υπολογίζεται η συνολική βαθμολογία ξεχωριστά για το δεξί και το αριστερό άνω άκρο και κρατείται για τη συνέχεια (βήμα 15) ο μεγαλύτερος από τους δύο.

Σε μια δεύτερη φάση, βαθμολογούνται οι στάσεις του λαιμού, του κορμού και των κάτω άκρων (βήματα 9, 10 και 11). Με τη βοήθεια του Πίνακα Β, υπολογίζεται μια βαθμολογία για τα τρία αυτά μέλη του σώματος (βήμα 12). στον βαθμό αυτό προστίθενται ή αφαιρούνται βαθμοί για τη χρήση των μυών και την εξάσκηση δύναμης (βήματα 13 και 14), προκειμένου να εξαχθεί η συνολική βαθμολογία της ομάδας λαιμού, κορμού και κάτω άκρων (βήμα 15).

Ο τελικός βαθμός αξιολόγησης της στάσης που μελετάται, εξάγεται με τη βοήθεια του Πίνακα Γ. Ως είσοδος γραμμής χρησιμοποιείται η συνολική βαθμολογία των άνω άκρων, που βρέθηκε στο βήμα 8, ενώ ως είσοδος στήλης η συνολική βαθμολογία που βρέθηκε στο βήμα 15.

Εάν ο τελικός βαθμός είναι:

- 1 ή 2, η επικινδυνότητα της στάσης θεωρείται αποδεκτή και δεν χρειάζεται περαιτέρω μελέτη.
- 3 ή 4, η στάση παρουσιάζει χαμηλή επικινδυνότητα και καλό θα ήταν στο εγγύς μέλλον να γίνει μελέτη για βελτίωσή της.
- 5 ή 6, η στάση παρουσιάζει σχετική επικινδυνότητα και πρέπει σύντομα να γίνει μελέτη για βελτίωσή της.
- 7, η στάση παρουσιάζει μεγάλη επικινδυνότητα και απαιτείται αμέσως μελέτη για βελτίωσή της. [2]



(Πηγή: N. Μαρμαράς)

Σχήμα 11 Ανάλυση μεθόδου RULA. [2]

## ΜΕΘΟΔΟΣ REBA (RAPID ENTIRE BODY ASSESSMENT)

Η ταχεία αξιολόγηση ολόκληρου του σώματος (REBA) είναι μια μέθοδος στον τομέα της εργονομίας που χρησιμοποιείται για την γρήγορη αξιολόγηση της στάσης του σώματος, τον λαιμό, την πλάτη, τα χέρια, τους καρπούς και τα πόδια του εργάτη. [6]

Η μέθοδος REBA εισήχθη από τους Sue Hignett και Lynn Mc Atamney και δημοσιεύθηκε στο Applied Ergonomics το 2000. Αυτή η μέθοδος είναι το αποτέλεσμα της συλλογικής εργασίας μιας εργονομικής ομάδας που αποτελούνταν από φυσιοθεραπευτές, ειδικούς στην εργασία και νοσηλευτές οι οποίοι εντοπίζουν περίπου 600 θέσεις στη μεταποιητική βιομηχανία. [6]

Σύμφωνα με Tarwaka (2010), η μέθοδος REBA είναι ένα εργαλείο ανάλυσης της στάσης το οποίο είναι πολύ ευαίσθητο σε εργασία που περιλαμβάνει ξαφνικές αλλαγές σε θέση, συνήθως λόγω χειρισμού ασταθών ή μη αναμενόμενων δοχείων. Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου αποσκοπεί στην πρόληψη του κινδύνου τραυματισμού που σχετίζεται με τη θέση, ειδικά στους σκελετικούς μύες. Επομένως, αυτή η μέθοδος μπορεί να είναι χρήσιμη για την πρόληψη κινδύνου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προειδοποιήσει ότι υπάρχουν ακατάλληλες συνθήκες εργασίας στο χώρο εργασίας (Rinawati & Health, 2016). [6]

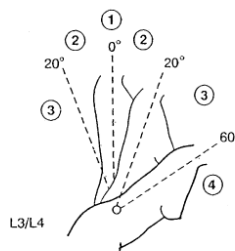
Η ανάπτυξη της μεθόδου REBA έχει ως στόχο:

- Την ανάπτυξη ενός συστήματος ορθολογικής ανάλυσης ευαίσθητο σε μυοσκελετικούς κινδύνους από μια ποικιλία εργασιών.
- Την διαίρεση του σώματος σε τμήματα που θα κωδικοποιηθούν ξεχωριστά, με αναφορά στα επίπεδα κίνησης.
- Την παροχή ενός συστήματος βαθμολόγησης για τη μυϊκή δραστηριότητα που προκαλείται από στατικές, δυναμικές, ταχέως μεταβαλλόμενες ή ασταθείς στάσεις.
- Την ανάδειξη της σύζευξης η οποία είναι σημαντική για τον χειρισμό φορτίων αλλά αυτό μπορεί να μην γίνεται πάντα μέσω των χεριών.
- Να δοθεί ένα επίπεδο δράσης με την ένδειξη του επείγοντος.
- Την απαίτηση ελάχιστου εξοπλισμού. [5]

Για την αξιολόγηση των στάσεων κάθε εργασίας που εκτελείται θα παρουσιαστούν παρακάτω σχήματα και πίνακες με τους οποίους πραγματοποιείται η βαθμολόγηση αυτών των στάσεων ούτως ώστε να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα.

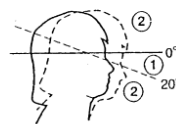
#### Trunk

Movement	Score	Change score:
Upright	1	+1 if twisting or side flexed
0°–20° flexion 0°–20° extension	2	
20°–60° flexion >20° extension	3	
>60° flexion	4	



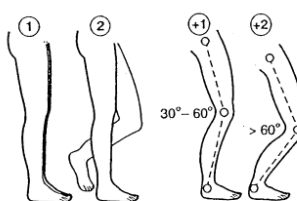
#### Neck

Movement	Score	Change score:
0°–20° flexion	1	+1 if twisting or side flexed
>20° flexion or in extension	2	



#### Legs

Position	Score	Change score:
Bilateral weight bearing, walking or sitting	1	+1 if knee(s) between 30° and 60° flexion +2 if knee(s) are >60° flexion (n.b. Not for sitting)
Unilateral weight bearing Feather weight bearing or an unstable posture	2	

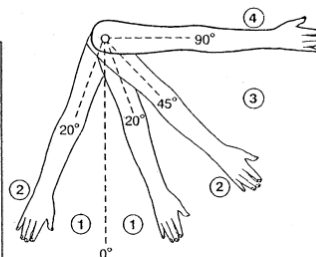


(Πηγή: [Sue Hignett and Lynn McAtamney](#))

Σχήμα 12 Διαγράμματα μελών του σώματος. [5]

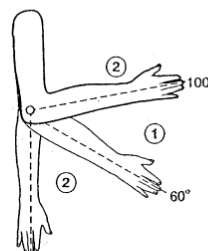
#### Upper arms

Position	Score	Change score:
20° extension to 20° flexion	1	+1 if arm is: • abducted • rotated
>20° extension 20°–45° flexion	2	
45°–90° flexion	3	+1 if shoulder is raised –1 if leaning, supporting weight of arm or if posture is gravity assisted
>90° flexion	4	



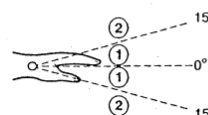
#### Lower arms

Movement	Score
60°–100° flexion	1
<60° flexion or >100° flexion	2



#### Wrists

Movement	Score	Change score:
0°–15° flexion/extension	1	+1 if wrist is deviated or twisted
>15° flexion/extension	2	






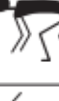




(Πηγή: [Sue Hignett and Lynn McAtamney](#))

Σχήμα 13 Διαγράμματα για τα μέλη του σώματος. [5]

Final Score	Level of risk	Risk Category	Action
1	0	Very low	No action is required.
2-3	1	Low	Action may be required.
4-7	2	Moderate	Action required.
8-10	3	High	Immediate action is required.
11-15	4	Very High	Action is needed as soon as possible.

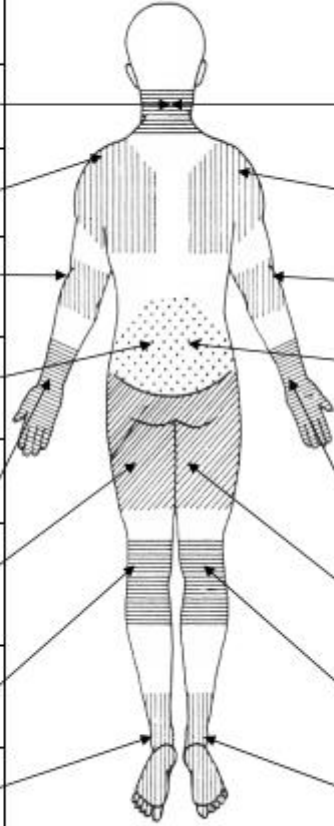
(Πηγή: [Sue Hignett and Lynn McAtamney](#))

Πίνακας 5 Τιμές της μεθόδου REBA και κατηγορίες κινδύνου. [5]

Type of work	Stick diagram	score	REBA action levels (AL)	Risk level
Brick loading		9	3	High
Digging soil by a spade		10	3	High
Mixture making		9	3	High
Lifting materials from the ground		10	3	High
Wooden plank carrying		11	4	Very high
Cement bag carrying		11	4	Very high
Sand loading into a bucket by a spade		10	3	High
Filling motor mixture into a container by a shovel		10	3	High

(Πηγή: [Subhashis Sahu, Soumen Chattopadhyay, Kumkum Basu, and Goutam Paul](#))

Πίνακας 6 Ανάλυση στάσεων εργασίας με εργαλεία αξιολόγησης στάσης REBA. [7]

Just noticeable discomfort ↓ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Worst discomfort ever ↓ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10			Just noticeable discomfort ↓ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	Worst discomfort ever ↓ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
5.4	Neck		Neck	6.1	
5.1	Shoulder		Shoulder	5.9	
2.5	Elbow		Elbow	2.7	
8.6	Lower Back		Lower Back	9.1	
2.4	Wrist		Wrist	2.6	
2.3	Thigh		Thigh	2.5	
5.6	Knee		Knee	6.8	
2.2	Ankle		Ankle	2.5	
Male labourers			Female labourers		

(Πηγή: [Subhashis Sahu, Soumen Chattopadhyay, Kumkum Basu, and Goutam Paul](#))

Πίνακας 7 Αίσθημα δυσφορίας στα διάφορα μέρη του σώματος τόσο σε άνδρες όσο και σε γυναίκες εργάτες στο σώμα. [7]

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ NIOSH ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΥΨΩΣΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ

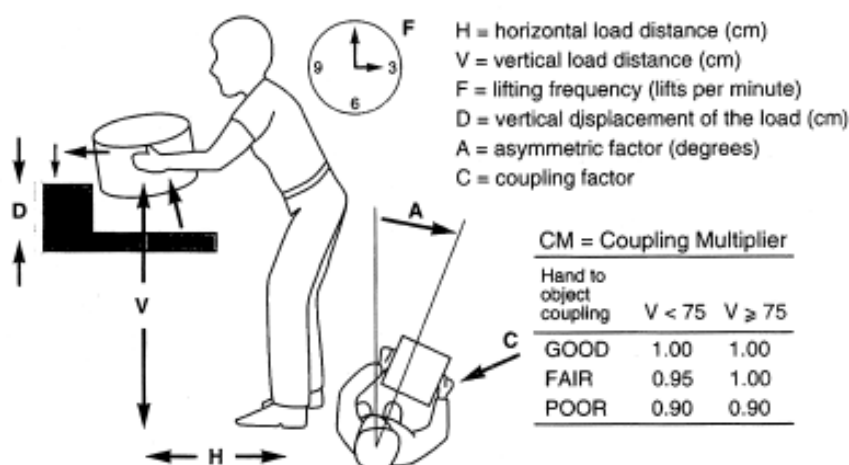
Η μέθοδος που αναπτύχθηκε από το Αμερικανικό Εθνικό Ινστιτούτο για την Εργασιακή Ασφάλεια και Υγεία (NIOSH) χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του μέγιστου φορτίου όταν επικρατούν δυσμενείς συνθήκες ανύψωσης. Σε αυτή την μέθοδο συμπεριλαμβάνεται η περιστροφή που έχει ο κορμός, η συχνότητα και η διάρκεια με την οποία πραγματοποιείται η ανύψωση, η σύζευξη μεταξύ χεριών και φορτίου καθώς και η απόσταση οριζόντια-κάθετη μεταξύ φορτίου και σώματος. [1]

Μια επιπλέον προϋπόθεση αυτής της μεθόδου είναι ότι η στάση κατά την διάρκεια της ανύψωσης μπορεί να επιλεγεί ελεύθερα καθώς και ότι το φορτίο θα ανυψώνεται με τα δύο χέρια. [1]

Η κατασκευή της εξίσωσης NIOSH έγινε έτσι ώστε το βάρος να είναι αποδεκτό για την πλειοψηφία του πληθυσμού (99% των ανδρών και 75 % των γυναικών), το φορτίο στο κάτω μέρος της πλάτης να είναι μικρότερο από 3400 N (340 kg δύναμη) και τέλος ότι η ενεργειακή δαπάνη για 1-2 ώρες συνεχόμενης ανύψωσης να είναι μικρότερη από 260 W για ανυψώσεις (75 cm) κάτω από το ύψος του πάγκου και λιγότερο από 190 W για ανυψώσεις πάνω από το ύψος του πάγκου. [1]

Σε αυτή την μέθοδο, η μονάδα βάρους (23 kg) για την ανύψωση αντικειμένων μειώνεται για δυσμενείς συνθήκες ανύψωσης χρησιμοποιώντας μια σειρά πολλαπλασιαστών σύμφωνα με τον τύπο: [1]

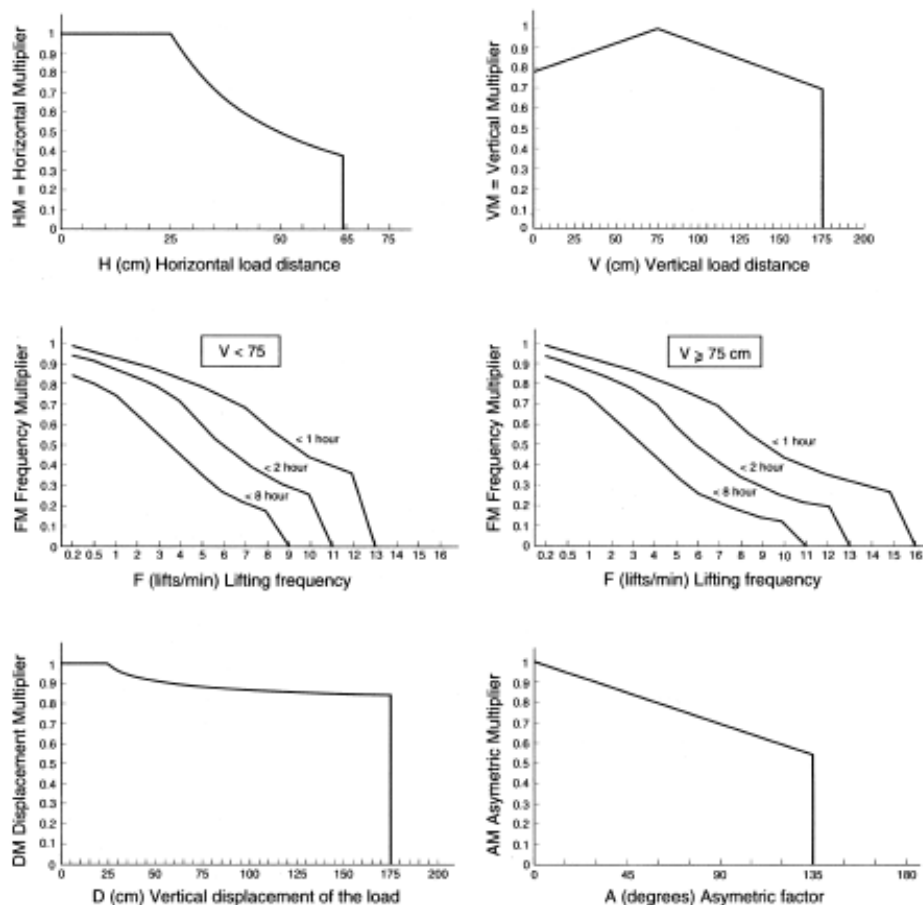
23 kg HM VM DM FM AM CM



(Πηγή: [Jan Dul and Bernard Weerdmeester](#))

**Σχήμα 14** Με την εξίσωση NIOSH μπορούμε να προσδιορίσουμε το μέγιστο φορτίο για δυσμενείς συνθήκες ανύψωσης. [1]





(Πηγή: [Jan Dul and Bernard Weerdmeester](#))

**Σχήμα 15** Με την εξίσωση NIOSH μπορούμε να προσδιορίσουμε το μέγιστο φορτίο για δυσμενείς συνθήκες ανύψωσης. [1]

Το (Σχήμα 15) δείχνει τους πολλαπλασιαστές για την οριζόντια απόσταση φορτίου (οριζόντιος πολλαπλασιαστής, HM), την κατακόρυφη απόσταση φορτίου (κάθετος πολλαπλασιαστής, VM), την κατακόρυφη μετατόπιση του φορτίου (πολλαπλασιαστής μετατόπισης, DM), τη συχνότητα (πολλαπλασιαστής συχνότητας, FM), ο ασύμμετρος παράγοντας (ασύμμετρος πολλαπλασιαστής, AM) και ο συντελεστής σύζευξης (πολλαπλασιαστής σύζευξης, CM). Εάν η κατάσταση ανύψωσης δεν συμβαδίζει με τις απαιτήσεις της μεθόδου NIOSH (εάν η στάση ανύψωσης δεν μπορεί να επιλεγεί ελεύθερα ή εάν το φορτίο ανυψωθεί με το ένα χέρι), η μέθοδος θα επιφέρει τιμές που είναι πολύ υψηλές. [1]

Λόγω της πολυπλοκότητας που εμπεριέχει αυτού του είδους η ανάλυση, έχουν αναπτυχθεί πολλά πακέτα λογισμικού τα οποία αναλύουν τις διάφορες καταστάσεις ανύψωσης αντικειμένων χρησιμοποιώντας την μέθοδο NIOSH. Με την βοήθεια αυτών των λογισμικών και σύμφωνα με τα αποτελέσματα των αναλύσεων που μας δίνουν μπορούμε να βελτιώσουμε τις συνθήκες ανύψωσης. [1]



- **Σχεδιασμός του χώρου εργασίας για ανυψωτικές δραστηριότητες**

Κατά των σχεδιασμό ενός χώρου εργασίας στον οποίο θα εκτελούνται ανυψωτικές δραστηριότητες θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα παρακάτω:

1. Η σχεδίαση όλων των τραπεζιών, ραφιών, μηχανών κ.α., πάνω στα οποία πρέπει να τοποθετηθούν φορτία ή από τα οποία πρέπει να ανυψωθούν φορτία, πρέπει να αποσκοπεί στην επίτευξη βέλτιστων συνθηκών ανύψωσης.
2. Πρέπει να είναι δυνατή η σωστή προσέγγιση του φορτίου κατά την ανύψωση και κατά την τοποθέτησή του.
3. Ο χώρος των ποδιών πρέπει να είναι επαρκής για να επιτρέπει μια σταθερή θέση για τα πόδια τέτοια ώστε να μπορούν να λυγίσουν τα γόνατα.
4. Το στρίψιμο του κορμού δεν πρέπει να είναι απαραίτητο.
5. Το ύψος και η θέση του φορτίου στην επιφάνεια εργασίας πρέπει να είναι τέτοια ώστε, όταν πραγματοποιείται ανύψωση ή τοποθέτηση του φορτίου τα χέρια να βρίσκονται στο βέλτιστο ύψος περίπου 75 cm και κοντά στον κορμό. [1]

Σε γενική ανάλυση τα παραπάνω μέτρα έχουν σημαντική επιρροή στις ανυψωτικές δραστηριότητες και είναι δυνατό να επιτευχθούν περισσότερα μέσω μιας πιο κοντινής θέσης του φορτίου παρά μειώνοντας το βάρος του. [1]

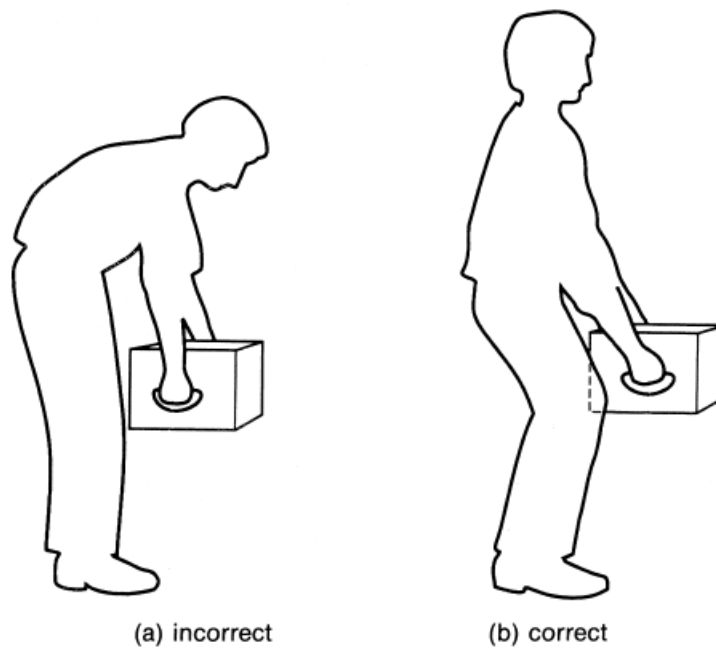
- **Χρήση σωστών τεχνικών για ανύψωσης**

Κάποιες φορές ένα άτομο έχει την επιλογή να επιλέξει την τεχνική ανύψωσης. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η εκπαίδευση του ατόμου σε ανυψωτικές εργασίες θα επιτύχει την καλύτερη δυνατή στάση κατά την ανύψωση. όμως, τα οφέλη της ενημέρωσης και της κατάρτισης δεν πρέπει να υπερεκτιμώνται. Στην πράξη, οι βελτιωμένες τεχνικές ανύψωσης συχνά δεν είναι δυνατόν να πραγματοποιηθούν λόγω των περιορισμών στο χώρο εργασίας. Επιπλέον οι συνήθειες σε αυτές τις κινήσεις μπορούν να αλλάξουν μόνο μετά από εντατική εξάσκηση και επανάληψη. [1]

Η εκπαίδευση στις τεχνικές ανύψωσης θα πρέπει να περιέχει τα ακόλουθα:

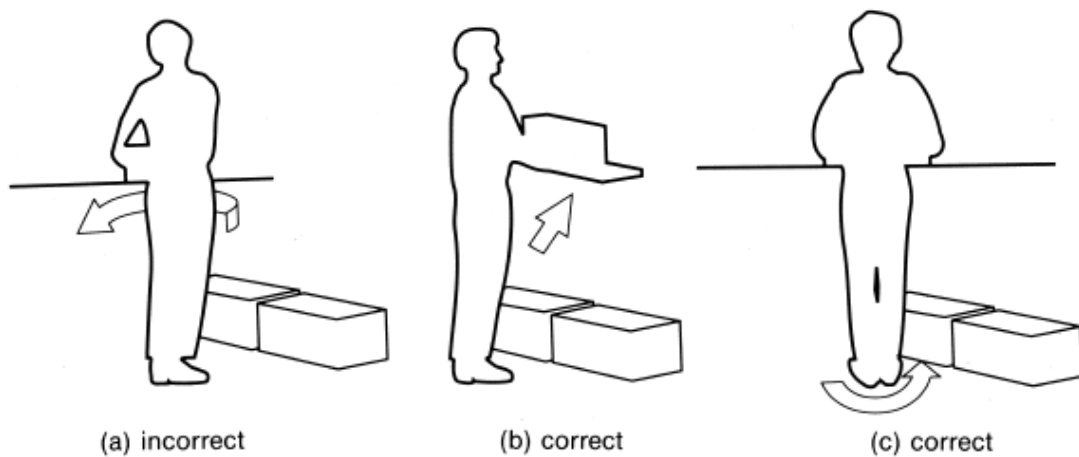
- Θα πρέπει να εκτιμηθεί το φορτίο και να καθοριστεί πού πρέπει να μετακινηθεί. Ίσως χρειαστεί η βοήθεια συνεργατών ή τη χρήση εξαρτήματος ανύψωσης.
- Στα σημεία όπου πρέπει να γίνει ανύψωση χωρίς πρόσθετη βοήθεια, θα πρέπει η θέση του εργαζομένου να είναι ακριβώς μπροστά από το φορτίο και να βεβαιωθεί ότι τα πόδια βρίσκονται σε στέρεα θέση.
- Ο εργαζόμενος θα πρέπει να έχει το φορτίο όσο το δυνατόν πιο κοντά στο σώμα και να πιάσει το φορτίο και με τα δύο χέρια, χρησιμοποιώντας ολόκληρο το χέρι και όχι μόνο μερικά δάχτυλα.
- Ο εργαζόμενος θα πρέπει να κρατήσει το φορτίο όσο το δυνατόν πιο κοντά στο σώμα κατά την ανύψωση. Κατά την διάρκεια την μετακίνησης ο κορμός θα πρέπει να είναι ίσιος χωρίς περιστροφές. [1]

Η τελευταία σύσταση έχει μεγάλη σημασία για τη μείωση της καταπόνησης της πλάτης (Σχήμα 16 και Σχήμα 17). Όταν πραγματοποιείται κάμψη ή στρίψιμο του κορμού κατά την διάρκεια της ανύψωσης, επιφέρουν τραυματισμούς στην πλάτη. Το φορτίο στο (Σχήμα 16) είναι περίπου 20 kg. λυγίζοντας όμως τον κορμό προς τα εμπρός, όπως στο (α) έχει ως αποτέλεσμα μια πίεση στην πλάτη σχεδόν κατά 30 % μεγαλύτερη από το (β). [1]



(Πηγή: [Jan Dul and Bernard Weerdmeester](#))

**Σχήμα 16** Ο συνδυασμός της ανύψωσης με λυγισμένο κορμό και μεγάλης οριζόντιας απόστασης μεταξύ του φορτίου και του κάτω μέρους της πλάτης (α) είναι πιο επικίνδυνη από την ανύψωση με την πλάτη ίσια και με μια μικρή οριζόντια απόσταση μεταξύ του φορτίου και του σώματος (β). [1]



(Πηγή: [Jan Dul and Bernard Weerdmeester](#))

**Σχήμα 17** Το στρίψιμο του κορμού κατά την ανύψωση (α) πρέπει να αποφεύγεται με μία καλύτερη επιλογή της επιφάνειας τοποθέτησης (β), ή μετακινώντας τα πόδια (γ). [1]

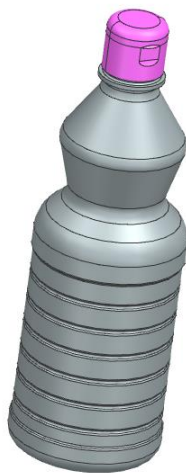
## **ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ ΣΕ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Μπορεί στις μέρες μας η τάση στην βιομηχανία και ειδικά στις γραμμές παραγωγής να οδεύει προς τα ρομποτικά συστήματα αφήνοντας τον ανθρώπινο παράγοντα σε ρόλο ελεγκτή, υπάρχουν όμως ακόμα σε πολλές βιομηχανίες γραμμές παραγωγής οι οποίες λειτουργούν με την βοήθεια εργατών. Μία τέτοια γραμμή παραγωγής θα χρησιμοποιήσουμε για να μπορέσουμε να κάνουμε έναν εργονομικό έλεγχο με την βοήθεια του προγράμματος (Tecnomatix Jack της εταιρείας Siemens). Ο σχεδιασμός της γραμμής παραγωγής έγινε με την βοήθεια του προγράμματος (Siemens NX) και παρακάτω θα παρουσιαστούν για την γραμμή παραγωγής τα εξής:

- α. Τι προϊόν θα παράγει αυτή η γραμμή παραγωγής.
- β. Ανάλυση κάθε σταδίου της γραμμής παραγωγής.
- γ. Πόσοι εργαζόμενοι δουλεύουν σε αυτή και σε ποια σημεία.
- δ. Παρουσίαση προσομοίωσης λειτουργίας της γραμμής με την τοποθέτηση όλων των εργαζομένων στις θέσεις εργασίας τους με έμφαση στην εργαζόμενη που πραγματοποιεί την μετακίνηση των κυτίων στην παλέτα για την οποία και θα κάνουμε τον εργομετρικό έλεγχο.
- ε. Παρουσίαση διαγραμμάτων με τις σωματικές καταπονήσεις που δέχεται η εργαζόμενη κατά την διάρκεια της προσομοίωσης αλλά και άλλα στοιχεία που μας δίνει το πρόγραμμα κατά την διάρκεια όλης της βάρδιας (8 ώρες).

## **ΠΡΟΪΟΝ ΠΟΥ ΘΑ ΠΑΡΑΓΕΙ Η ΓΡΑΜΜΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Κάθε γραμμή παραγωγής σχεδιάζεται κατάλληλα ανάλογα με τα προϊόντα που θα πρέπει να παράγει. Στη συγκεκριμένη γραμμή παραγωγής είναι σχεδιασμένη κατάλληλα για ένα μπουκάλι 1000 ml με κουμπωτό καπάκι όπως απεικονίζεται στο παρακάτω (Σχήμα 18).

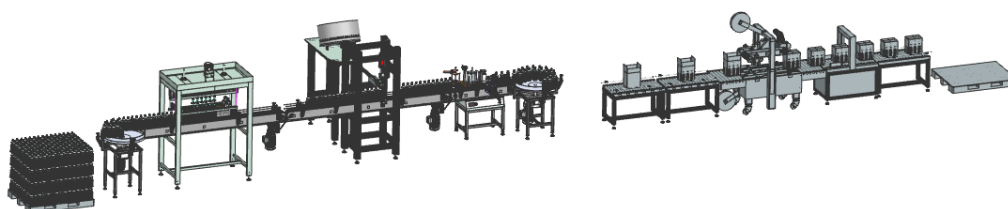


**Σχήμα 18** Μπουκάλι 1000 ml με κουμπωτό καπάκι.

## ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΤΑΔΙΩΝ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Κάθε γραμμή παραγωγής αποτελείται από διαφορετικά τμήματα (Σχήμα 19) όπου σε κάθε τμήμα πραγματοποιείται και μία διαφορετική εργασία. Έτσι και η γραμμή παραγωγής του παραπάνω μπουκαλιού περιέχει τα παρακάτω στάδια:

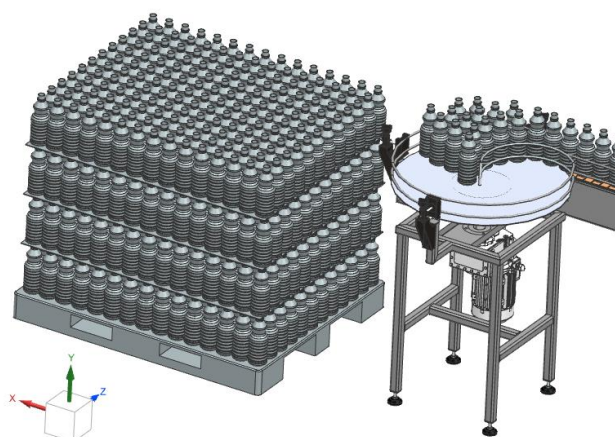
1. Στάδιο τοποθέτησης μπουκαλιών στη γραμμή.
2. Εμφιάλωση.
3. Τοποθέτηση καπακιού.
4. Τοποθέτηση ετικέτας.
5. Σημείο οπτικού ελέγχου.
6. Τοποθέτηση των μπουκαλιών σε κυτία.
7. Κλείσιμο κυτίων.
8. Τοποθέτηση κυτίων στην παλέτα.



Σχήμα 19 Γραμμή παραγωγής μπουκαλιού 1000 ml.

### Στάδιο τοποθέτησης

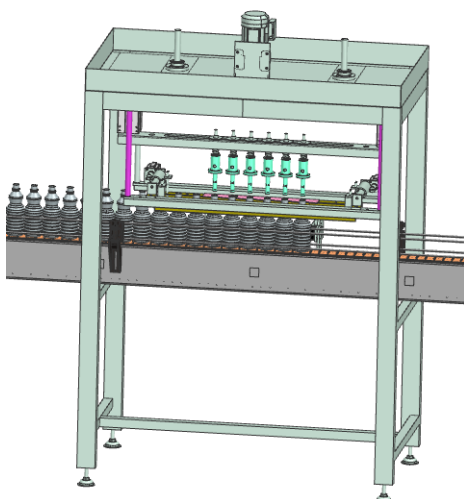
Το στάδιο τοποθέτησης του μπουκαλιού είναι το αρχικό στάδιο είσοδος στην γραμμή. Τα μπουκάλια τοποθετούνται από μία παλέτα που είναι στοιβαγμένα σε ένα περιστρεφόμενο δίσκο και στην συνέχεια ένα ένα μπαίνει στον ταινιόδρομο που οδηγεί στο στάδιο της εμφιάλωσης όπως απεικονίζεται στο παρακάτω (Σχήμα 20).



Σχήμα 20 Τοποθέτηση μπουκαλιών στην είσοδο την γραμμής.

### Εμφιάλωση μπουκαλιών

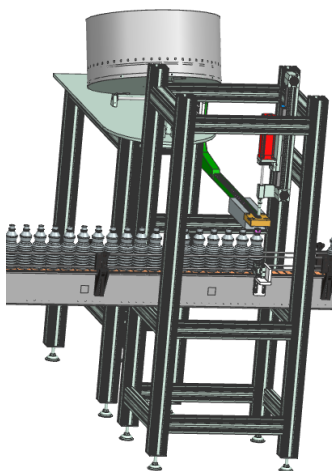
Μετά την τοποθέτηση των μπουκαλιών το επόμενο στάδιο στην γραμμή παραγωγής είναι η εμφιάλωση τους (Σχήμα 21). Για την εμφιάλωση των μπουκαλιών απαιτείται ένα δοχείο συγκέντρωσης του υλικού επάνω από την γραμμή και στην συνέχεια με μηχανική κίνηση εμβόλων διοχετεύεται το υλικό στα μπουκάλια που βρίσκονται ακριβώς από κάτω.



Σχήμα 21      Στάδιο εμφιάλωσης μπουκαλιών.

### Τοποθέτηση καπακιού

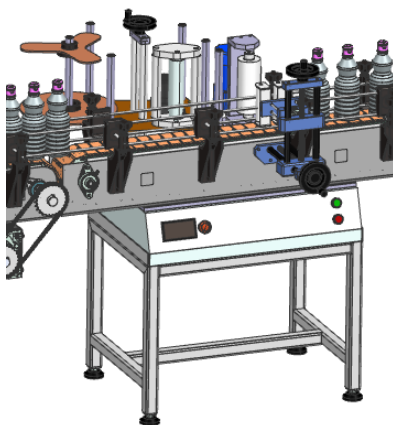
Αφού έγινε η εισαγωγή των μπουκαλιών στην γραμμή και η εμφιάλωσή τους στην συνέχεια υπάρχει το στάδιο της τοποθέτησης καπακιού. Στην συγκεκριμένη γραμμή παραγωγής θα τοποθετηθεί κουμπωτό καπάκι και όχι βιδωτό. Τα καπάκια εισέρχονται σε έναν περιστρεφόμενο δίσκο και στην συνέχεια μέσα από ένα οδηγό οδηγούνται πάνω από το μπουκάλι. Τότε κατεβαίνει ένα έμβολο και κουμπώνει το καπάκι πάνω στο μπουκάλι (Σχήμα 22).



Σχήμα 22      Στάδιο τοποθέτησης καπακιών στα μπουκάλια.

### Τοποθέτηση ετικέτας

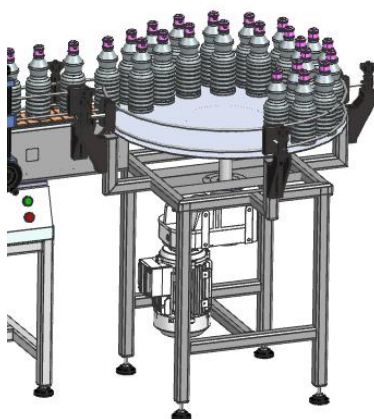
Μετά και το στάδιο της τοποθέτησης του καπακιού έχουμε το στάδιο της τοποθέτησης της ετικέτας πάνω στο μπουκάλι (Σχήμα 23).



Σχήμα 23      Στάδιο τοποθέτησης ετικέτας στα μπουκάλια.

### Σημείο οπτικού ελέγχου

Κατά την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας της γραμμής υπάρχει ένας πρώτος ποιοτικός έλεγχος στο παραγόμενο προϊόν . Έτσι καθώς το μπουκάλι φεύγει από το στάδιο της τοποθέτησης της ετικέτας και πηγαίνει σε έναν αντίστοιχο περιστρεφόμενο δίσκο όπως και στην αρχή γίνεται ένας πρώτος ποιοτικός έλεγχος (Σχήμα 24). Στην συγκεκριμένη γραμμή ο ποιοτικός έλεγχος γίνεται από συγκεκριμένο εργαζόμενο και όχι από κάποιο αυτοματοποιημένο σύστημα.

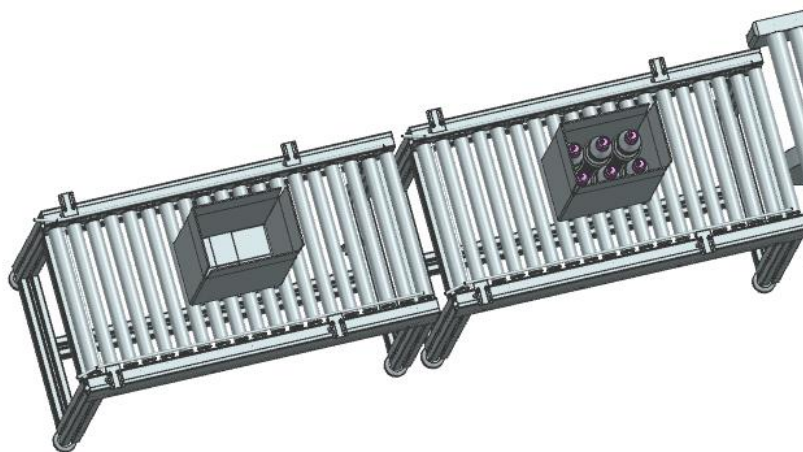


Σχήμα 24      Συγκέντρωση έτοιμων μπουκαλιών σε περιστρεφόμενο δίσκο.



#### Τοποθέτηση των μπουκαλιών σε κυτία

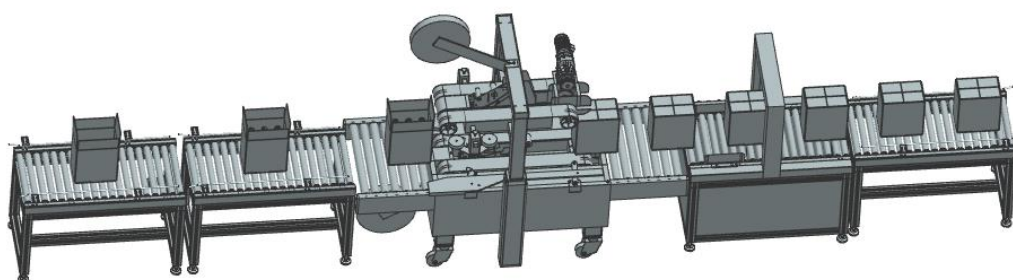
Όσο τα έτοιμα μπουκάλια περιστρέφονται στον κυκλικό δίσκο μία εργάτρια (Human 3) αναλαμβάνει να τοποθετήσει 6 έτοιμα μπουκάλια μέσα σε ένα χαρτοκιβώτιο πάνω σε μία μηχανή κυτιοποίησης (Σχήμα 25).



Σχήμα 25 Τοποθέτηση έτοιμων μπουκαλιών σε χαρτοκιβώτια.

#### Κλείσιμο κυτίων

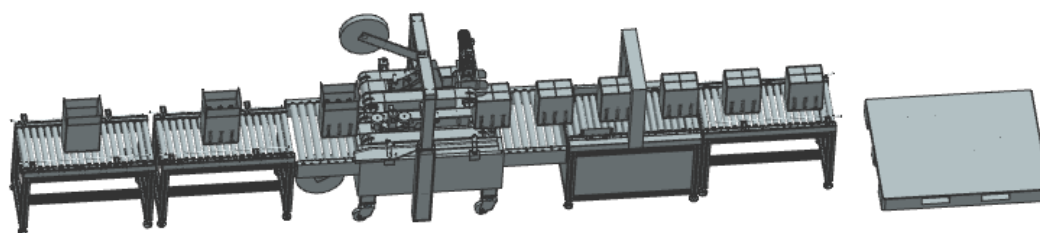
Μετά την τοποθέτηση των μπουκαλιών στα χαρτοκιβώτια ξεκινάει η σφράγιση του χαρτοκιβωτίου από την μηχανή κυτιοποίησης (Σχήμα 26).



Σχήμα 26 Μηχανή κυτιοποίησης.

#### Τοποθέτηση κυτίων στην παλέτα

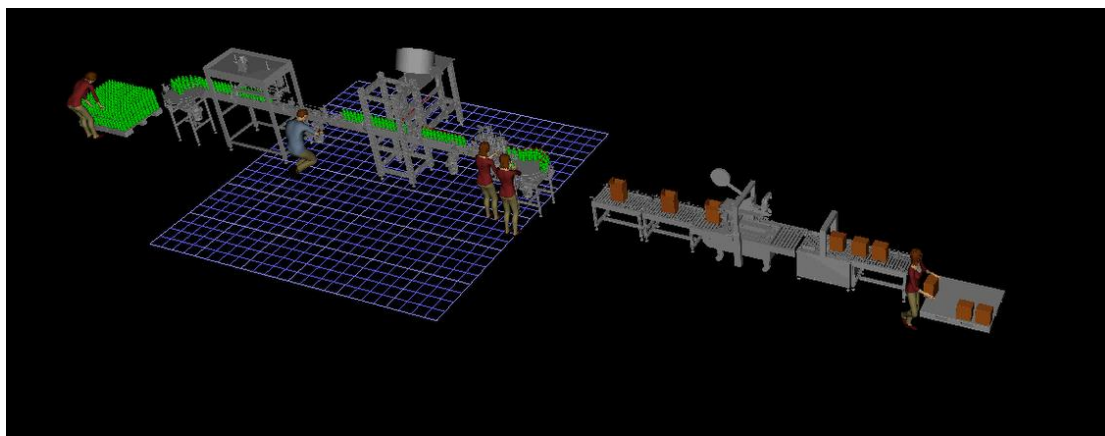
Τέλος μόλις τα χαρτοκιβώτια είναι κλεισμένα μία εργάτρια (Human 3) αναλαμβάνει να τα τοποθετήσει σε μία παλέτα (Σχήμα 27).



Σχήμα 26 Τοποθέτηση χαρτοκιβωτίων σε παλέτα.

## ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Στη συγκεκριμένη γραμμή παραγωγής απαιτείται να εργάζονται σε μία βάρδια 5 άτομα τέσσερις γυναίκες και ένας άντρας. Η πρώτη γυναίκα αναλαμβάνει να τοποθετεί τα μπουκάλια στην είσοδο της γραμμής. Ο άντρας είναι ο εργοδηγός της γραμμής και υπεύθυνος για την εύρυθμη λειτουργία της. Η δεύτερη γυναίκα είναι υπεύθυνη για τον ποιοτικό έλεγχο πάνω στην γραμμή του προϊόντος και η τρίτη γυναίκα αναλαμβάνει την τοποθέτηση των έτοιμων προϊόντων στα χαρτοκιβώτια. Τέλος η πέμπτη γυναίκα αναλαμβάνει την τοποθέτηση των κλειστών χαρτοκιβωτίων πάνω στην παλέτα (Σχήμα 27).



Σχήμα 27 Τοποθέτηση εργαζομένων στην γραμμή παραγωγής.

- **Προσομοίωση με το πρόγραμμα Tecnomatix Jack της εταιρείας Siemens**

Το Jack είναι ένα εργαλείο ανθρώπινης μοντελοποίησης και προσομοίωσης που μας βοηθά να αναβαθμίσουμε την εργονομία των σχεδίων- προϊόντων μας αλλά και να βελτιστοποιήσουμε τα βιομηχανικά καθήκοντα. Το Jack μας δίνει πρόσβαση σε ανθρωποκεντρικά εργαλεία σχεδίασης για εκτέλεση και εργονομική ανάλυση για εικονικά προϊόντα και περιβάλλοντα εργασίας.



Επιπλέον μας δίνει τη δυνατότητα να διαστασιολογήσουμε τα ανθρώπινα μοντέλα για να ταιριάζουν με τους πληθυσμούς των εργαζομένων μας, καθώς και να δοκιμάσουμε τα σχέδιά μας για πολλούς παράγοντες όπως : τον κίνδυνο τραυματισμού, της άνεσης του χρήστη, την προσβασιμότητα, την οπτική επαφή, την δαπάνη ενέργειας, τα όρια κόπωσης και άλλες σημαντικές ανθρώπινες παραμέτρους.

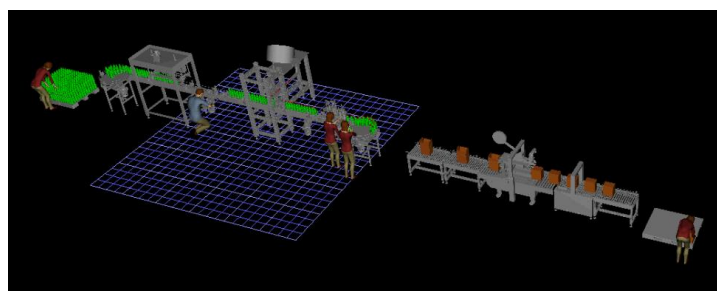
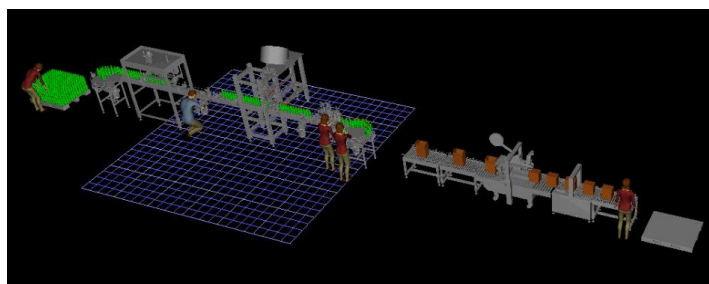
Χρησιμοποιώντας το Jack εξοικονομούμε σημαντικό κόστος και χρόνο στον σχεδιασμό των χώρων εργασίας και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των μηχανών και των ανθρώπων (Σχήμα 28). Εταιρείες που χρησιμοποιούν το Jack αποκτούν σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα διότι μέσω της οπτικοποίησης και της προσομοίωσης αξιολογούν τις τεχνικές των εργαζομένων τους. [8]

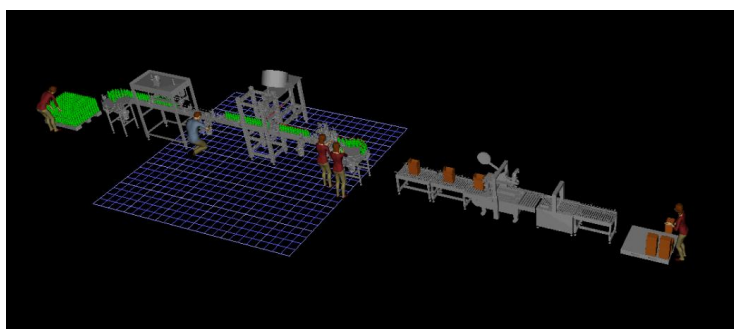
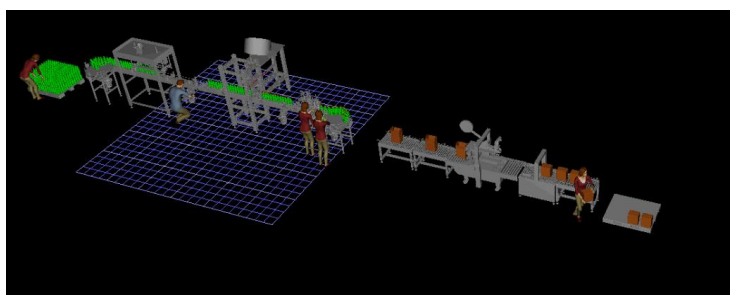
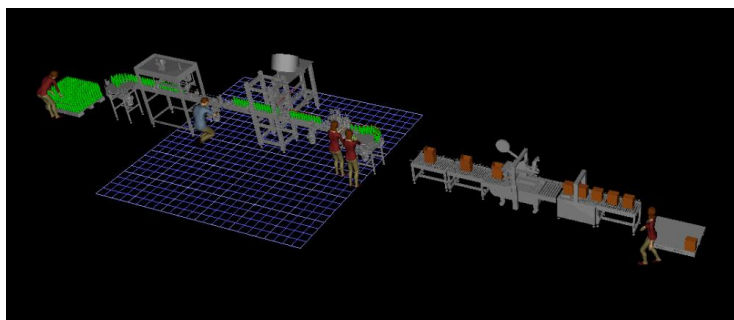


(Πηγή: [Jack Fact Sheet \(siemens.com\)](http://Jack Fact Sheet (siemens.com)))

Σχήμα 28 Αλληλεπίδραση μεταξύ μηχανών και ανθρώπων. [8]

Στις παρακάτω ενδεικτικές εικόνες από το εργαλείο προσομοίωσης εργασιών (TSB) μπορούμε να δούμε την λειτουργία της παραπάνω γραμμής παραγωγής με τις θέσεις των εργαζομένων καθώς και την εκτέλεση εργασίας της εργάτριας (Human 3) που εκτελεί την εργασία του παλεταρίσματος.





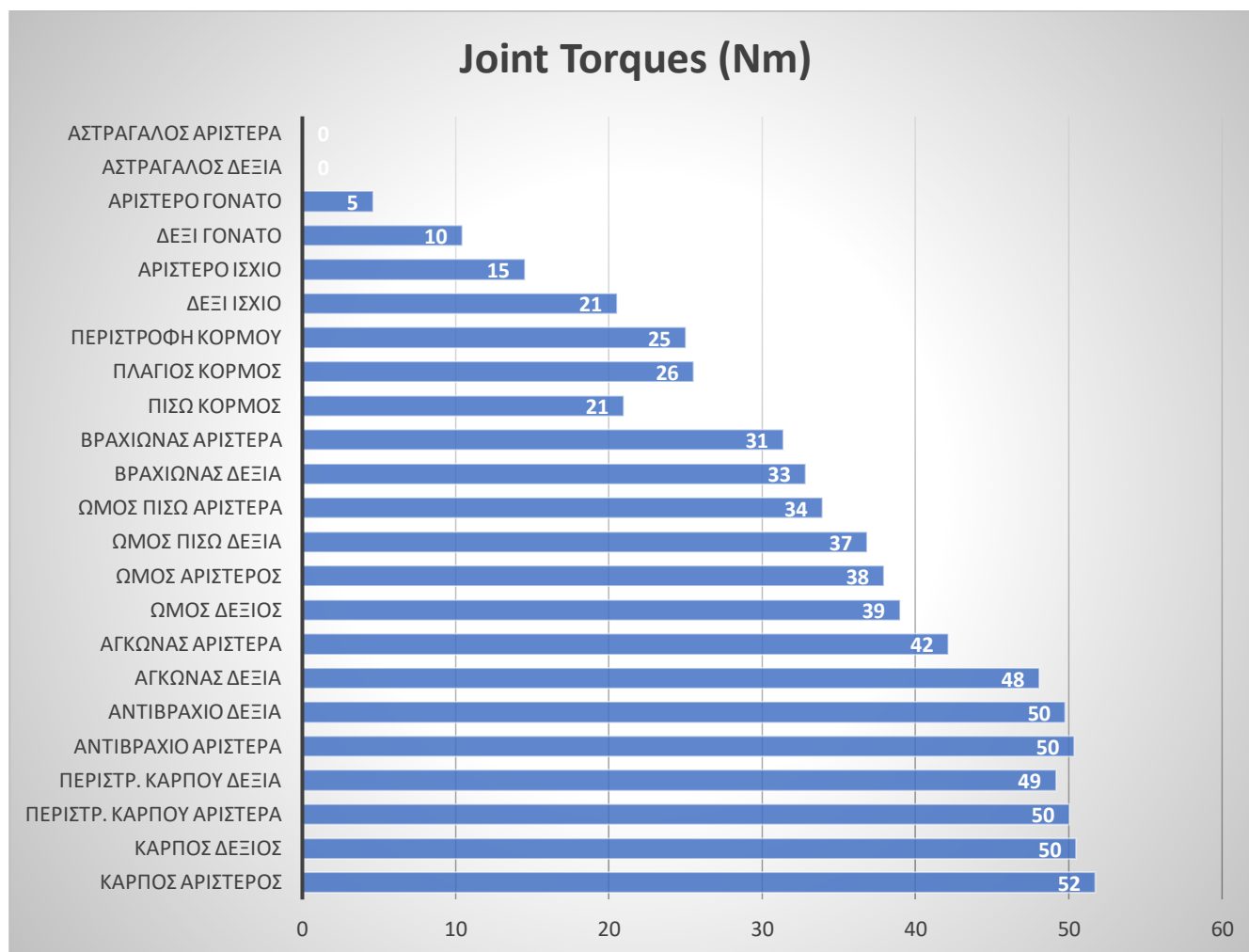
## ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Η εργάτρια (Human 3) πάνω στην οποία έγινε ο εργομετρικός έλεγχος είναι σε ύψος 1,62 cm και σε βάρος 61,250 kg. Τα χαρτοκιβώτια τα οποία και μετακινούσε είχαν βάρος 6,5 kg.

Αρχικά τρέξαμε τα εργονομικά αποτελέσματα που έχει η εργάτρια (Human 3) η οποία κάνει την παλετοποίηση μόνο για τον χρόνο της προσομοίωσης και τις εργασίες που εκτελεί κατά την διάρκεια της προσομοίωσης.

Στην συνέχεια επιλέξαμε να δούμε τις καταναλώσεις σε ενέργεια (kcal) εκτελώντας εργασίες για μία βάρδια (8 ώρες) στις οποίες έχει υπολογιστεί ότι θα πραγματοποιήσει περίπου 300 μετακινήσεις χαρτοκιβωτίων.

Το πρώτο γράφημα (Γράφημα 1) αφορά την ροπή των αρθρώσεων σε (Nm) που παρουσιάστηκαν κατά την διάρκεια των εργασιών που εκτέλεσε η εργάτρια (Human 3) κατά την προσομοίωση.

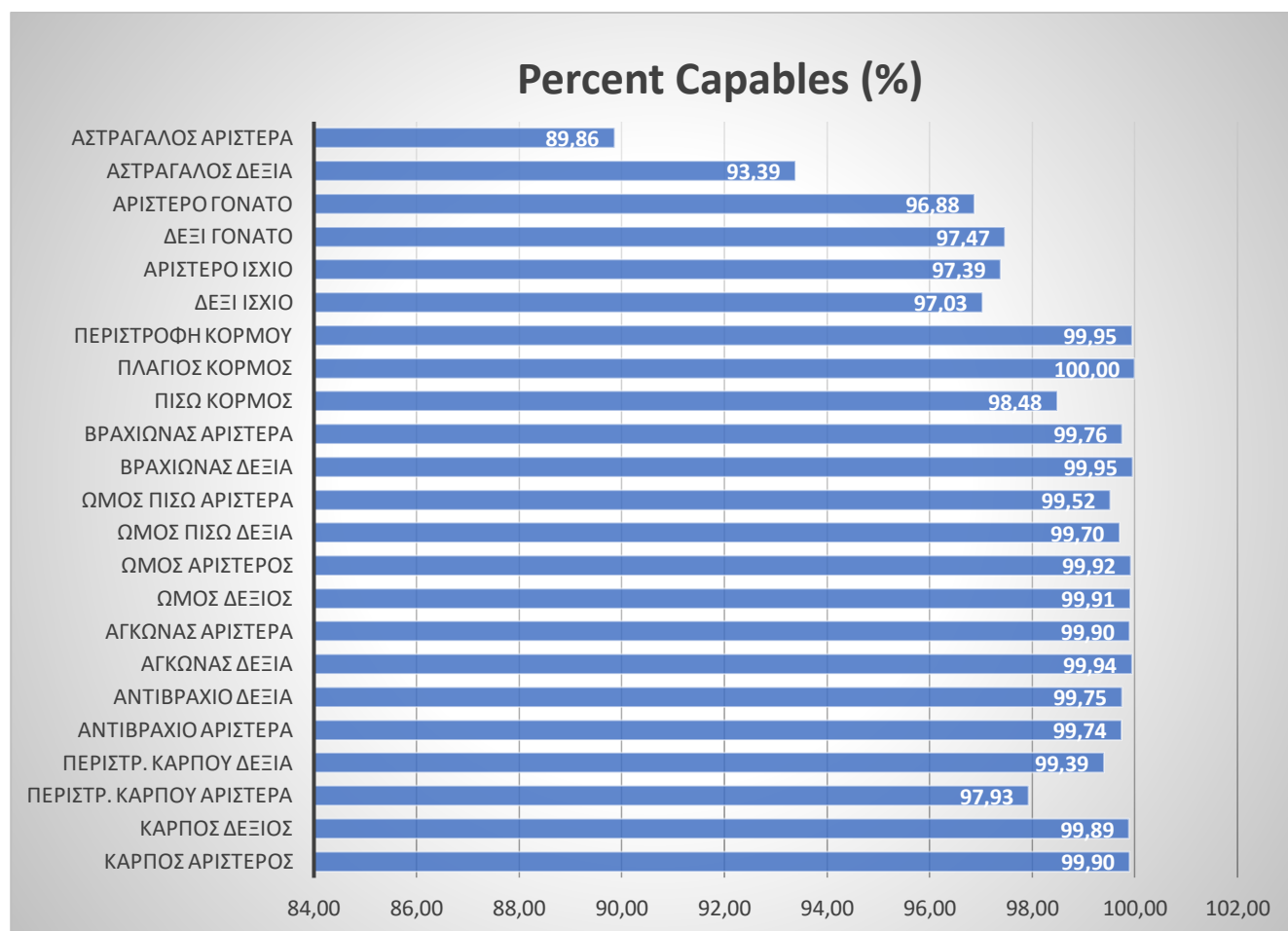


(Πηγή: Results generated by Task Simulation Builder - Jack 9.0)

#### Γράφημα 1 Ροπή αρθρώσεων σε (Nm) εργάτριας (Human 3).

Στο παραπάνω γράφημα παρατηρούμε ότι η μεγαλύτερη τιμή της ροπής εμφανίζεται στον αριστερό καρπό με 52 Nm. Επιπλέον παρατηρούμε ότι και στον άλλο καρπό παρουσιάζεται αρκετά μεγάλη ροπή. Αυτά τα αποτελέσματα τα περιμέναμε διότι στην προσομοίωση η εργάτρια (Human 3) πιάνει το χαρτοκιβώτιο με το ένα χέρι πάνω και το άλλο από το πλάι.

Το επόμενο γράφημα (Γράφημα 2) αφορά το ποσοστό της ικανότητας σε (%) που έχουν να δώσουν σε άλλες εργασίες οι αρθρώσεις της εργάτριας (Human 3) στην προσομοίωση.



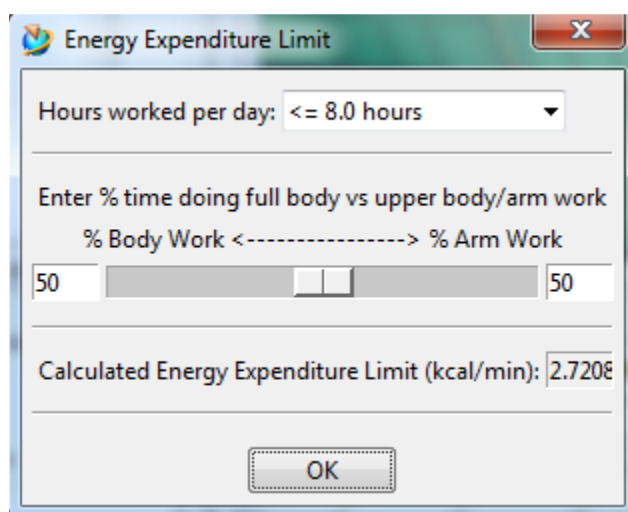
(Πηγή: Results generated by Task Simulation Builder - Jack 9.0)

Γράφημα 2 Διαθέσιμο ποσοστό της ικανότητας των αρθρώσεων σε (%) της εργάτριας (Human 3).

- **Μεταβολικές δαπάνες ενέργειας [9]**

Οι φυσιολογικές απαιτήσεις της εργασίας θεωρούνται σημαντικό μέρος της συνολικής αξιολόγησης κινδύνου, καθώς χρησιμοποιούνται συχνά ως μετρήσεις για την αξιολόγηση της κόπωσης και της σωματικής αντοχής. Το εργαλείο με την ονομασία Μεταβολική Δαπάνη Ενέργειας (Metabolic Energy Expenditure MEE) διερευνά τις απαιτήσεις κάθε εργασίας καθώς και τα χαρακτηριστικά ενός ατόμου για να προβλέψει τις μεταβολικές απαιτήσεις για μια εργασία ή δραστηριότητα. Το MEE βασίζεται σε πειράματα που έγιναν στο Πανεπιστήμιο του Μίσιγκαν για τη μέτρηση του ενεργειακού κόστους που σχετίζεται με βιομηχανικές εργασίες (Garg, 1979). [9]

Οι εξισώσεις πρόβλεψης που παράγονται από αυτή την μελέτη τις χρησιμοποιούν οι εργονόμοι για να μπορέσουν να αξιολογήσουν τις απαιτήσεις των εκάστοτε εργασιών. Με την βοήθεια του Task Simulation Builder (TSB) του προγράμματος Jack παρέχεται η δυνατότητα να αξιολογούνται προληπτικά και αποτελεσματικά οι μεταβολικές απαιτήσεις των εργασιών κατά την φάση του σχεδιασμού. Το εργαλείο υπολογίζει αυτόματα τον αριθμό των χιλιοθερμίδων που δαπανήθηκαν για κάθε ενέργεια που εκτελείται στην προσομοίωση, λαμβάνοντας υπόψη τις απαιτήσεις της στάσης και της κίνησης. Ο συνολικός ρυθμός ενεργειακής δαπάνης (kcal/min) που προκύπτει από τις εκτιμήσεις κόστους ενέργειας συγκρίνεται με τα βιομηχανικά πρότυπα ή τα όρια κατώφλιου που καθορίζονται από τον χρήστη για να προσδιοριστεί εάν μια εργασία μπορεί να σχετίζεται με αυξημένο κίνδυνο κόπωσης (Σχήμα 29). [9]



(Πηγή: [Siemens Product Lifecycle Management Software](#))

Σχήμα 29 Κατώφλι που ορίζεται κάθε φορά από τον χρήστη για τον αν μία εργασία έχει αυξημένο κίνδυνο κόπωσης ή όχι. [9]

Παρακάτω θα δούμε τον (Πίνακα 4) με την ενεργειακή κατανάλωση της εργάτριας (Human 3) με συνολική δαπάνη ενέργειας για τις ανυψώσεις σε 8 ώρες εργασίας να είναι 1323 kcal. Αυτό που μπορούμε να συμπεράνουμε είναι ότι επειδή σύμφωνα και με την μέθοδο NIOSH για τις γυναίκες η μέγιστη κατανάλωση ενέργειας για εργασίες ανυψώσεων είναι 9.5kcal/min [2] το αποτέλεσμά μας είναι μικρότερο από αυτό άρα η εργασία δεν υπερβαίνει τα όρια κατανάλωσης ενέργειας για αυτή την εργασία.

<b>Task Component Total (kcal):</b>	596
<b>--Postural Maintenance Details--</b>	
<b>Standing (kcal):</b>	589
<b>Sitting (kcal):</b>	0
<b>Bent (kcal):</b>	137
<b>Postural Component Total (kcal)</b>	727
<b>Total Metabolic Cost (kcal):</b>	1.323
<i>(Calculated as the sum of Task and Postural Maintenance metabolic costs)</i>	

(Πηγή: [Results generated by Task Simulation Builder - Jack 9.0](#))

Πίνακας 4 Πίνακας κατανάλωσης ενέργειας σε (kcal) της εργάτριας (Human 3) κατά την εκτέλεση της εργασίας.

- **Αθροιστική φόρτιση χαμηλά στην πλάτη [9]**

Ο κίνδυνος τραυματισμού από αθροιστική φόρτιση χαμηλά στην πλάτη έχει τεκμηριωθεί από πολλές ερευνητικές ομάδες. Πιο συγκεκριμένα, ο Όμιλος Μελέτης Οσφυαλγίας των Πανεπιστημίων του Οντάριο (OUBPS), σε συνεργασία με την General Motors Canada, ανακάλυψε μια σχέση μεταξύ της αθροιστικής έκθεσης στη φόρτιση και της πιθανότητας ένας εργαζόμενος να αναφέρει οσφυαλγία.

Η αθροιστική φόρτιση μπορεί να θεωρηθεί ως η συσσώρευση όλων των φορτίων, υψηλών και χαμηλών, που παρουσιάζονται κατά τη διάρκεια μιας ημέρας. [9]

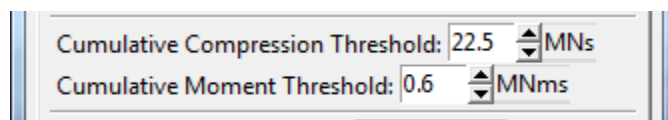
Με την ενσωμάτωση ενός Εργαλείου Αθροιστικής Χαμηλής Φόρτωσης στο Εργαλείο Προσομοίωσης Εργασιών (TSB), μπορούμε να εξετάσουμε τον αντίκτυπο των εργασιών απαιτήσεων που εκτελούνται σε μια ολόκληρη βάρδια εργασίας. Τα αποτελέσματα που υπολογίζονται με την χρήση αυτού του εργαλείου συγκρίνονται με τα δημοσιευμένα όρια κατωφλίου για την ταξινόμηση της πιθανότητας τραυματισμού. [9]

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ακολουθεί τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιήθηκαν στην αρχική μελέτη (Norman, 1998) και τα όρια βασίζονται στην ανάλυση των δεδομένων όπως παρουσιάστηκε από τον Frazer (2008). [9]

Η αθροιστική ανάλυση (Back Loading) παρέχει ένα πρόσθετο εργαλείο για μια ολοκληρωμένη εκτίμηση εργονομίας μιας ακολουθίας εργασιών. Λαμβάνοντας υπόψη τον αντίκτυπο της έκθεσης στο φορτίο για μεγάλο χρονικό διάστημα, μπορούμε να λάβουμε πιο τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με την εργασία μας και τα σχέδια του σταθμού εργασίας μας. [9]

Οι προεπιλεγμένες οριακές τιμές κατωφλίου για την αθροιστική συμπίεση είναι (22,5 MegaNewton-δευτερόλεπτο) και της αθροιστικής ροπή κάμψης (0,6 MegaNewton-μέτρο-δευτερόλεπτο) που έχουν οριστεί με βάση μια ανάλυση δεδομένων από τη μελέτη (Frazer, 2008). Αυτές οι τιμές έχουν οριστεί ως προεπιλογή και θεωρείται ότι η διάρκεια βάρδιας αντιπροσωπεύει μια πλήρη εργάσιμη ημέρα (~ 8 ώρες).

Μπορούμε επίσης να επιλέξουμε να προσαρμόσουμε τα όρια, εισάγοντας διαφορετικές τιμές στα πλαίσια εισαγωγής που φαίνονται στο παρακάτω (Σχήμα 30). [9]



(Πηγή: [Siemens Product Lifecycle Management Software](#))

**Σχήμα 30** Κατώφλια που ορίζονται κάθε φορά από τον χρήστη για την αθροιστική συμπίεση και την αθροιστική ροπή κάμψης. [9]

Παρακάτω στον (Πίνακα 5) βλέπουμε με την αθροιστική φόρτιση χαμηλά της πλάτης για την εργάτρια (Human 3) που είναι (24,22 MegaNewton-δευτερόλεπτο). Αυτή η τιμή ξεπερνάει τα όρια που έχουμε θέσει και άρα θα πρέπει να προβούμε σε αλλαγές στον σχεδιασμό για να μην υπάρξει κίνδυνος τραυματισμού.

Επιπλέον βλέπουμε και την εκτίμηση της αθροιστικής ροπής κάμψης για την εργάτρια (Human 3) που είναι (0,92 MegaNewton-μέτρο-δευτερόλεπτο). Και αυτή η τιμή ξεπερνάει τα όρια που έχουμε θέσει και άρα θα πρέπει να προβούμε σε αλλαγές στον σχεδιασμό για να μην υπάρξει κίνδυνος τραυματισμού.

- Cumulative Low Back Loading -	
Total Cumulative Compression/Shift (MN <sub>s</sub> ): 24.22 (includes loading incurred during active work and idle time)	The low back cumulative compression exposure for this shift EXCEEDED the threshold of 22.50 MN <sub>s</sub> .
Total Cumulative Moment/Shift (MN <sub>ms</sub> ): 0.92 (includes moment incurred during active work and idle time)	The low back cumulative moment exposure for this shift EXCEEDED the threshold of 0.60 MN <sub>ms</sub> .

(Πηγή: [Results generated by Task Simulation Builder - Jack 9.0](#))

**Πίνακας 5** Πίνακας αθροιστικής φόρτισης σε (MN<sub>s</sub>) και αθροιστικής ροπής κάμψης σε (MN<sub>ms</sub>) της εργάτριας (Human 3) κατά την εκτέλεση της εργασίας. [9]



## **ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Όπως είδαμε παραπάνω οι εργασίες σε μία γραμμή παραγωγής ακόμα και οι φαινομενικά πιο εύκολες αν τις κάνει κάποιος συστηματικά και για μεγάλο χρονικό διάστημα υπάρχει σοβαρός κίνδυνος τραυματισμού. Επιπλέον παρατηρήσαμε για την παραπάνω γραμμής παραγωγής ότι σε δύο κατηγορίες είχαμε υπέρβαση των ορίων για την εργάτρια (Human 3). Έτσι οδηγούμαστε στον ανασχεδιασμό των θέσεων εργασίας της γραμμής για να μην έχουμε σοβαρούς τραυματισμούς αλλά ταυτόχρονα να πετύχουμε μεγαλύτερες αποδόσεις στην παραγωγικότητα της γραμμής.

- **Ανασχεδιασμός θέσης εργάτριας (Human 3)**

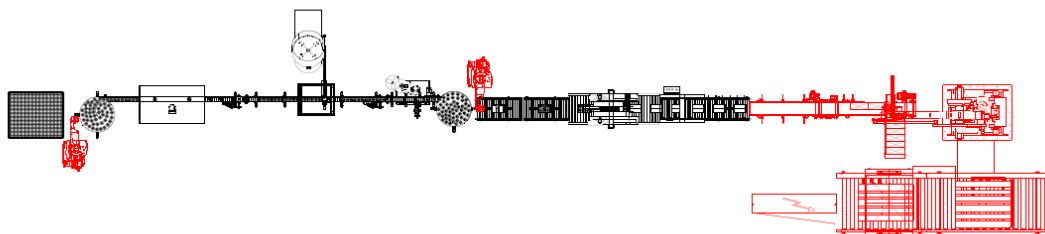
Στην περίπτωση της εργάτριας (Human 3) αυτό που θα μπορούσαμε να κάνουμε για να βελτιωθούν οι συνθήκες εργασίας θα ήταν να αυξήσουμε τα ενδιάμεσα διαλλείματα τα οποία κάνει η εργάτρια για να έχουν τον χρόνο οι μύες της να έρθουν σε μία ηρεμία.

Μία ακόμα λύση θα ήταν να προγραμματίζαμε εναλλαγές των θέσεων εργασίας μεταξύ εργατών στην γραμμή κατά την διάρκεια της βάρδιας.

Για παράδειγμα η εργάτρια (Human 3) θα μπορούσε να μεταφερθεί σε μία θέση εργασίας που θα ήταν καθιστή για να γίνει μία κάποια αποφόρτιση. Με αυτό τον τρόπο πετυχαίνουμε όλοι οι εργαζόμενοι στην γραμμή να έχουν μία εξειδίκευση σε κάθε θέση και ταυτόχρονα να δουλεύουμε πολλές μυϊκές ομάδες χωρίς να επιβαρύνουμε συνεχώς τις ίδιες.

- **Ανασχεδιασμός της γραμμής**

Μία λύση που αυξάνει κατά πολύ της παραγωγικότητα της γραμμής και βελτιώνει τις συνθήκες εργασίας των εργαζομένων σε αυτή θα είναι η χρήση ρομποτικών συστημάτων. Μία τέτοια λύση βλέπουμε στο παρακάτω (Σχήμα 31).

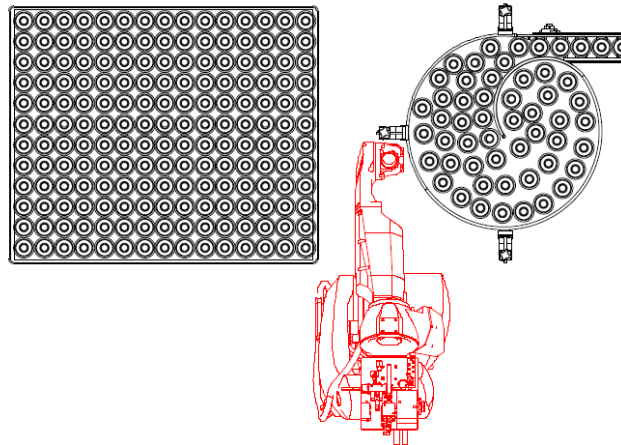


**Σχήμα 31** Ανασχεδιασμός της γραμμής παραγωγής με την χρήση ρομποτικών συστημάτων.



### Στάδιο τοποθέτησης

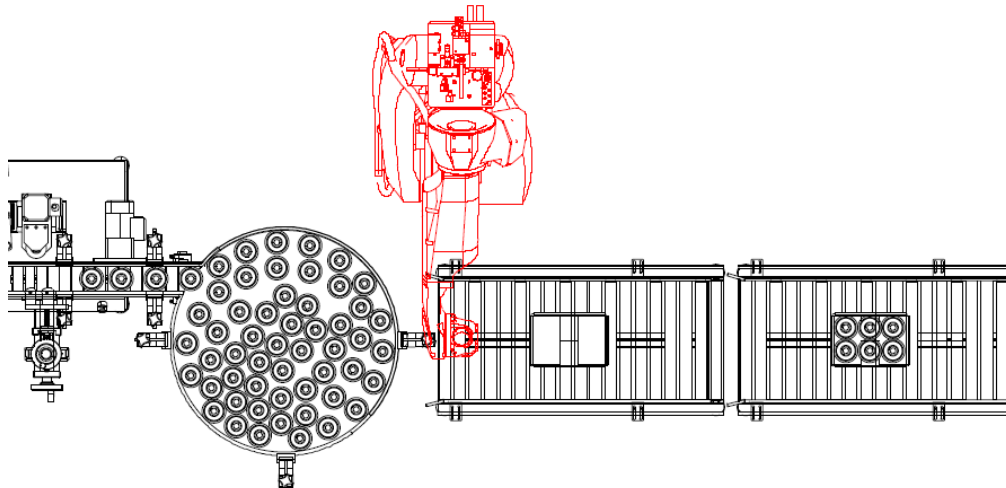
Το στάδιο τοποθέτησης όπως φαίνεται και στο παρακάτω Σχήμα 32 μετά την τοποθέτηση ρομποτικού βραχίονα.



Σχήμα 32      Στάδιο τοποθέτησης με ρομποτικό βραχίονα.

### Τοποθέτηση των μπουκαλιών σε κυτία

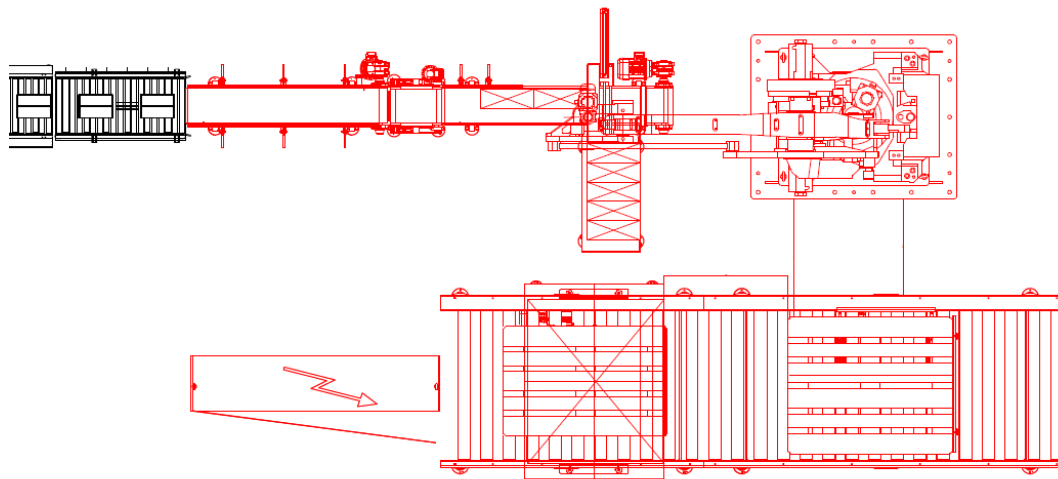
Το στάδιο τοποθέτησης των μπουκαλιών σε κυτία όπως φαίνεται και στο παρακάτω Σχήμα 33 μετά την τοποθέτηση ρομποτικού βραχίονα.



Σχήμα 33      Στάδιο τοποθέτησης μπουκαλιών σε κυτία με ρομποτικό βραχίονα.

### Τοποθέτηση κυτίων στην παλέτα

Τέλος για την θέση του παλεταρίσματος θα προσθέσουμε και εδώ ένα ρομποτικό βραχίονα για να μεταφέρει τα χαρτοκιβώτια από την μηχανή συσκευασίας στην παλέτα (Σχήμα 34)



Σχήμα 34 Ρομποτικός βραχίονας και σύστημα παλετοποίησης για τον ανασχεδιασμό της θέσης εργασίας της εργάτριας (Human 3).

## ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΣΥΝΕΧΙΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα εργασία έχει επικεντρωθεί στον εργομετρικό έλεγχο της εργάτριας (Human 3) και υπό συγκεκριμένες συνθήκες εργασίας.

1. Θα μπορούσαμε να ξανατρέξουμε τους εργομετρικούς ελέγχους για την εργάτρια (Human 3) βάζοντάς την να κάνει και ενδιάμεσα διαλείμματα.
2. Θα μπορούσαμε στην διαδικασία προσομοίωσης για τους υπόλοιπους εργαζόμενους εκτός της εργάτριας (Human 3) να εκτελούν κανονικά την εργασία και όχι μόνο να γίνεται η τοποθέτησή τους στις θέσεις εργασίας της γραμμής.
3. Να τρέξουμε και για τους υπόλοιπους εργαζόμενους τα εργονομικά αποτελέσματα.
4. Να τρέξουμε τα εργονομικά αποτελέσματα βάζοντας κάποιους από τους εργαζόμενους τις γραμμής να κάνουν εναλλαγές στις θέσεις εργασίας.

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Αντικειμενικός σκοπός της παρούσας εργασίας, ήταν αρχικά ο σχεδιασμός μίας γραμμής παραγωγής με εργαλεία Cad και στην συνέχεια μέσω του προγράμματος Jack και του εργαλείου προσομοίωσης που διαθέτει, να πάρουμε εργονομικά αποτελέσματα για μία θέση εργασίας της γραμμής παραγωγής.

Από την ανάλυση που έγινε στην εργάτρια που εκτελεί την εργασία της παλετοποίησης προέκυψαν τα παρακάτω:

- Η εργάτρια στην θέση εργασίας της και κατά την διάρκεια της προσομοίωσης δεν παρουσίασε μεγάλες καταπονήσεις στις αρθρώσεις της.
- Η κατανάλωση ενέργειας της εργάτριας κατά την διάρκεια όλης της βάρδιας (8 ώρες εργασίας) δεν υπερέβη τα όρια κατανάλωσης ενέργειας για εργασίες ανυψώσεων σύμφωνα με την μέθοδο NIOSH.
- Ο υπολογισμός της αθροιστικής φόρτισης χαμηλά στην πλάτη μας έδειξε ότι υπήρξε υπέρβαση των ορίων. Αυτό έχει ως άμεση συνέπεια την προσπάθεια βελτίωσης του σχεδιασμού της θέσης εργασίας ώστε να μην υπάρξει κίνδυνος τραυματισμού.

Συμπερασματικά εφαρμόζοντας εργονομικά προγράμματα και επεμβάσεις μπορούμε να ελαττώσουμε κατά πολύ την πιθανότητα εμφάνισης εργονομικών παθήσεων στους εργαζόμενους. Με αυτό τον τρόπο καταφέρνουμε να μειώσουμε τα κόστη περίθαλψης που θα προέκυπταν από αυτές τις παθήσεις.

Αξιοποιώντας λοιπόν όλα αυτά τα εργαλεία μπορούμε να εξασφαλίσουμε υγιεινές συνθήκες εργασίας για τους εργαζόμενους (ψυχικά και σωματικά) με μείωση των λαθών κατά την διάρκεια των εργασιών αλλά και ταυτόχρονη αύξηση της παραγωγικότητάς τους.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Jan Dul and Bernard Weerdmeester, <<Ergonomics for Beginners/Second edition >>, 2001
2. Ν. Μαρμαράς, <<Εισαγωγή στην Εργονομία/2 η έκδοση >>, 2015
3. R Bridger, <<Introduction to Ergonomics >>, 2008
4. Pheasant, S, <<Bodyspace >>, 1988
5. Sue Hignett and Lynn McAtamney, << Rapid Entire Body Assessment (REBA) >>, 2000
6. Jakfat Haekal , Bethriza Hanum & Dian Eko Adi Prasetyo,<< Analysis of Operator Body Posture Packaging Using Rapid Entire Body Assessment (REBA) Method >>, 2020
7. Subhashis Sahu, Soumen Chattopadhyay, Kumkum Basu, and Goutam Paul, << The ergonomic evaluation of work-related musculoskeletal disorders among construction labourers working in unorganized sectors in west Bengal, India >>, 2010
8. Ιστοσελίδα <<[Jack Fact Sheet \(siemens.com\)](http://www.siemens.com/jackfact)>>
9. Siemens << Siemens Product Lifecycle Management Software >>, 2017