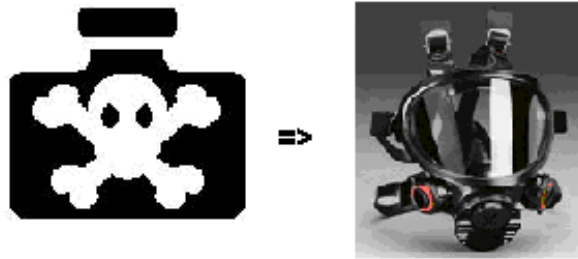


# ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΤΗΝ ΕΡΓΟΝΟΜΙΑ



## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΚΟΤΤΑΣ  
ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΒΟΥΚΕΛΑΤΟΣ  
ΕΥΣΤΑΘΙΟΣ

2005

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το περιβάλλον των εργασιακών χώρων είναι υπόθεση των ειδικών στη βιομηχανική υγιεινή, στην ιατρική, στην ασφάλεια και στις εργασιακές σχέσεις καθώς επίσης και στην εργονομία. Σε αυτή την εργασία δεν επιχειρείται να καλυφθούν τα θέματα ακτινοβολίας, αλλά το ενδιαφέρον θα εστιαστεί κυρίως στους ακόλουθους φυσικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες :

- θόρυβος και δόνηση
- φωτισμός και χρώμα
- θερμοκρασία και υγρασία
- χημικές ουσίες

Σε κάθε κεφάλαιο καλύπτονται οι τρόποι με τους οποίους αυτοί οι παράγοντες επιδρούν στην απόδοση μέσα στον εργασιακό χώρο, δίνονται οδηγίες για το ποια είναι τα κατάλληλα επίπεδα και οι μέθοδοι για να μειωθεί ο αρνητικός τους αντίκτυπος. Τα αποτελέσματα στην απόδοση φαίνονται συνήθως σε χαμηλότερα επίπεδα απ' αυτά στα οποία επηρεάζεται η υγεία. Μέσω της εφαρμογής των εργονομικών αρχών στο σχεδιασμό του περιβάλλοντος εργασίας, μπορεί συχνά να εξαιρεθεί η αρνητική επιρροή αυτών των παραγόντων στην απόδοση.

Η απόδοση μπορεί να επιδεινωθεί για διάφορους λόγους. Παραδείγματος χάριν :

- η υπερβολική θερμότητα ή η υγρασία μπορεί να μειώσουν την ικανότητα για εργασία.
- το έντονο φως ή τα υψηλά επίπεδα θορύβου μπορεί να μειώσουν τη δυνατότητα να ανιχνευθούν οι ατέλειες ή να εκτελεσθεί η εργασία.
- συγκεκριμένα επίπεδα δόνησης ή η ένταση λόγω κρούου ή ζέστης μπορούν να μειώσουν την ικανότητα χειρισμού των μηχανών.
- η θερμοκρασία, ο θόρυβος και τα επίπεδα φωτισμού μπορούν να προκαλέσουν δυσφορία, με συνέπεια την αύξηση του χρόνου που αναλώνεται σε συζητήσεις για την περιβαλλοντική απόσπαση της προσοχής.

Κατά γενικό κανόνα, η απόδοση βελτιώνεται όταν ο χειριστής ανακουφίζεται από τις αποσπάσεις της προσοχής του που ανταγωνίζονται με την προσοχή για την κύρια εργασία. Ένας εργασιακός χώρος ο οποίος δεν είναι σχεδιασμένος στα πλαίσια των οδηγιών που παρουσιάζονται εδώ μπορεί να συνεισφέρει στη μείωση της παραγωγικότητας. Όταν η διανοητική ή φυσική προσπάθεια αφιερώνεται στην απασχόληση με έναν περιβαλλοντικό παράγοντα απόσπασης της προσοχής, διατίθεται λιγότερη ενέργεια για την παραγωγική εργασία.

Οι φυσικοί και χημικοί περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως ο θόρυβος, η δόνηση, ο φωτισμός, το κλίμα και οι χημικές ουσίες μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην ασφάλεια, την υγεία και την άνεση των ανθρώπων.

Άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η ακτινοβολία και η μικροβιολογική ρύπανση (π.χ., βακτηρίδια, μούχλα) δεν συζητούνται σε αυτή την εργασία όπως προαναφέρθηκε. Δίνονται οδηγίες για τη μέγιστη επιτρεπόμενη έκθεση σε κάθε έναν από αυτούς τους παράγοντες, οι οποίες ακολουθούνται από μέτρα για μείωση όσο το δυνατό περισσότερο της έκθεσης. Γενικά μπορούν να εφαρμοστούν τρεις τύποι μέτρων για να μειώσουν ή να εξαλείψουν τα δυσμενή αποτελέσματα των περιβαλλοντικών παραγόντων :

- στην πηγή (απομακρύνετε ή μειώστε την πηγή)
- στη μετάδοση μεταξύ της πηγής και του ατόμου (απομονώστε την πηγή ή και το άτομο)
- σε ατομικό επίπεδο (μείωση της διάρκειας έκθεσης, προσωπικός προστατευτικός εξοπλισμός).

## **2. ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ (ΔΟΝΗΣΕΙΣ)**

Η λειτουργία του παραγωγικού εξοπλισμού και άλλων μηχανών συχνά εισάγουν το θόρυβο και τις δονήσεις στον εργασιακό χώρο. Ο θόρυβος στη βιομηχανία είναι ένας κοινός περιβαλλοντικός παράγοντας και συνεχώς αναπτύσσονται τεχνικές που τον μειώνουν. Οι δονήσεις είναι μια ενόχληση στις εργασίες όπου οι άνθρωποι χειρίζονται βαρύ εξοπλισμό ή σε μερικές εργασίες κατασκευής, όπως η επισκευή πεζοδρομίων, αλλά δεν αντιμετωπίζονται τόσο συχνά όσο ο θόρυβος στον εργασιακό χώρο.

### **2.1 Θόρυβος**

Ο θόρυβος μπορεί να έχει επιπτώσεις στους ανθρώπους στον εργασιακό χώρο με οποιονδήποτε από τους ακόλουθους τρόπους:

- Μπορεί να συμβάλει στην απώλεια της ακοής.
- Μπορεί να παρεμποδίσει την επικοινωνία.
- Μπορεί να αποσπάσει την προσοχή ή να ενοχλεί τους ανθρώπους που βρίσκονται κοντά.
- Μπορεί να αλλάξει την απόδοση σε μερικές εργασίες.

Ο θόρυβος από τους άλλους ανθρώπους στην περιοχή εργασίας μπορεί επίσης να αποσπά την

προσοχή των εργαζομένων, ειδικά στα γραφεία. Στον πίνακα 2-1 παρουσιάζεται μια περίληψη των τύπων των παραπόνων που προκαλούνται από τον θόρυβο σε μια βιομηχανία, μαζί με μια ανάλυση του αντίστοιχου εργασιακού χώρου.

Συχνά εκφράζονται πολλαπλές ανησυχίες για το θόρυβο στους εργασιακούς χώρους. Περίπου οι μισές από τις ανησυχίες εκφράστηκαν ως, "έχουμε πρόβλημα μιλώντας ο ένας στον άλλο και είναι δύσκολο να συγκεντρωθούμε." Επειδή ο θόρυβος από τον παραγωγικό εξοπλισμό, τις μηχανές γραφείου και τις εργασίες κατασκευής είναι ένα κοινό περιβαλλοντικό στοιχείο για πολλούς εργαζόμενους της βιομηχανίας, έχουν αναπτυχθεί οδηγίες για να ελαχιστοποιήσουν τις επιπτώσεις στην υγεία και στην απόδοση των ανθρώπων κατά την διάρκεια της έκθεσης σε αυτόν. Στα κεφάλαια που ακολουθούν αναλύονται αυτές οι οδηγίες.

**Πίνακας 2-1.** Ενοχλήσεις από τον θόρυβο για περίοδο μεγαλύτερη των 20 ετών

| Τύπος ενόχλησης                                     | Ποσοστό των αιτημάτων για τις αξιολογήσεις του θορύβου |
|---|--|
| Ενόχληση, απόσπαση της προσοχής                     | 38   |
| Δυσκολία στον διάλογο                               | 37   |
| Δυνατότητα απώλειας ακοής                           | 10   |
| Αισθητή δυσφορία                                    | 9  |
| Ανησυχία απόδοσης                                   | 6  |
| <b>Τύποι εργασιακών χώρων</b>                       |  |
| Χώροι παραγωγής, καταστήματα, αποθήκες εμπορευμάτων | 29   |
| Μηχανές γραφείου                                    | 19   |
| Γραφεία στις περιοχές γραφείων                      | 17   |
| Γραφεία κοντά στους χώρους παραγωγής, καταστήματα   | 12   |
| Ποιοτικός έλεγχος                                   | 7  |
| Εργαστήρια  | 7  |
| Άλλα  | 9  |

*Ο πίνακας συνοψίζει τους τύπους ενοχλήσεων από τον θόρυβο (επάνω τμήμα) και τους τύπους εργασιακών χώρων (κάτω τμήμα) που περιλαμβάνονται στα αιτήματα για τις αξιολογήσεις θορύβου κατά τη διάρκεια των προηγούμενων 20 ετών. Οι τιμές στη στήλη 2 είναι το ποσοστό των σχετικών με το θόρυβο αιτημάτων κάθε κατηγορίας. Η ενόχληση, η απόσπαση της προσοχής και η δυσκολία στην ακρόαση όταν οι άλλοι μιλούν, ήταν τα πιο συνηθισμένα παράπονα από τους χώρους παραγωγής και των γραφείων.*

### **2.1.1 Κριτήρια για την έκθεση στον θόρυβο**

Τα επίπεδα του θορύβου στον εργασιακό χώρο μπορούν να καθοριστούν για κάθε ένα από τα προαναφερθέντα δυνητικά αποτελέσματα : απώλεια ακοής, παρεμβολή στην επικοινωνία, ενόχληση ή απόσπαση της προσοχής και αλλαγή της απόδοσης.

#### **(1) Απώλεια ακοής**

Οι επιπτώσεις του θορύβου στην υγεία είναι μια βασική ανησυχία της βιομηχανίας, για το λόγο αυτό καθιερώθηκαν αρκετά χρόνια πριν τα ενεργά προγράμματα προστασίας της ακοής (Εθνικό Ινστιτούτο Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας (Η.Π.Α.), NIOSH, 1972α). Η απώλεια της ακοής, αν και εμφανίζεται βαθμιαία, αντιπροσωπεύει την αμετάκλητη ζημία στο εσωτερικό του αυτιού. Ο βαθμός στον οποίο επηρεάζεται η ακοή εξαρτάται από την ένταση, την συχνότητα του φάσματος και τη διάρκεια της έκθεσης στον θόρυβο, συν την ατομική ευαισθησία. Η απώλεια της ακοής που προκαλείται από τον θόρυβο επέρχεται συνήθως πρώτα με την απώλεια των υψηλής συχνότητας συστατικών, με συνέπεια τη μειωμένη ποιότητα, την διαύγεια και την πιστότητα των ήχων. Αυτή η απώλεια ακοής που συνδυάζεται με τις κανονικές διαδικασίες γήρανσης του μηχανισμού της ακοής, μπορεί να οδηγήσει σε επιβαρυντική απώλεια της ακοής.

Η έρευνα έχει δείξει ότι μια εκτεταμένη έκθεση, περίπου 8 ωρών, σε επίπεδα θορύβου πάνω από τα 85 dBA μπορεί να προκαλέσει απώλεια της ακοής (NIOSH, 1972α). Κατά συνέπεια πρέπει να εφαρμοστούν τα μέσα της τεχνολογίας για τον έλεγχο ή την προστασία της ακοής στις περιοχές εργασίας όπου τα επίπεδα του θορύβου υπερβαίνουν συστηματικά τα 85 dBA. Η διάρκεια της έκθεσης έχει επιπτώσεις στην αποδοχή των διαφορετικών εντάσεων θορύβου, εντούτοις σύντομες εκθέσεις σε πιο υψηλά επίπεδα θορύβου μπορεί να είναι αποδεκτές. Οι συνιστώμενες οδηγίες έκθεσης στον θόρυβο (ένταση και διάρκεια) για την προστασία ενάντια στην απώλεια ακοής παρουσιάζονται στην Εικ. 2-1.

Ένας μετρητής στάθμης ήχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μετρήσει τα επίπεδα του ήχου έτσι ώστε να αξιολογήσει τις πιθανές καταστάσεις απώλειας της ακοής, υπό τον όρο ότι η έκθεση του ατόμου στον θόρυβο είναι σταθερή. Εάν ο εργαζόμενος εκτίθεται σε κυμαινόμενα επίπεδα ήχου λόγω των αλλαγών της θέσης εργασίας ή του μεταβαλλόμενου θορύβου των μηχανών στον κύκλο παραγωγής, είναι προτιμότερο ένα δοσίμετρο θορύβου για την αξιολόγηση της συγκεκριμένης έκθεσης στο θόρυβο. Ένα δοσίμετρο ολοκληρώνει τα μεταβαλλόμενα επίπεδα του ήχου και παρουσιάζει τα αποτελέσματα ως ποσοστό των καθημερινών επιτρεπόμενων ορίων.

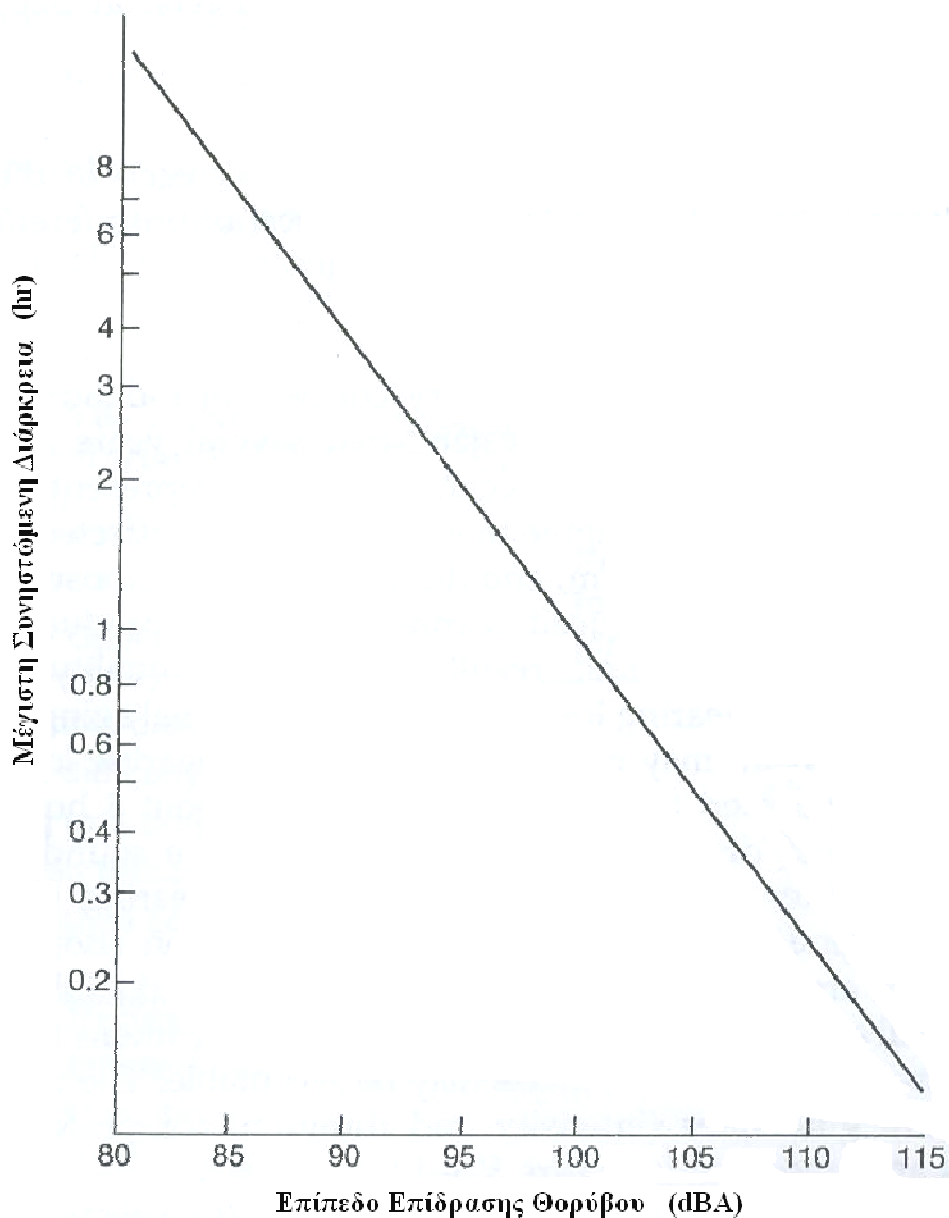
#### **(2) Ενόχληση και απόσπαση της προσοχής**

Αν και τα επίπεδα θορύβου κάτω από τα 85 dBA πιθανώς να μην συμβάλλουν στα προβλήματα

απώλειας της ακοής, μπορούν να συμβάλουν στην μείωση της απόδοσης λόγω απόσπασης της προσοχής ή ενόχλησης. Ο θόρυβος από τα γραφεία ή τον παραγωγικό εξοπλισμό μπορεί να μειώσει την αποτελεσματικότητα των επικοινωνιών και να δυσκολέψει τους ανθρώπους στο να συγκεντρωθούν σε μερικούς τύπους εργασιών. Σε άλλες καταστάσεις η απόλυτη έλλειψη θορύβου μπορεί να είναι ανεπιθύμητη.

Αυτή η επίδραση έχει εμφανιστεί σε μερικά απομακρυσμένα ήσυχα γραφεία, όπου έπρεπε να διοχετευθεί λευκός θόρυβος σε μία προσπάθεια να βελτιωθεί η άνεση για το προσωπικό των γραφείων (J.Cardoz, 1969, προσωπική επικοινωνία, εταιρία Kodak). Ο λευκός θόρυβος χρησίμευσε για να καλύψει μερικούς από τους ήχους των διαλόγων από τις γειτονικές περιοχές, παρείχε επίσης ένα σταθερό υπόβαθρο όπου οι διακοπτόμενοι ήχοι γίνονταν λιγότερο ενοχλητικοί. Επίπεδα λευκού θορύβου 48 dBA μπορεί να είναι αποτελεσματικά στην κάλυψη μερικών ήχων από τα γραφεία, αλλά τα επίπεδα επάνω από 52 dB μπορεί να

**Εικόνα 2-1. Οδηγίες για ασφαλή έκθεση στον θόρυβο. Συνιστώμενη μέγιστη διάρκεια ανάλογα με το επίπεδο του θορύβου**



Η  
σ  
υ  
ν  
ι  
σ  
τ  
ώ  
μ  
ε  
ν  
η  
μ  
έ  
γ  
ι  
σ  
τ  
η  
δ  
ι  
ά  
ρ  
κ  
ει  
α

της έκθεσης δίνεται, σε ώρες (hr στον κατακόρυφο άξονα) σε συνάρτηση με το θόρυβο διαφορετικών εντάσεων (decibels, dBA, στον οριζόντιο άξονα). Όσο πιο υψηλό είναι το επίπεδο του θορύβου, τόσο λιγότερο χρόνο πρέπει να εκτεθεί ένα άτομο προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος ακουστικής βλάβης. Πρέπει να αποφεύγονται τα επίπεδα θορύβου πάνω από τα 115 dBA. Επίπεδα κάτω από 80 dBA δεν είναι γνωστό αν συμβάλλουν στην απόλεια της ακοής κατά τη διάρκεια εκτεταμένων χρόνων έκθεσης.

αποσπούν την προσοχή και να είναι ενοχλητικά (Nemecsek και Grandjean, 1973). Στις περιοχές με σκληρούς τοίχους, όπως οι καφετέριες και οι χώροι διαλειμμάτων, ο θόρυβος είναι η ίδια η ομιλία. Μπορεί να χρειαστεί απορροφητική επένδυση του δωματίου για να μειωθεί η παρεμβολή λόγω της

ομιλίας.

Στον καθορισμό των κριτηρίων για την αποδοχή του θορύβου στον εργασιακό χώρο, πρέπει να εξεταστούν οι ανάγκες για επικοινωνία αλλά και για ιδιαίτερη συνομιλία. Οι καμπύλες κριτηρίων προτιμώμενου θορύβου (PNC) (βλ. Εικ. 2-2) παρέχουν οδηγίες για τα επίπεδα ηχητικής πίεσης του περιβάλλοντος σε κάθε μια από τις εννέα ζώνες οκτάβας. Είναι βασισμένες στις υποκειμενικές εκτιμήσεις των εργαζομένων σε γραφεία και σε πειράματα που περιλαμβάνουν τις προτιμώμενες τονικές ιδιότητες του θορύβου, τις απαιτήσεις λεκτικής επικοινωνίας και σε φάσματα που προξένησαν παράπονα.

Για να χρησιμοποιήσει κάποιος τις καμπύλες PNC, μετρά το θόρυβο των εργασιακών χώρων με έναν αναλυτή ζωνών οκτάβας και καταγράφει τα αποτελέσματα σε συνδυασμό με την κατάλληλη καμπύλη PNC. Η επιλογή της κατάλληλης καμπύλης γίνεται από την κατηγοριοποίηση που παρουσιάζεται στον πίνακα 2-2. Αυτές οι κατηγορίες είναι για τις δραστηριότητες εσωτερικού χώρου με ένα σταθερό επίπεδο θορύβου στο υπόβαθρο.

Ακολουθεί ένα παράδειγμα της χρήσης των καμπυλών PNC για να αξιολογηθεί ένα παράπονο για θόρυβο. Το γραφείο ενός προϊστάμενου παραγωγής βρισκόταν κοντά σε μια αντλία μίξης χημικών, ο θόρυβος της αντλίας κατέστησε δύσκολες τις επικοινωνίες πρόσωπο με πρόσωπο όπως και τις τηλεφωνικές συνομιλίες. Επιπλέον, ο θόρυβος αποσπούσε την προσοχή του προϊστάμενου και καθιστούσε δυσκολότερη τη συγκέντρωσή του στην γραφική εργασία. Επειδή ο προϊστάμενος ήταν σπάνια στο γραφείο, επιλέχθηκε η καμπύλη PNC-60 για συγκρίσεις στον εργασιακό χώρο. Οι καμπύλες που προέκυψαν, με και χωρίς την αντλία, παρουσιάζονται στην εικόνα 2-3.

Η μελέτη αυτών των καμπυλών έδωσε τα ακόλουθα αποτελέσματα :

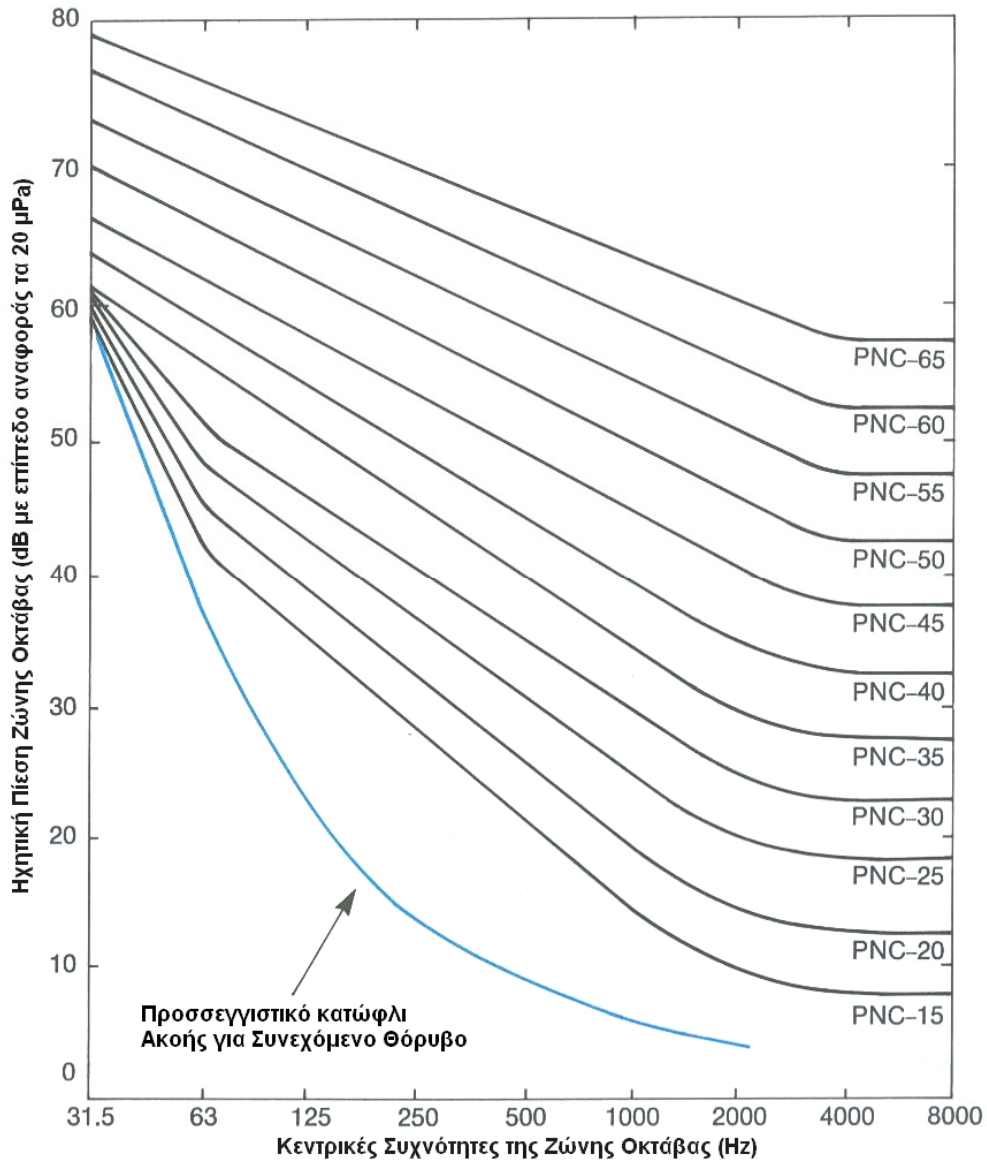
- Ο θόρυβος της αντλίας είναι επάνω από την καμπύλη PNC-60 στις συχνότητες πάνω από 500 Hz.
- Η καμπύλη PNC-60 ξεπερνιέται σε τρεις ζώνες. Εάν μια καμπύλη ξεπερνιέται σε οποιαδήποτε ζώνη, θεωρείται ότι υπάρχει υπέρβαση ολόκληρης της καμπύλης.
- Μείωση του θορύβου της αντλίας στις ζώνες των 1000 -, 2000 -, και 4000-Hz θα έφερνε το περιβάλλον του γραφείου στα πλαίσια των συνιστώμενων οδηγιών. Αυτή η μείωση επιτεύχθηκε με τοποθέτηση περιβλήματος και με ηχητική μόνωση του κινητήρα της αντλίας.

Η μηχανολογική προσέγγιση για την μείωση του θορύβου μπορεί να αξιολογηθεί χρησιμοποιώντας τα ίδια μέτρα και να προσαρμοσθεί στα συγκεκριμένα φάσματα θορύβου που παράγουν την παρεμβολή ή αποσπών την προσοχή. Στις περιοχές όπως γραφεία προσωπικού και δωμάτια ποιοτικού ελέγχου, η εμπειρία μας δείχνει ότι οι καμπύλες PNC μπορούν να είναι από πέντε έως δέκα



μονάδες PNC συντηρητικότερες σε σχέση με την αποδοχή (B. Crist, 1981, προσωπική επικοινωνία, Εταιρία Kodak).

**Εικόνα 2-2. Καμπύλες προτιμώμενων κριτηρίων θορύβου (PNC)**



Φαίνονται οι σχέσεις μεταξύ της έντασης του επιπέδου του θορύβου (ηχητική πίεση ζώνης οκτάβας σε dB, με επίπεδο αναφοράς τα 20 μPa, στον κατακόρυφο άξονα) και της συχνότητας (που αντιπροσωπεύεται από τις εννέα κεντρικές συχνότητες στον οριζόντιο άξονα) για διαφορετικές συνθήκες ακρόασης (καμπύλες PNC). Οι καμπύλες κυμαίνονται από το χαμηλότερο κατώφλι ακοής για συνεχόμενο θόρυβο ως μια καμπύλη PNC-65, όπου υπάρχει σημαντική παρεμβολή στην επικοινωνία. Όσο υψηλότερη είναι η συχνότητα του θορύβου, τόσο

χαμηλότερη πρέπει να είναι η έντασή του για να φτάσει στην κατάλληλη καμπύλη PNC για ακρόαση ή επικοινωνία. Οι περιγραφές των καμπυλών PNC για διαφορετικές συνθήκες ακρόασης δίνονται στον πίνακα 2-2.

**Πίν. 2-2. Συνιστώμενες καμπύλες PNC και επίπεδα ηχητικής πίεσης για διάφορες κατηγορίες δραστηριοτήτων**

| Ακουστικές απαιτήσεις  | Καμπύλη PNC *           | Κατά προσέγγιση **<br>L <sub>A</sub> (dBA) |
|--|-------------------------|--|
| Άκουσμα ασθενών μουσικών ήχων ή απόμακρη λήψη ήχου από μικρόφωνο | 10 έως 20               | 21 έως 30                                  |
| Άριστες συνθήκες ακρόασης  | Να μην υπερβαίνει το 20 | Να μην υπερβαίνει το 30                    |
| Με κλειστή μόνο την λήψη του μικροφώνου σε ηλεκτρικό σήμα        | Να μην υπερβαίνει το 25 | Να μην υπερβαίνει το 34                    |
| Καλές συνθήκες ακρόασης  | Να μην υπερβαίνει το 35 | Να μην υπερβαίνει το 42                    |
| Ύπνος, ξεκούραση και χαλάρωση                                    | 25 έως 40               | 34 έως 47                                  |
| Συζήτηση ή ακρόαση ραδιοφώνου και τηλεόρασης                     | 30 έως 40               | 38 έως 47                                  |
| Καλές προς μέτριες συνθήκες ακρόασης                             | 35 έως 45               | 42 έως 52                                  |
| Καθαρές συνθήκες ακρόασης  | 40 έως 50               | 47 έως 56                                  |
| Συγκρατημένα καθαρές συνθήκες ακρόασης                           | 45 έως 55               | 52 έως 61                                  |
| Μόνο αποδεκτή ομιλίας και επικοινωνία μέσω τηλεφώνων             | 50 έως 60               | 56 έως 66                                  |
| Δύσκολη συνομιλία αλλά κανένας κίνδυνος για ζημία                | 60 έως 75               | 66 έως 80                                  |

\*Οι καμπύλες PNC χρησιμοποιούνται σε πολλές εγκαταστάσεις για την καθιέρωση των φασμάτων του θορύβου.

\*\* Αυτά τα επίπεδα (L<sub>A</sub>) πρέπει να χρησιμοποιηθούν μόνο για κατά προσέγγιση εκτιμήσεις, αφού η συνολική στάθμη ηχητικής πίεσης δεν δίνει ένδειξη του φάσματος.

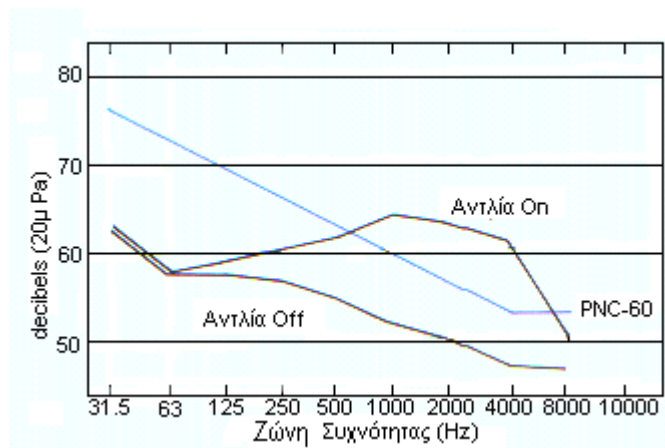
Για διάφορες συνθήκες ακρόασης (στήλη 1) δίνονται οι καμπύλες PNC, (στήλη 2) και τα προσεγγιστικά επίπεδα ηχητικής πίεσης L<sub>A</sub> σε dBA (στήλη 3). Οι συχνότητες του ήχου της φωνής χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν τα κατά προσέγγιση επίπεδα ηχητικής πίεσης. Σε ψηλότερες καμπύλες PNC γίνεται δυσκολότερο να ακουστεί η ομιλία ή η μουσική. Όλες αυτές οι καμπύλες αντιπροσωπεύουν χαμηλότερες εκθέσεις θορύβου από εκείνες που μπορούν να προκαλέσουν βλάβη στην ακοή.

### **(3) Παρεμβολή στην επικοινωνία**

Η παρεμβολή στην ομιλία από το θόρυβο είναι αρκετά συνηθισμένη σε χώρους όπου υπάρχουν μηχανήματα παραγωγής και εξοπλισμός γραφείου. Η κρισιμότητα των επικοινωνιών πρέπει να καθορίσει τα μέτρα που θα ληφθούν έτσι ώστε να βελτιωθούν τα επίπεδα του θορύβου στο

περιβάλλον.

**Εικόνα 2-3. Αξιολόγηση του θορύβου αντλίας στο γραφείο ενός προϊστάμενου**



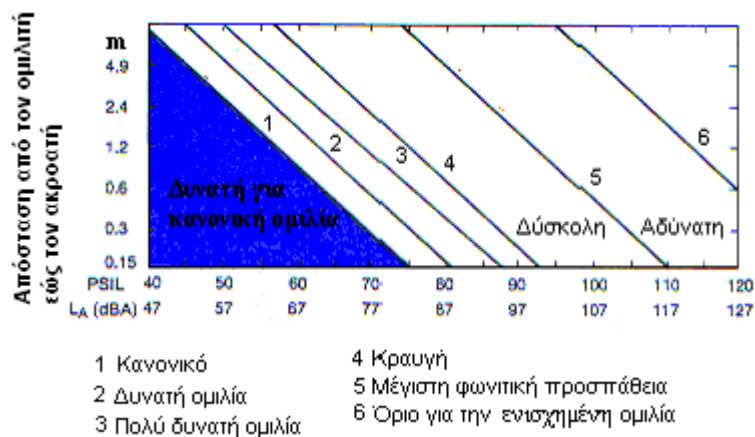
Στον κατακόρυφο άξονα παρουσιάζονται τα επίπεδα της πίεσης του θορύβου, σε dB, στο γραφείο ενός προϊστάμενου για εννέα διαφορετικές ζώνες συχνότητας σε Hz στον οριζόντιο άξονα. Η χαμηλότερη καμπύλη δείχνει τα επίπεδα θορύβου στα γραφεία όταν δεν λειτουργούσε η αντλία.. Η μεσαία καμπύλη προέκυψε από μετρήσεις όταν η αντλία λειτουργούσε.. Η καμπύλη PNC-60 παρουσιάζεται για σύγκριση. Ο θόρυβος της αντλίας υπερέβη την καμπύλη PNC-60 μόνο στις ψηλές συχνότητες. Αυτή η ανάλυση βοηθά έναν μηχανικό να προσδιορίσει αποτελεσματικότερες μεθόδους μείωσης του θορύβου.

Η πιο κοινή μέθοδος για την εκτίμηση της παρεμβολής του θορύβου στην ομιλία ονομάζεται προτιμώμενο επίπεδο λεκτικής παρεμβολής (PSIL) (Webster, 1969). Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί τον μέσο όρο των επιπέδων της ηχητικής πίεσης, σε dB των ζωνών της οκτάβας με κέντρο τα 500, 1000, και τα 2000 Hz. Χαράσσονται καμπύλες για να αξιολογηθεί η απόσταση στην οποία μπορεί να γίνεται κατανοητή η επικοινωνία για διαφορετικά επίπεδα του PSIL. Η εικόνα 1-4 παρουσιάζει αυτές τις καμπύλες οργανωμένες σύμφωνα με την ευκολία με την οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί η επικοινωνία και για τον ομιλητή και για τον ακροατή.

Από αυτή την εικόνα μπορεί να φανεί ότι οι επικοινωνίες στο γραφείο του προϊστάμενου, του προηγούμενου παραδείγματος, (με PSIL ίσο με 63) θα απαιτούσαν μια αύξηση της φωνής για να γίνει αποτελεσματική η συζήτηση σε απόσταση 1,8 m . Άνθρωποι που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη από τα 2,5 m θα πρέπει να υψώσουν την φωνή τους για να συζητήσουν οποτεδήποτε το επίπεδο του θορύβου στο περιβάλλον υπερβαίνει τα 60 dBA.

**Εικ. 2-4. Προτιμώμενα επίπεδα λεκτικής παρεμβολής (PSIL) συναρτήσει της απόστασης και**

## της ευκολίας για επικοινωνία



Στον οριζόντιο άξονα δίνεται το επίπεδο ηχητικής πίεσης του περιβάλλοντος ( $L_A$  σε dB ή PSIL). Η απόσταση μεταξύ του ομιλητή και του ακροατή (στον κατακόρυφο άξονα) θα καθορίσει σε πιο επίπεδο ο ομιλητής πρέπει να υψώσει τη φωνή του για διαφορετικές συνθήκες θορύβου. Η καμπύλη που παρουσιάζεται στα αριστερά (1) αφορά τον περιβαλλοντικό θόρυβο την απόσταση για την επικοινωνία για κανονικά επίπεδα ομιλίας. Η δεύτερη, η τρίτη και η τέταρτη καμπύλη μας δείχνουν ότι τα επίπεδα της φωνής πρέπει να αυξηθούν για να ακουστούν μέσα στον περιβαλλοντικό θόρυβο. Η πέμπτη καμπύλη (δεύτερη από την δεξιά πλευρά) δείχνει το μέγιστο φωνητικό επίπεδο των συνομιλιών μέσα σε ένα περιβάλλον με θόρυβο. Η καμπύλη στα δεξιά (έκτη από αριστερά) παρουσιάζει τα ανώτερα όρια του περιβαλλοντικού θορύβου και της απόστασης για να γίνει κατανοητή η ενισχυμένη ομιλία.

Όταν το επίπεδο του περιβαλλοντικού θορύβου υπερβαίνει τα 85 dBA, οι άνθρωποι που εργάζονται σε αυτή την περιοχή για εκτεταμένες χρονικές περιόδους πρέπει να φέρουν κατάλληλο εξοπλισμό για να προστατεύσουν την ακοή τους, ο οποίος μπορεί να μειώσει περαιτέρω τις επικοινωνίες σε οποιαδήποτε απόσταση εκτός από αυτήν των ανθρώπων που στέκονται ακριβώς ο ένας δίπλα στον άλλο.

Σημαντική είναι επίσης η δυνατότητα να ακούσει και να μιλήσει κανείς αποτελεσματικά στο τηλέφωνο και μπορεί να προβλεφθεί από τις μετρήσεις των PSIL. Για κλήσεις τηλεφωνικών συνδιαλέξεων πρέπει να χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθες οδηγίες:

| PSIL           | Χρήση τηλεφώνου |
|----------------|-----------------|
| Κάτω από 60 dB | Ικανοποιητική   |
| 60 έως 75 dB   | Δύσκολη         |

|                |         |
|----------------|---------|
| Πάνω από 75 dB | Αδύνατη |
|----------------|---------|

Σε μια απλή τηλεφωνική συνδιάλεξη οι τιμές είναι κατά 5 dB υψηλότερες. Για τις περιοχές όπου ο θόρυβος δεν μπορεί να μειωθεί αρκετά για να φθάσει αυτά τα επίπεδα, για να βελτιωθεί η επικοινωνία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ειδικός τηλεφωνικός εξοπλισμός. Παραδείγματος χάριν, μπορεί να συνδεθεί εύκολα στις τηλεφωνικές συσκευές ένας αναμεταδότης απαλοιφής του θορύβου και να βοηθήσει στην μείωση του θορύβου στο υπόβαθρο που διαφορετικά θα αναμιγνυόταν με τη φωνή του ομιλητή. Όταν ο ακροατής είναι σε περιοχή με θόρυβο είναι χρήσιμες συσκευές ενίσχυσης και οι κλειστοί τηλεφωνικοί θάλαμοι μπορούν να βελτιώσουν την κατάσταση και για τον ακροατή και για τον ομιλητή.

### 2.1.2 Επίδραση του θορύβου στις επιδόσεις

Η επίδραση του θορύβου στις επιδόσεις έχει ερευνηθεί από διάφορους ανθρώπους (Broadbent, 1957 Cohen, 1969 Kryter, 1970 Miller, 1971) με μικτά αποτελέσματα. Από αυτές τις μελέτες έχουν προκύψει ποιοτικά υποδείγματα που υποδηλώνουν ότι ορισμένοι συνδυασμοί των μεταβλητών του θορύβου και των τύπων εργασίας μπορούν να έχουν επιπτώσεις στην απόδοση. Επιπλέον, υπάρχουν διαφορές στον τρόπο που τα άτομα αποκρίνονται στους ίδιους συνδυασμούς θορύβου-εργασίας. Οι ακόλουθες γενικές παρατηρήσεις ισχύουν για τις καταστάσεις όπου ο θόρυβος μπορεί να έχει επιπτώσεις στην απόδοση:

- Εργασίες με ρυθμό: Ο θόρυβος με ρυθμική μορφή μπορεί να βελτιώσει την απόδοση μιας απλής επαναλαμβανόμενης εργασίας, εάν ο φυσικός ρυθμός της εργασίας και ο ρυθμός του θορύβου είναι σχεδόν σύγχρονοι.
- Μεταφορά πληροφοριών: Τα είδη των εργασιών που είναι πολύ πιθανόν να παρουσιαστή υποβάθμιση, ως αποτέλεσμα του θορύβου, είναι εκείνα που έχουν διανοητικές απαιτήσεις, πολυπλοκότητα και ιδιαίτερη λεπτομέρεια. Η λήψη των τηλεφωνικών παραγγελιών που περιλαμβάνουν τη συλλογή του προϊόντος, την τιμολόγηση, την έκδοση παραστατικού και πληροφορίες αποστολής μέσω της χρήσης ηλεκτρονικών υπολογιστών είναι ένα παράδειγμα αυτού του τύπου εργασίας.
- Χαρακτηριστικά του θορύβου: Τα ακόλουθα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του θορύβου είναι πολύ πιθανόν να μειώσουν την απόδοση:

1. μεταβλητότητα στο επίπεδο ή το περιεχόμενο,
2. διαλείψεις,
3. επαναλαμβανόμενοι θόρυβοι υψηλού επιπέδου,
4. συχνότητες πάνω από 2000 Hz,

## 5. οποιοσδήποτε συνδυασμός των ανωτέρω

Η υποβάθμιση στην απόδοση μπορεί συχνά να μετρηθεί ως μείωση της ποιότητας. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να μην επηρεαστεί η μέση ποιότητα, αλλά με τον θόρυβο αυξάνεται η διακύμανση της ποιότητας (Miller, 1971). Επίσης, οι εργασίες που περιλαμβάνουν την απευθείας προφορική μετάδοση πληροφοριών θα αλλοιωθούν εάν το φάσμα του θορύβου επηρεάζει την ομιλία. Τα αποτελέσματα του θορύβου στην παραγωγικότητα δεν είναι τα ίδια επειδή η απόδοση στην εργασία μπορεί να επηρεαστεί ή όχι από την απόσπαση της προσοχής από το περιβάλλον. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα από μελέτες πεδίου πριν και μετά τη μείωση του θορύβου έτσι ώστε να αξιολογηθούν τα αποτελέσματα του θορύβου στην παραγωγικότητα για συγκεκριμένες εργασίες.

Η αξιολόγηση της επίδρασης των αποτελεσμάτων του θορύβου είναι βασισμένη στις εκτιμήσεις και τις κρίσεις του θορύβου και του περιεχομένου της εργασίας. Οι μετρήσεις που αναφέρθηκαν νωρίτερα, όπως οι αναλύσεις των ζωνών οκτάβας από κοινού με τις καμπύλες PNC και PSIL, χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν την αποδεκτή περιοχή για την ακοή και την ομιλία. Μπορούν να ληφθούν περαιτέρω μέτρα για τα χαρακτηριστικά του θορύβου -όπως οι διαλείψεις, το επίπεδο και οι φασματικές μεταβολές και η παρουσία θορύβου στενής ζώνης, καθώς επίσης και τα μέτρα της πολυπλοκότητας της εργασίας και οι διανοητικές απαιτήσεις αυτής, αλλά δεν είναι σαφές το αν έχουν επιπτώσεις στην απόδοση. Ένας αποτελεσματικός τρόπος για να καθοριστεί η καλύτερη προσέγγιση στη μείωση του θορύβου στους εργασιακούς χώρους είναι η λήψη συνεντεύξεων από τους ανθρώπους για να καθοριστούν οι συγκεκριμένες καταστάσεις στις οποίες ο θόρυβος θεωρείται πρόβλημα.

### 2.1.3 Μέθοδοι μείωσης του θορύβου στον εργασιακό χώρο

Υπάρχουν πολλοί τρόποι για να μειωθεί ο θόρυβος στα επιθυμητά όρια στις νέες και στις ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις. Όταν μελετούνται νέες εγκαταστάσεις, μπορεί να ληφθούν οι ονομαστικές ισχύεις για τον αγορασμένο εξοπλισμό και εκτιμήσεις για τον εξοπλισμό που συναρμολογείται εντός του χώρου ή για τις παλαιότερες μηχανές. Από τις ονομαστικές ισχύεις, τον αριθμό και το είδος του εξοπλισμού και τα ακουστικά χαρακτηριστικά του χώρου μπορούν να γίνουν χονδρικές προβλέψεις των επιπέδων του θορύβου.

Οι μέθοδοι μείωσης του θορύβου μπορούν να εφαρμοστούν στην πηγή του θορύβου, στην διαδρομή της μετάδοσης του θορύβου και στη θέση/εις όπου μπορεί να επηρεαστεί η εργασία.

Οι μέθοδοι μείωσης περιλαμβάνουν τις ακόλουθες τεχνικές:

- Μείωση του επιπέδου ή αλλαγή του φάσματος του παραγόμενου θορύβου.
- Χρησιμοποίηση εμποδίων για την μείωση της μετάδοσης του θορύβου μέσω του αέρα ή των διαφόρων κατασκευών.
- Απορρόφηση του προσπίπτοντος ή του ανακλώμενου θόρυβο.

Στην πράξη, χρησιμοποιούνται συνήθως συνδυασμοί των μεθόδων. Συχνά η μείωση του θορύβου της πηγής μπορεί να είναι απαγορευτικά ακριβή και πρέπει να υιοθετηθούν άλλες μέθοδοι. Παραδείγματος χάριν, να χρησιμοποιηθεί περίφραξη (κάλυμμα) με πορώδεις επενδύσεις (απορροφητικές) γύρω από μηχανοκίνητους αεροσυμπιεστές ή διατρητικές πρέσες.

Η μείωση του θορύβου είναι ένας ιδιαίτερος τομέας και πρέπει γενικά να γίνεται από άτομα που έχουν κατάλληλη εκπαίδευση και εμπειρία. Περιστασιακά μπορούν να βρεθούν μερικές απλές λύσεις, όπως η χρήση ενός βιδωτού σιαστήρα στην έξοδο της εξάτμισης, μιας θορυβώδους πνευματικής μηχανής κοπής. Μια τέτοια συσκευή μπορεί να μειώσει αποτελεσματικά το συνολικό επίπεδο θορύβου και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στη μείωση των συνιστωσών υψηλής συχνότητας που είναι χαρακτηριστικό των πνευματικών συστημάτων υψηλής πίεσης.

#### **2.1.4 Ιδιαίτερες σκέψεις**

##### **(1) Μουσική**

Η μουσική υποβάθρου έχει χρησιμοποιηθεί στα εργοστάσια για να βελτιώσει το περιβάλλον εργασίας. Σε μερικές περιπτώσεις η μουσική έφερε καλά αποτελέσματα, ενώ σε άλλες θεωρήθηκε ως αποτυχία. Οι ακόλουθες παρατηρήσεις για τη μουσική στον εργασιακό χώρο είναι βασισμένες σε έναν περιορισμένο αριθμό παραγωγικών εργασιών, αλλά έχουν επικρατήσει σε κάθε περίπτωση:

- Δεν έχει υπάρξει καμία συμπερασματική απόδειξη ότι η μουσική αυξάνει την παραγωγικότητα, αν και υπάρχουν πολλοί ισχυρισμοί προς την κατεύθυνση αυτή.
- Οι περισσότεροι, αλλά όχι όλοι, οι εργαζόμενοι στην παραγωγή είναι πιθανόν ότι απολαμβάνουν το να ακούν μουσική όταν δουλεύουν. Αυτό το αποτέλεσμα είναι ιδιαίτερα αληθές στις περιοχές όπου γίνονται επαναλαμβανόμενες εργασίες συναρμολόγησης ή βαριές εργασίες που απαιτούν φυσική προσπάθεια. Στις εργασίες όπου απαιτείται ιδιαίτερη συγκέντρωση της προσοχής, η μουσική μπορεί να είναι ανεπιθύμητη εξαιτίας του ότι μπορεί να αποσπάσει την προσοχή.
- Εκείνοι που δεν απολαμβάνουν τη μουσική πιθανόν να παραπονεθούν.

Εάν υπάρχει μουσική, πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν οι ακόλουθες οδηγίες:

- Οι υπάλληλοι που ακούνε τη μουσική πρέπει να έχουν εισαγάγει τα σχετικά με το είδος και το χρονοδιάγραμμα, δηλαδή εάν θα αναπαράγεται συνεχώς ή μόνο σε συγκεκριμένα διαστήματα. Το χρονοδιάγραμμα που χρησιμοποιείται συχνά είναι 15 λεπτά ανοιχτή μουσική και για 15 λεπτά κλειστή έτσι ώστε να ελαχιστοποιήσει τα παράπονα.
- Πρέπει να χρησιμοποιούνται ποιοτικά συστήματα για αναπαραγωγή και συνήθως το επίπεδο πρέπει να είναι ελαφρώς πιο υψηλό από τον θόρυβο στο υπόβαθρο.

Δεν πρέπει μεταδίδεται μουσική εάν το επίπεδο του θορύβου στο υπόβαθρο είναι μεγαλύτερο από 70 dBA. Η προσθήκη της μουσικής σε επίπεδο αρκετά υψηλό για να ακουστεί με ευκρίνεια μπορεί να κάνει τους υπαλλήλους να θεωρήσουν τη μουσική απλά ως περισσότερο θόρυβο και η μουσική θα παρεμποδίσει περαιτέρω την προφορική επικοινωνία.

## **(2) Συναγερμοί εκκένωσης**

Οι συναγερμοί εκκένωσης ειδοποιούν τους ανθρώπους σε έναν τομέα εργασίας για καταστάσεις που απαιτείται η εκκένωση του κτηρίου. Για τον σχεδιασμό αυτών των συναγερμών πρέπει να ληφθεί υπόψη το επίπεδο του περιβαλλοντικού θορύβου. Πρέπει επίσης να είναι αρκετά ευδιάκριτοι για να αναγνωρίζονται αμέσως. Συχνά είναι επιθυμητό ένα προφορικό μήνυμα για να καθησυχάσει τους ανθρώπους και να τους ενημερώσει για το τι συμβαίνει. Οι ακόλουθες οδηγίες ισχύουν για το σχεδιασμό των συναγερμών έκτακτης ανάγκης και των συστημάτων δημοσίων ανακοινώσεων:

- Το ηχητικό σήμα (τόνος) της εκκένωσης πρέπει να προηγείται οποιονδήποτε λεκτικών μηνυμάτων για εκκένωση που αναγγέλλονται από το σύστημα δημοσίων ανακοινώσεων.
- Ο τόνος των συναγερμών για εκκένωση πρέπει να έχει μια ελάχιστη διάρκεια 10 δευτερολέπτων. Οι κωδικοποιημένοι συναγερμοί πρέπει να επαναλαμβάνονται έως ότου εκκενωθεί το κτήριο.
- Συνίσταται τόνος συναγερμών εκκένωσης με συχνότητα σάρωσης μιας οκτάβας κάπου μεταξύ 500 και 2000 Hz.
- Ο τόνος εκκένωσης πρέπει να είναι 10 με 12 dB περίπου υψηλότερα από την υψηλότερη ζώνη 1/3 οκτάβας του περιβαλλοντικού θορύβου, δηλαδή ο ανώτατος των τριών ζωνών που καλύπτουν τις συχνότητες του τόνου.
- Η ομιλία πρέπει να είναι 14 dB ή περισσότερα πάνω από το επίπεδο του περιβαλλοντικού θορύβου. Εάν το επίπεδο του θορύβου είναι 70 dB ή περισσότερα (βασισμένο στις τέσσερις-ζώνες PSIL), το σύστημα ανακοινώσεων πρέπει να ενσωματώσει σύστημα περικοπής αιχμών και επανενίσχυση 12 dB.



Επειδή οι άνθρωποι με απώλεια ακοής δεν μπορούν να αναγνωρίσουν έναν ηχητικό συναγερμό εκκένωσης, στην εγκατάσταση των συναγερμών εκκένωσης έκτακτης ανάγκης πρέπει να περιληφθούν οπτικοί συναγερμοί όπως φώτα που αναβοσβήνουν.

## 2.2 Δόνηση

Δόνηση είναι η περιοδική κίνηση των μορίων μακριά από τη θέση ισορροπίας τους. Χαρακτηρίζεται από τη συχνότητα, την επιτάχυνση και την κατεύθυνσή της. Η ζώνη συντονισμού για το ανθρώπινο σώμα είναι από 4 έως 8 Hz. Έκθεση μεγάλης διάρκειας σε μια μονάδα βαρύτητας (1g) δόνησης σε αυτήν την συχνότητα μπορεί να έχει επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων (Wasserman, 1980).

Για την βιομηχανία περισσότερο ενδιαφέρον έχουν οι ακόλουθες μορφές δόνησης :

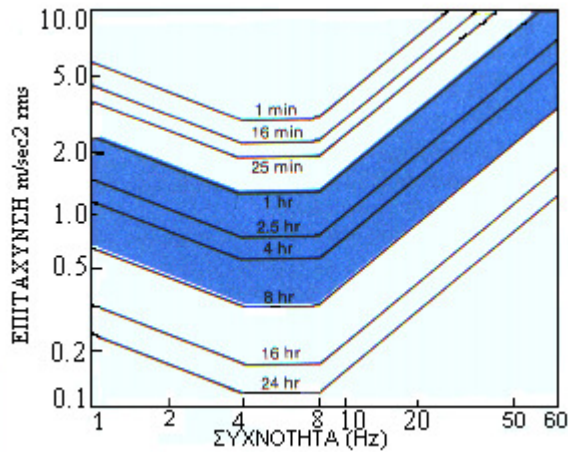
- Δόνηση όλου του σώματος που συνδέεται με τη μεταφορά, όπως η οδήγηση φορτηγών, λεωφορείων ή αυτοκινήτων.
- Δόνηση όλου του σώματος που συνδέεται με τη λειτουργία μεγάλων μηχανημάτων παραγωγής, όπως οι πρέσες.
- Τμηματική δόνηση που συνδέεται με τη λειτουργία των εργαλείων ισχύος, όπως τα σφυριά σμιλεύσεων, τα αλυσοπρίονα ή λειαντικοί τροχοί.

### 2.2.1 Επιδράσεις στο σώμα

#### *(1) Δονήσεις όλου του σώματος*

Ένα άτομο ανέχεται τη δόνηση ελαφρώς καλύτερα όρθιο από ότι όταν κάθεται. Οι γυναίκες, κατά μέσο όρο, υπόκεινται σε περισσότερη ταλαιπωρία από τους άνδρες στο ίδιο επίπεδο δόνησης (Rabineau, 1976). Η επιτάχυνση και η συχνότητα αλληλεπιδρούν για να καθορίσουν το επίπεδο δυσφορίας, επίσης η διάρκεια της έκθεσης θα καθορίσει την αποδοχή της δόνησης στον εργασιακό χώρο. Η ανεκτικότητα ορίζεται ως το επίπεδο της δόνησης στο οποίο θα ανιχνευθούν τα αποτελέσματα στην απόδοση μιας μηχανής ή μιας οπτικής εργασίας (Ramsey, 1975). Η εικόνα 2-5 επεξηγεί την ανεκτικότητα του σώματος σε κατακόρυφη δόνηση διαφόρων συχνοτήτων, επιταχύνσεων και διάρκειας. (Η επιτάχυνση εκφράζεται επίσης και σε μονάδες βαρύτητας g. Ένα g είναι ισοδύναμο περίπου με  $10 \text{ m/sec}^2$  .)

#### **Εικόνα 2-5. Ανεκτικότητα του σώματος στις κάθετες δονήσεις**



Οι εννέα καμπύλες παρουσιάζουν τους μέγιστους αποδεκτούς χρόνους έκθεσης, σε λεπτά (min) και ώρες (hr), σε συνδυασμούς έντασης της δόνησης, της επιτάχυνσης σε  $m/sec^2$  και της συχνότητας, σε Hz. Όσο πιο σύντομη είναι η έκθεση στη δόνηση, τόσο υψηλότερα είναι τα επίπεδα επιτάχυνσης που μπορούν να γίνουν ανεκτά. Το ελάχιστο αποδεκτό φάσμα των συχνοτήτων σε όλες τις επιταχύνσεις και διάρκεια έκθεσης σε αυτές είναι από 4 έως 8 Hz.

Οι βαριές δομικές μηχανές, τα φορτηγά και τα λεωφορεία παράγουν δονήσεις (κυρίως κατακόρυφες) με συχνότητες από 0,1 έως 20 Hz και με επιταχύνσεις γενικά κάτω από 0,2 g με αιχμές μέχρι 0,4 g (Wasserman και Badger, 1973). Αυτές οι τιμές θα ήταν αποδεκτές για μια συνεχή έκθεση οκτώ ωρών, αλλά πιο μακροχρόνιες εκθέσεις μπορούν να συνδεθούν με δυσφορία και διάφορες φυσιολογικές αντιδράσεις της μορφής που αναφέρεται πιο κάτω. Τα χαρακτηριστικά της δόνησης του εξοπλισμού παραγωγής θα καθοριστούν από τη φύση της λειτουργίας του εξοπλισμού. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να μετρηθούν με την τοποθέτηση επιταχυνσιόμετρων στην επιφάνεια δόνησης. Συχνά είναι στην ίδια κλίμακα με αυτή των οχημάτων.

Μερικές από τις πιο γνωστές φυσιολογικές επιδράσεις της δόνησης από τα 2 μέχρι τα 20 Hz με επιτάχυνση 1 g περιλαμβάνουν κοιλιακό πόνο, απώλεια της ισορροπίας, ναυτία, συστολές των μυών, πόνο στον θώρακα και λαχάνιασμα (Beaupeurt, Snyder, Brumaghim και Knapp, 1969 Ramsey, 1975 Whitham και Griffin, 1978). Είναι αξιοσημείωτο ότι χαμηλής συχνότητας (< 1 Hz), χαμηλής επιτάχυνσης (< 0,3 g) δονήσεις μπορεί να έχουν χαλαρωτική επίδραση στους ανθρώπους (Ramsey, 1975). Υπάρχει επίσης κάποια ένδειξη ότι δόνηση 5 Hz μικρής επιτάχυνσης, βοηθά στο να κρατούνται οι άνθρωποι σε ετοιμότητα στις μεγάλης διάρκειας εργασίες ελέγχου (Poulton, 1978). Το θάμπωμα των εικόνων θα εμφανιστεί στα 10 με 30 Hz, με συνέπεια κάποια απώλεια της οπτικής οξύτητας. Θα παρουσιαστεί επίσης μείωση της απόδοσης για εντοπισμό. Επίσης με δόνηση από τα 5 μέχρι τα 25 Hz μπορεί να εμφανίσει μείωση στην απόδοση σε μερικές εργασίες που χρειάζονται

ακριβείς χειρισμούς. Σε αυτές τις μελέτες οι επιταχύνσεις ήταν γενικά στα 0,2 g έως 0,3g (Ramsey, 1975).

## (2) Τμηματική δόνηση: Χέρια

Για την τμηματική δόνηση στα χέρια, οι επιταχύνσεις είναι από 1,5 g έως 80 g και οι συχνότητες μεταξύ 8 και 500 Hz. Το φαινόμενο του Raynaud είναι μια δόνηση-συνδεδεμένη με κυκλοφοριακή διαταραχή των δαχτύλων που οδηγεί σε δυσκαμψία, μούδιασμα, πόνο, άσπρισμα των δαχτύλων και απώλεια της δύναμης σε αυτά. Συχνότητες δόνησης από 25 έως 150 Hz και επιταχύνσεις από 1.5g μέχρι 80g συνδέονται συνήθως με άσπρισμα των δαχτύλων ή το φαινόμενο Raynaud (Ramsey, 1975). Οι άνθρωποι στους οποίους εκδηλώνεται αυτό το πρόβλημα είναι ανίκανοι να κάνουν εργασίες που χρειάζονται λεπτή διαχείριση σε δροσερό ή ψυχρό περιβάλλον και μπορούν να χάσουν την αντοχή τους σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες για εργασίες που πρέπει να στηρίζουν-κρατούν διάφορα αντικείμενα.

Οι καμπύλες ανεκτικότητας για τμηματική δόνηση στα χέρια είναι υπό ανάπτυξη (IOS, 1979). Ο πίνακας 2-3 συνοψίζει την ισχύουσα γνώση για τα όρια.

**Πίν. 2-3. Χαρακτηριστικά της δόνησης μέσα στην ασφαλή περιοχή για μετάδοση στα χέρια**

| Διάρκεια     | Φάσμα συχνότητας (Hz) | Ανώτερο όριο της επιτάχυνσης (g)* |
|--------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 30 λεπτά     | 8-15                  | 6                                 |
|              | 80                    | 40                                |
|              | 250                   | 125                               |
| 4 έως 8 ώρες | 8-15                  | 1.5                               |
|              | 80                    | 6                                 |
|              | 250                   | 20                                |

\*1 g επιτάχυνσης είναι περίπου ίσο με  $10 \text{ m/sec}^2$ . Το ανώτερο όριο είναι το επίπεδο στο οποίο μπορεί να φανεί μείωση στην απόδοση.

*Δίνονται τα ανώτερα όρια της επιτάχυνσης σε μονάδες βαρύτητας, g (στήλη 3), για την έκθεση σε δόνηση στα χέρια σε τρεις περιοχές συχνοτήτων (στήλη 2) για σύντομη και παρατεταμένη διάρκεια έκθεσης (στήλη 1). Το κριτήριο για τον καθορισμό του ανώτερου ορίου της επιτάχυνσης είναι η μείωση της απόδοσης σε χειρωνακτικές ή οπτικές εργασίες. Για την έκθεση χεριών σε δόνηση που διαρκεί περισσότερο από 4 ώρες, οι συνιστώμενες μέγιστες επιταχύνσεις μειώνονται περίπου στο ένα έκτο των τιμών που είναι αποδεκτές για έκθεση 30 λεπτών. Επίσης δεν μπορεί να γίνει ανεκτή και η δόνηση χαμηλών συχνοτήτων, έτσι οι επιταχύνσεις πρέπει να μειωθούν αρκετά κάτω από τις αποδεκτές τιμές για τις*

*υψηλότερες συχνότητες.*

Η τμηματική δόνηση, κύρια στα χέρια και τους βραχίονες, θα διαφέρει σύμφωνα πάντα με τον τύπο του εργαλείου ισχύος που χρησιμοποιείται. Παραδείγματος χάριν, τα κρουστικά σφυριά, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον διαχωρισμό του συσσωματωμένου υλικού από μεταλλικές επιφάνειες, έχουν επιταχύνσεις περίπου 30 g και συχνότητες μέχρι αρκετές εκατοντάδες Hz (Ρυγκκο και άλλοι, 1976 Wasserman, Taylor και Curry, 1977). Οι λειαντικοί τροχοί έχουν υψηλότερες συχνότητες και επιταχύνσεις γενικά κάτω από 1g. Το βάρος, το μέγεθος και ο σχεδιασμός του εργαλείου ισχύος καθορίζουν τα χαρακτηριστικά της δόνησής του (Abrams και Suggs, 1977). Από αυτές τις πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά της δόνησης των κρουστικών σφυριών και τα στοιχεία στον πίνακα 2-3, κάποιος μπορεί να καταλήξει στο συμπέρασμα ότι ένα άτομο δεν πρέπει να εργάζεται με ένα τέτοιο εργαλείο για μια πλήρη βάρδια. Εάν η επιτάχυνση μπορούσε να κρατηθεί κάτω από τα 20 g, θα είχε ως συνέπεια το εργαλείο να ήταν κατάλληλο για παρατεταμένη χρήση. Κρουστικό σφυρί με επιτάχυνση 30 g θα μπορούσε, εντούτοις, να χρησιμοποιηθεί για χρόνο μικρότερο από μια ώρα χωρίς καμία ανησυχία για τυχόν δυσμενείς επιδράσεις στο χειριστή.

### **2.2.2 Τρόποι μείωσης της έκθεσης σε δόνηση**

Υπάρχουν τρεις τρόποι για να μειωθεί η έκθεση ενός ατόμου στη δόνηση :

1. μείωση της δόνησης,
2. μείωση του χρονικού διαστήματος που εκτίθεται ένα άτομο,
3. απομόνωση του ατόμου από τη δόνηση με ειδικά μαξιλάρια ή άλλους μονωτές.

Οι δονήσεις μπορούν να μειωθούν με την αποτελεσματικότερη σχεδίαση του εξοπλισμού ή του εργασιακού χώρου. Παραδείγματος χάριν :

- Τοποθέτηση του εξοπλισμού σε ελατήρια ή σε ειδικά μαξιλάρια συμπίεσης.
- Ορθή συντήρηση του εξοπλισμού : ζυγοστάθμιση και αντικατάσταση των φθαρμένων εξαρτημάτων .
- Χρήση υλικών τα οποία παράγουν λιγότερη δόνηση.
- Τροποποίηση της ταχύτητας, της τροφοδοσίας ή της κίνησης του εξοπλισμού ώστε να αλλάξουν τα χαρακτηριστικά της δόνησης σε μια πιο κατάλληλη περιοχή.

Το χρονικό διάστημα που εκτίθεται ένα άτομο στη δόνηση μπορεί να μειωθεί με την εναλλαγή του ατόμου μεταξύ εργασιών όπου εμφανίζεται η δόνηση και εκεί όπου είναι αμελητέα. Όπως

υποδεικνύεται πιο πάνω, η χρήση κρουστικών σφυριών δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 4 ώρες ανά άτομο ανά βάρδια εάν η επιτάχυνση του εργαλείου είναι 20 g ή περισσότερη (Bovenzi, Petronin, και Di Marino), 1980). Η μείωση του χρόνου έκθεσης δεν είναι πάντα εφικτή, όπως π.χ. σε μεταφορές μεγάλων αποστάσεων με φορτηγά. Κατά συνέπεια ο σωστός σχεδιασμός του καθίσματος είναι συνήθως η προτιμώμενη προσέγγιση σε τέτοιες περιπτώσεις.

Η απομόνωση του ατόμου από την πηγή της δόνησης μπορεί να γίνει με τους ακόλουθους τρόπους :

- Με την παροχή ενός ελατηρίου ή ενός μαξιλαριού ως μονωτή δόνησης σε μια καθιστική εργασία.
- Με την παροχή ενός χαλιού δαπέδου από σπογγώδες πορώδες ελαστικό ή βινύλιο για τις εργασίες που γίνονται σε όρθια στάση.
- Με σχεδιασμό των εργαλείων ώστε να μειώνεται η δόνηση που μεταφέρεται στα χέρια, π.χ., με χρησιμοποίηση μονωτικών υλικών.
- Με την κατάλληλα τοποθέτηση αντίβαρων στα εργαλεία για να ελαχιστοποιηθούν οι δυνάμεις λαβής που απαιτούνται για να χρησιμοποιηθούν.



### 3. ΦΩΤΙΣΜΟΣ - ΧΡΩΜΑ

Το ποσό και η ποιότητα του φωτός σε έναν εργασιακό χώρο, το χρώμα του εξοπλισμού, των τοίχων και των επιφανειών εργασίας επηρεάζουν τους ανθρώπους που εργάζονται εκεί και μπορεί να έχουν επιπτώσεις στην απόδοση της εργασίας τους. Σε αυτό το κεφάλαιο δίνονται οδηγίες για το σχεδιασμό του φωτισμού, συμπεριλαμβανομένου του γενικού, της εργασίας, και του φωτισμού ειδικής χρήσης, οι οποίοι πρέπει να καταστήσουν κατάλληλες τις οπτικές εργασίες για την μεγάλη πλειοψηφία των βιομηχανικών εργατών. Το κεφάλαιο καταλήγει σε μια σύντομη περίληψη των πληροφοριών για τη χρήση του χρώματος στον εργασιακό χώρο.

#### 3.1 Φωτισμός

Η ένταση του φωτός (το ποσό του φωτός που απορροφά η επιφάνεια εργασίας), πρέπει να είναι αρκετά υψηλή όταν οι οπτικές εργασίες πρέπει να εκτελεστούν γρήγορα, με ακρίβεια και ευκολία. Εκτός από την ένταση του φωτός, είναι επίσης σημαντικές οι διαφορές στη φωτεινότητα (αντίθεση) στο οπτικό πεδίο. Η φωτεινότητα είναι το ποσό φωτός που αντανακλάται πίσω στα μάτια από την επιφάνεια των αντικειμένων στο οπτικό πεδίο.

Για τις περισσότερες εργασίες, η όραση είναι το κύριο αισθητήριο κανάλι για τη λήψη πληροφοριών. Ο φωτισμός, επομένως, είναι ένα από τα κρίσιμα στοιχεία στον σχεδιασμό οποιουδήποτε εργασιακού χώρου, επειδή χωρίς επαρκή φωτισμό σημαντικά στοιχεία της εργασίας μπορεί να φανούν λανθασμένα ή να μην φανούν καθόλου. Το πόσο επαρκής φαίνεται ο φωτισμός εξαρτάται από την ποιότητα και την ποσότητά του και από τη δυσκολία της εργασίας.

Ο φωτισμός, συχνά αποκαλείται επίσης και ένταση φωτός (φωτεινή ροή ανά μονάδα επιφάνειας), είναι ένα μέτρο του ποσού του φωτός που προσπίπτει, σε μια επιφάνεια εργασίας από τις περιβαλλοντικές και τοπικές πηγές φωτός. Μετριέται με έναν μετρητή φωτισμού (σε Lux), ο οποίος τοποθετείται πάνω στην επιφάνεια εργασίας. Όσο πιο μακριά είναι μια επιφάνεια από την πηγή του φωτός, τόσο λιγότερος θα είναι ο φωτισμός. Η φωτεινότητα, από την άλλη, είναι ένα μέτρο του φωτός που ανακλάται από μια επιφάνεια και συνδέεται με την υποκειμενική αίσθηση της λαμπρότητας. Η φωτεινότητα δεν μεταβάλλεται με την απόσταση μεταξύ της επιφάνειας και του παρατηρητή και μετριέται με ένα φωτόμετρο που βρίσκεται σε κατάλληλη απόσταση από την επιφάνεια και προς καθορισμένη κατεύθυνση.

Η τροποποίηση της εργασίας είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για να βελτιωθεί η απόδοση στην οπτική εργασία χωρίς να αυξηθούν τα επίπεδα φωτισμού. Μερικοί τρόποι για να γίνουν οι οπτικές εργασίες ευκολότερες είναι:

- Αυξήστε την αντίθεση του γραμμένου υλικού.  
Χρησιμοποιήστε μαύρο μελάνι αντί για μολύβι.  
Αλλάξτε πιο συχνά τις μελανοταινίες των εκτυπωτών.
- Αυξήστε το μέγεθος της μικρότερης κρίσιμης λεπτομέρειας.  
Χρησιμοποιήστε μεγαλύτερο μέγεθος γραμματοσειράς για το έντυπο υλικό.  
Μειώστε την οπτική απόσταση.
- Αλλάξτε τον εργασιακό χώρο έτσι ώστε τα υλικά της εργασίας να είναι κάθετα στην γραμμική όραση του χειριστή.

Μερικές πιο συγκεκριμένες προσεγγίσεις για να διευκολύνουν τις εργασίες οπτικού ελέγχου (επιθεώρησης) παρουσιάζονται στο κεφάλαιο 3.1.6 "φωτισμός ειδικής χρήσης".

Για οποιοδήποτε δεδομένο εργασιακό χώρο ο σχεδιαστής πρέπει να εξετάσει τις ελάχιστες απαιτήσεις φωτισμού για κάθε κύρια και δευτερεύουσα εργασία, τους τύπους των πηγών τεχνητού φωτισμού που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να φωτίσουν την επιφάνεια εργασίας, το ποσό του φωτισμού που μπορεί να παρασχεθεί για την εργασία και τις διαθέσιμες μεθόδους ώστε να ελαχιστοποιηθεί η θάμβωση. Αυτοί οι παράγοντες πρέπει να εξισορροπηθούν με το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας. Ένας ικανοποιητικός σχεδιασμός μπορεί να επιτευχθεί μόνο όταν εξετάζονται προσεκτικά όλοι αυτοί οι παράγοντες.

### **3.1.1. Συνιστώμενα επίπεδα φωτός για διαφορετικές εργασίες**

Κατά την επιλογή μιας συγκεκριμένης έντασης φωτισμού για κάθε εργασιακό χώρο, ο σχεδιαστής πρέπει να μελετήσει την οπτική δυσκολία (όπως η αντίθεση και οι απαιτήσεις ανάλυσης του χώρου), την κρισιμότητα και τη συχνότητα που εκτελείται κάθε κύρια και δευτερεύουσα εργασία, καθώς επίσης και τον διαθέσιμο χρόνο για να εκτελεστούν οι εργασίες. Το κατώτερο επίπεδο φωτισμού είναι το επίπεδο που είναι ικανοποιητικό για τους ανθρώπους που εκτελούν πιο δύσκολες και πιο σημαντικές εργασίες.

#### ***(1) Ποσότητα φωτός και παραγωγικότητα***

Η σχέση μεταξύ του ποσού του φωτισμού και της παραγωγικότητας έχει εξεταστεί σε πολυάριθμες μελέτες. Οι περισσότερες έχουν παρουσιάσει κάποια αύξηση στην παραγωγικότητα καθώς ο φωτισμός αυξάνεται, αλλά το ποσό της αύξησης εξαρτάται από την εργασία (Barnaby, 1980 Hopkinson και Collins, 1970 Hughes και McNellis, 1978 IERI, 1975 Ross και Baruzzini, A.E., 1975). Εντούτοις δεν είναι σαφές, το ποσό της αλλαγής που αποδίδεται στη βελτιωμένη όραση και το ποσό



που οφείλεται στους παράγοντες υποκίνησης. Τυπικά, οι αυξήσεις της παραγωγικότητας είναι μεγαλύτερες όταν οι εργασίες είναι πολύ απαιτητικές οπτικά ή όταν οι εργαζόμενοι είναι πάνω από 45 ετών. Οι αυξήσεις στο φωτισμό δεν έχουν καμία επίδραση ή μικρή μόνο, στην παραγωγικότητα για τους νεότερους εργαζομένους και για τις λιγότερο απαιτητικές οπτικά εργασίες.

Ο συσχετισμός της έντασης του φωτισμού με την αύξηση της παραγωγικότητας στους πιο ηλικιωμένους εργαζομένους μπορεί να αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες. Με την πάροδο της ηλικίας τα οπτικά μέσα (το υγρό των ματιών, οι φακοί, ο κερατοειδής χιτώνας) μπορεί να γίνουν πιο πυκνά και μειώνεται η δυνατότητα οξείας εστίασης σε κοντινά αντικείμενα. Μια αύξηση του φωτισμού μπορεί να μειώσει τον αντίκτυπο αυτών των ηλικιακών αλλαγών στην οπτική απόδοση. Εντούτοις, τα ηλικιωμένα άτομα συνήθως επηρεάζονται περισσότερο από τη θάμβωση του ανακλώμενου φωτός (που αυξάνεται με την αύξηση του επίπεδο του φωτισμού) απ' ό,τι όταν ήταν νεότεροι. Το πολύ φως, έπειτα, μπορεί να είναι τόσο ανεπιθύμητο όσο επίσης και το λίγο.

Οι αυξήσεις στο φωτισμό συνήθως συνεπάγονται μια σχετική αύξηση του κόστους. Για μερικές εφαρμογές η αύξηση της παραγωγικότητας που πραγματοποιείται από τα πιο υψηλά επίπεδα φωτισμού μπορεί να μειώσει τις δαπάνες εργασίας περισσότερο από τις δαπάνες του πρόσθετου φωτισμού. Οι ανάγκες ενεργειακής οικονομίας προτείνουν τη μείωση των επιπέδων φωτισμού οπουδήποτε είναι δυνατόν. Η επόμενη πρόκληση έπειτα, είναι να βρεθεί το πώς θα αυξηθεί η παραγωγικότητα όταν μειώνεται ή τουλάχιστον δεν αυξάνεται, το ποσό ενέργειας που χρησιμοποιείται για το φωτισμό.

## **(2) Οδηγίες φωτισμού**

Στον πίνακα 3-1 δίνονται υποδείξεις για τα επίπεδα φωτισμού ως περιοχές της έντασης φωτισμού για συγκεκριμένους τύπους δραστηριοτήτων. Αυτές οι οδηγίες λαμβάνουν υπόψη την ηλικία του εργαζομένου, τη σημασία της ταχύτητας και της ακρίβειας και την ανακλαστικότητα του φόντου της εργασίας. Εντούτοις, η ευθύνη για την επιλογή μιας συγκεκριμένης τιμής αφήνεται σαφώς στο μηχανικό φωτισμού και στο προσωπικό εποπτείας.

**Πίνακας 3-1. Συνιστώμενη περιοχή της έντασης φωτισμού για διάφορους τύπους εργασιών**

|  | <b>Κλίμακα έντασης του φωτισμού *</b> |
|--|---------------------------------------|
| <b>Είδος της δραστηριότητας ή της περιοχής</b> | <b>Lux</b>                            |
| Δημόσιοι χώροι με σκοτεινό περιβάλλον          | 20-50                                 |

|  |              |
|--|--------------|
| Απλός προσανατολισμός για προσωρινές σύντομες επισκέψεις   | >50-100      |
| Χώροι εργασίας όπου εκτελούνται περιστασιακά οπτικές εργασίες  | >100-200     |
| Εκτέλεση οπτικών εργασιών με υψηλή αντίθεση ή μεγάλο μέγεθος: ανάγνωση εκτυπωμένου υλικού, δακτυλογραφημένων πρωτότυπων, γραμμένα με μελάνι στο χέρι, καλά φωτοαντίγραφα, γενική εργασία σε πάγκο και μηχανές, συνήθης έλεγχος, γενική συναρμολόγηση | >200-500     |
| Εκτέλεση οπτικών εργασιών μέσης αντίθεσης ή μικρού μεγέθους: ανάγνωση χειρόγραφων γραμμένων με μολύβι, όχι καλά εκτυπωμένα έγγραφα ή αναπαραγόμενο υλικό, μέση εργασία σε πάγκο και μηχανές, δύσκολη επιθεώρηση, μέση συναρμολόγηση                  | >500-1000    |
| Εκτέλεση οπτικών εργασιών μικρής αντίθεσης ή πολύ μικρού μεγέθους: ανάγνωση χειρόγραφου με σκληρό μολύβι σε χαμηλής ποιότητας χαρτί, πολύ κακώς αναπαραγόμενο υλικό, πολύ δύσκολη επιθεώρηση   | >1000-2000   |
| Εκτέλεση οπτικών εργασιών χαμηλής αντίθεσης και πολύ μικρού μεγέθους για μεγάλη χρονική περίοδο: λεπτοί συναρμολόγηση, ιδιαίτερα δύσκολη επιθεώρηση, λεπτή εργασία σε πάγκο και μηχανές  | >2000-5000   |
| Εκτέλεση παρατεταμένων και επίπονων οπτικών εργασιών : επιθεώρηση μεγάλης δυσκολίας, πολύ λεπτή εργασία σε πάγκο και μηχανές, πολύ λεπτή συναρμολόγηση   | >5000-10000  |
| Εκτέλεση ειδικών οπτικών εργασιών εξαιρετικά χαμηλής αντίθεσης και μικρού μεγέθους: μερικές χειρουργικές διαδικασίες   | >10000-20000 |

\* Η επιλογή μιας τιμής μέσα σε μια κλίμακα εξαρτάται από τις μεταβλητές της εργασίας, την ανακλαστικότητα του περιβάλλοντος και την οπτική ικανότητα του ατόμου.

*Δίνεται η περιοχή της έντασης φωτισμού, σε Lux (στήλη 2), που συνίσταται για διάφορους τύπους δραστηριοτήτων εργασίας ή χώρων (στήλη 1). Αυτές οι οδηγίες είναι σύμφωνες με τους σκοπούς εξοικονόμησης ενέργειας καθώς επίσης και με τα επίπεδα που απαιτούνται από έναν διαφορετικό πληθυσμό που εκτελεί τις δραστηριότητες που περιγράφονται. Γενικά, όσο το πιο δύσκολη είναι σε μια οπτική εργασία και όσο περισσότερο διαρκεί, τόσο υψηλότερο γίνεται το συνιστώμενο επίπεδο φωτισμού. Πρέπει να χρησιμοποιηθεί το ανώτερο όριο της κλίμακας για να διευκολύνει τους πιο μεγάλους σε ηλικία εργαζομένους στις δύσκολες οπτικές εργασίες. Ο τοπικός φωτισμός εργασίας συχνά είναι προτιμότερος για την αύξηση του φωτισμού σε έναν εργασιακό χώρο πάνω από 1000 Lux.*

Για να ικανοποιήσει αυτές τις οδηγίες φωτισμού και συγχρόνως να εξοικονομήσει ενέργεια, ο μηχανικός φωτισμού πρέπει να είναι βέβαιος ότι όλες οι πηγές φωτός και τα εξαρτήματά τους καθαρίζονται τακτικά. Θα μπορούσε επίσης να θεωρήσει δύο άλλες στρατηγικές:

- Χρήση πηγών φωτός μεγαλύτερης απόδοσης (lumens/watt).
- Τροποποίηση του σχεδίου για τον φωτισμό έτσι ώστε τα επίπεδα του φωτός να είναι αυξημένα στους εργασιακούς χώρους και μειωμένα οπουδήποτε αλλού.

### **3.1.2 Επιλογή πηγών φωτός υψηλής αποδοτικότητας**

Κατά την επιλογή των πηγών τεχνητού φωτισμού για την φωταγώγηση των θέσεων εργασίας και των εργασιακών χώρων, οι δύο σημαντικότερες παράμετροι είναι η απόδοση σε Lumen/Watt (lm/W) και η απόδοση χρώματος. Η απόδοση χρώματος είναι ο βαθμός στον οποίο τα αντιληπτά χρώματα των αντικειμένων που φωτίζονται από διάφορες πηγές φωτός ταιριάζουν με τα αντιληπτά χρώματα του ίδιου αντικειμένου όταν φωτίζεται από τυποποιημένες πηγές φωτός. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες είναι οι απαιτήσεις για συντήρηση, συμπεριλαμβανομένων της αντικατάστασης λαμπτήρων, της ευκολίας καθαρισμού του προστατευτικού καλύμματος και του συστήματος ελέγχου κατεύθυνσης και γενικά η οικονομικότητα του συστήματος. Η απόδοση είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας επειδή συσχετίζεται αντιστρόφως ανάλογα με τις λειτουργικές δαπάνες. Οι λειτουργικές δαπάνες για τα εμπορικά και βιομηχανικά συστήματα φωτισμού τείνουν να είναι πολύ υψηλότερες από τις αρχικές δαπάνες (σχεδιασμός του συστήματος, υλικά και δαπάνες για την εγκατάσταση αυτού) και τις δαπάνες συντήρησης. Η χρήση πηγών φωτός υψηλής απόδοσης βοηθά επίσης στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας.

Δυστυχώς, οι πιο αποδοτικές πηγές φωτός συχνά δεν είναι κατάλληλες για εργασίες που απαιτούν διάκριση των χρωμάτων λόγω της φτωχής απόδοσης του χρώματος. Έως ότου να είναι διαθέσιμες καλύτερες πηγές, ο καλύτερος τρόπος για να καθοριστεί η βέλτιστη ισορροπία μεταξύ της ενεργειακής απόδοσης και της απόδοσης του χρώματος, είναι μέσω εμπειρικών δοκιμών. Οι συνθήκες των δοκιμών πρέπει να προσεγγίζουν όσο είναι εφικτό τις εργασίες, τις θέσεις εργασίας και τους εργασιακούς χώρους όπως αυτοί σχεδιάζονται ή τροποποιούνται.

Οι αποδόσεις και τα χαρακτηριστικά της απόδοσης χρωμάτων για τις συνήθως χρησιμοποιούμενες πηγές τεχνητού φωτός δίνονται στον πίνακα 3-2.

### **3.1.3 Άμεσος και έμμεσος φωτισμός**

Τα φωτιστικά τα οποία “βλέπουν” προς τα κάτω παρέχουν άμεσο φωτισμό, αυτά που “βλέπουν” προς τα πάνω παρέχουν έμμεσο (ανακλώμενο) φωτισμό. Μερικά φωτιστικά παρέχουν και τους δύο τύπους φωτός. Με τον άμεσο φωτισμό όλο το διαθέσιμο φως κατευθύνεται προς τον στόχο. Η αντανάκλαση του φωτός από την οροφή, στον έμμεσο φωτισμό οδηγεί σε κάποια απώλεια ενέργειας, έτσι αυτός είναι λιγότερο αποδοτικός.

Υπάρχουν αρκετές σημαντικές διαφορές στην ποιότητα του φωτός για τον έμμεσο και άμεσο φωτισμό. Παραδείγματος χάριν :

- Με τον έμμεσο φωτισμό δεν υπάρχει καμία θάμβωση.
- Υπάρχει περισσότερη ομοιομορφία των επιπέδων φωτός στις περιοχές όπου χρησιμοποιούνται τα φωτιστικά έμμεσου φωτισμού.
- Στις περιοχές με άμεσο φωτισμό το ανακλώμενο φως που εμποδίζει την αντίχρευση ενός οπτικού στόχου και η σκίαση είναι μεγαλύτερα.

### Πίνακας 3-2. Πηγές τεχνητού φωτός

| Τύπος                  | Απόδοση (lm/W) | Απόδοση Χρώματος           | Σχόλια  |
|------------------------|----------------|----------------------------|---|
| Πυρακτώσεως            | 17-23          | Καλή                       | Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως είναι η πιο κοινά χρησιμοποιημένη πηγή φωτός αλλά είναι και η λιγότερο αποδοτική. Το κόστος των λαμπτήρων είναι χαμηλό. Η ζωή των λαμπτήρων είναι τυπικά μικρότερη από 1 έτος.   |
| Φθορισμού              | 50-80          | Αρκετά καλή προς καλή      | Η αποδοτικότητα και η απόδοση του χρώματος ποικίλλει αρκετά με τον τύπο του λαμπτήρα: ψυχρό λευκό, ζεστό λευκό, ψυχρό λευκό λουξ. Με τους νέους λαμπτήρες εξοικονόμησης ενέργειας και τις αντιστάσεις ρύθμισης του ρεύματος (ροοστάτες) είναι δυνατή σημαντική μείωση των ενεργειακών δαπανών. Η ζωή των λαμπτήρων είναι τυπικά 5 με 8 έτη. |
| Υδραργύρου             | 50-55          | Πολύ φτωχή έως αρκετά καλή | Οι λαμπτήρες υδραργύρου έχουν πολύ μεγάλη διάρκεια ζωής (9-12 έτη), αλλά η απόδοση τους μειώνεται σημαντικά με τον χρόνο.   |
| Αλογόνου μετάλλων      | 80-90          | Αρκετά καλή έως μέτρια     | Η απόδοση του χρώματος είναι επαρκής για πολλές εφαρμογές. Η ζωή των λαμπτήρων είναι τυπικά 1-3 έτη.  |
| Νατρίου υψηλής πίεσης  | 85-125         | Αρκετά καλή                | Αυτός ο λαμπτήρας είναι μια πολύ αποδοτική πηγή φωτός. Η ζωή των λαμπτήρων είναι 3-6 έτη με μέσο ποσοστό λειτουργίας, πάνω από 12 ώρες ανά ημέρα.   |
| Νατρίου χαμηλής πίεσης | 100-180        | Φτωχή                      | Αυτός ο λαμπτήρας είναι η αποδοτικότερη πηγή φωτός. Η ζωή των λαμπτήρων είναι 4-5 έτη με μέσο ποσοστό λειτουργίας 12 ωρών ανά ημέρα. Κυρίως χρησιμοποιείται για τον φωτισμό των δρόμων και αποθηκών.  |

*Δίδονται η απόδοση (στήλη 2), σε Lumens ανά Watt (lm/W) και η απόδοση του χρώματος (στήλη 3) για έξι συχνά χρησιμοποιημένων πηγών φωτός (στήλη 1). Στη στήλη 4 δίνονται η ζωή των λαμπτήρων και άλλα χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Η απόδοση του χρώματος είναι ένα μέτρο για το πώς τα χρώματα εμφανίζονται κάτω από οποιεσδήποτε από αυτές τις τεχνητές πηγές φωτός έναντι του χρώματός τους κάτω από μια τυποποιημένη πηγή φωτός. Οι υψηλότερες τιμές για την αποδοτικότητα δείχνουν μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας.*

Για να υπερνικήσουν το μειονέκτημα της χαμηλότερης απόδοσης με τον έμμεσο φωτισμό, μερικοί σχεδιαστές έχουν συνδυάσει τους λαμπτήρες εκκένωσης μεγάλης έντασης με ειδικά σχεδιασμένη οπτική. Οι αποδοτικότεροι λαμπτήρες και τα φωτιστικά τους δεν κοστίζουν περισσότερο από τον άμεσο φωτισμό φθορισμού όταν ληφθεί υπόψη ο αριθμός των φωτιστικών, η εγκατάσταση, η συντήρηση και οι ενεργειακές επιπτώσεις (όπως επηρεάζονται από το φορτίο θερμότητας των πηγών φωτισμού). Εντούτοις, η χρήση των λαμπτήρων εκκένωσης μεγάλης έντασης μπορεί να προκαλέσει παράπονα για το χρώμα των λαμπτήρων, όπως το "εκτυφλωτικό μπλε" και το "θερμό πορτοκαλί." Αυτά τα προβλήματα μπορούν να περιοριστούν με τη χρησιμοποίηση ενός λαμπτήρα από κάθε τύπο, αλογόνου μετάλλων και νατρίου υψηλής πίεσης, στα φωτιστικά με δύο λαμπτήρες.

### **3.1.4 Φωτισμός εργασίας**

Με την τροποποίηση του σχεδίου φωτισμού μπορεί να αυξηθεί η ένταση του φωτισμού και συγχρόνως να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας. Παραδείγματος χάριν, παραδοσιακά, μια ολόκληρη περιοχή γραφείων ή παραγωγής θα μπορούσε να έχει φωτιστεί ομοιόμορφα σε υψηλό επίπεδο με 1000-1500 lux. Εν τούτοις, σήμερα, μπορεί να είναι προτιμότερο να χορηγηθεί ένα σχετικά χαμηλό επίπεδο γενικού περιβαλλοντικού φωτισμού, όπως 300-500 lux και να χρησιμοποιηθούν συμπληρωματικοί λαμπτήρες γραφείου και φωτιστικά εργασίας στις θέσεις εργασίας όπου πρόκειται να εκτελεστούν δύσκολες οπτικές εργασίες (General Electric Company, 1964). Αυτή η τεχνική είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική όταν απασχολείται μικρός αριθμός εργαζομένων σε ένα σχετικά μεγάλο χώρο. Εντούτοις, όταν χρησιμοποιείται η προσέγγιση φωτισμός της θέσης εργασίας, ο σχεδιαστής πρέπει να κάνει μια σοβαρή προσπάθεια να ελαχιστοποιήσει το άμεσο και έμμεσο θάμβωμα, όπως η κάλυψη των αντανάκλασεων και η ανακλώμενη θάμβωση, αλλιώς θα μειωθεί σημαντικά το όφελος από το φωτισμό της θέσης εργασίας. Ο συμπληρωματικός φωτισμός πρέπει να έρχεται από τις αριστερές και δεξιές πλευρές της θέσης εργασίας. Οι λαμπτήρες γραφείου που βρίσκονται ακριβώς μπροστά από τον εργαζόμενο, συχνά ενσωματωμένοι στα έπιπλα του γραφείου, είναι πιθανές πηγές έμμεσης θάμβωσης, ειδικά όταν βρίσκονται στην ζώνη προσβολής. Αυτές οι πηγές πρέπει να αποφεύγονται για το φωτισμό θέσεων εργασίας όταν είναι δυνατόν.

### **3.1.5 Ελαχιστοποίηση της θάμβωσης**

#### ***(1) Γενικές θέσεις εργασίας***

Η ποιότητα του φωτισμού μπορεί να βελτιωθεί με τη μείωση της θάμβωσης. Άμεση θάμβωση προκαλείται όταν μια πηγή φωτός στο οπτικό πεδίο είναι πολύ φωτεινότερη από τα υλικά στη θέση εργασίας. Έμμεση θάμβωση, αποκαλούμενη συχνά κάλυψη λόγω αντανάκλασεων ή ανακλώμενη

θάμβωση, ανάλογα με τη σοβαρότητα της, προκαλείται από το φως που ανακλάται από την επιφάνεια εργασίας. Μπορεί να μειώσει την φαινόμενη αντίθεση των υλικών εργασίας στην θέση εργασίας και εκτός αν ελέγχεται προσεκτικά, να έχει επιπτώσεις στην απόδοση της εργασίας. Οι ζώνες για την άμεση και έμμεση θάμβωση παρουσιάζονται στις εικόνες 3-1 και 3-2. Στον πίνακα 3-3 δίνονται μέθοδοι ελέγχου για την άμεση και έμμεση θάμβωση.

Ο δείκτης πιθανότητας οπτικής άνεσης (VCP index) είναι ένα μέτρο που δίνει το ποσοστό των ατόμων που αναμένεται να αισθάνονται οπτικά άνετα σε έναν δεδομένο εργασιακό χώρο. Συσχετίζεται αντιστρόφως ανάλογα με τη άμεση θάμβωση. Ο δείκτης VCP πρέπει να είναι τουλάχιστον 70 ή μεγαλύτερος, για να είναι πρακτικός. Οι μέθοδοι για τον υπολογισμό αυτού του δείκτη δίνονται στο Εγχειρίδιο Φωτισμού της IES<sup>1</sup> (Kaufman και Christensen, 1972). Οι συσκευές φωτισμού που δεν εκπέμπουν κανένα φως στη ζώνη άμεσης θάμβωσης περιλαμβάνουν τα φωτιστικά με παραβολικές κινητές σφηνοειδείς γρίλιες (VCP = 99 +). Αυτές οι μονάδες είναι ιδανικές για το γενικό φωτισμό στα δωμάτια με οθόνες H/Y. Αντίθετα, οι διαφανείς λαμπτήρες βολφραμίου έχουν πολύ χαμηλό δείκτη VCP και είναι ακατάλληλοι για τις περισσότερες εφαρμογές οπτικής εργασίας.

**Εικόνα 3-1. Ζώνες άμεσης και έμμεσης θάμβωσης για έναν χειριστή**



**(α) Ζώνη άμεσης θάμβωσης**

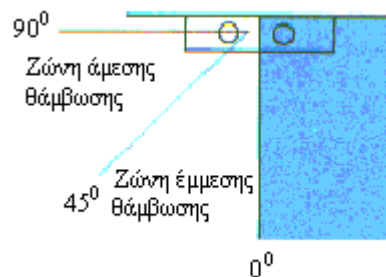


**(β) Ζώνη έμμεσης θάμβωσης**

Η ζώνη άμεσης θάμβωσης (τμήμα α) παρουσιάζεται ως περιοχή που περιγράφεται από ένα

τόξο  $45^\circ$  επάνω από τη γραμμή όρασης του χειριστή. Η έμμεση θάμβωση (τιμήμα β) ανακλάται από την επιφάνεια εργασίας. Φθάνει στα μάτια του χειριστή μετά από την ανάκλαση της από το αντικείμενο που παρατηρεί ή από το υπόβαθρό του.

**Εικόνα 3-2. Ζώνες άμεσης και έμμεσης θάμβωσης για ένα φωτιστικό σώμα**



Η ζώνη άμεσης θάμβωσης για μια πηγή φωτισμού βρίσκεται στην περιοχή μεταξύ του οριζόντιου επιπέδου της συσκευής και μιας γωνίας  $45^\circ$  προς τα κάτω. Η ζώνη έμμεσης θάμβωσης είναι στην περιοχή μεταξύ της γραμμής των  $45^\circ$  και μιας κάθετης γραμμής που αρχίζει από το κέντρο της συσκευής προς την επιφάνεια εργασίας.

**Πίνακας 3-3. Τεχνικές για τον έλεγχο της θάμβωσης**

| Για τον έλεγχο της θάμβωσης  | Για τον έλεγχο της έμμεσης θάμβωσης (Κάλυψη λόγω αντανακλάσεων και ανακλώμενη θάμβωση)  |
|--|---|
| <p>Η θέση των φωτιστικών συσκευών φωτισμού ή των μονάδων φωτισμού, να είναι όσο πιο μακριά γίνεται από τη γραμμή όρασης του χειριστή, όσο αυτό είναι λειτουργικό.</p> <p>Χρησιμοποιήστε πολλές συσκευές φωτισμού χαμηλής έντασης αντί μιας πολύ φωτεινής.</p> <p>Χρησιμοποιήστε συσκευές φωτισμού που διανέμουν το φως σε σχήμα φτερών νυχτερίδας* και οι θέσεις των εργαζομένων να είναι έτσι ώστε το πιο υψηλό επίπεδο φωτός να έρχεται από τα</p> | <p>Αποφύγετε την τοποθέτηση φωτιστικών στην ζώνη προσβολής από την έμμεση θάμβωση από το έμμεσο-έντονο φως (εικόνα 3-2)</p> <p>Χρησιμοποιήστε φωτιστικά με φακούς διάχυσης ή πολωτικούς</p> <p>Χρησιμοποιήστε επιφάνειες που διαχέουν το φως, όπως με ματ χρώμα, ματ χαρτί και υφασμάτινη υφή</p> <p>Αλλάξτε τον προσανατολισμό ενός χώρου εργασίας, μιας εργασίας, μιας οπτικής γωνίας ή</p> |

<sup>1</sup> Illuminating Engineering Society

|  |  |
|--|--|
| <p>πλάγια και όχι από μπροστά ή πίσω</p> <p>Χρησιμοποιήστε πηγές φωτισμού με κινητές γρίλιες η πρισματικούς φακούς</p> <p>Χρησιμοποιήστε έμμεσο φωτισμό</p> <p>Χρησιμοποιήστε ασπίδες φωτός, καλύμματα και γείσα στους εργασιακούς χώρους εάν οι άλλες μέθοδοι δεν είναι πρακτικές</p> | <p>της οπτικής κατεύθυνσης έως ότου επιτευχθεί η μέγιστη ορατότητα</p> |
|--|--|

\* Η αποτελεσματικότητα της διανομής σχήματος φτερών νυχτερίδας ποικίλλει με τον προσανατολισμό της θέσης εργασίας και του εργαζομένου. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να ελέγξει την έμμεση θάμβωση, επειδή η μέγιστη απόδοση είναι περίπου στο τόξο μεταξύ των γωνιών 35° και 45° .

*Παραδείγματα των τρόπων για να ελεγχθεί η άμεση θάμβωση (στήλη 1) και η έμμεση θάμβωση (στήλη 2) στη θέση εργασίας .Αυτές οι μέθοδοι περιλαμβάνουν σχεδιαστικές προσεγγίσεις που μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την εγκατάσταση του φωτισμού, καθώς επίσης και τις επεμβάσεις που μπορούν να γίνουν αφού εντοπιστεί θάμβωση σε μια θέση εργασίας.*

Το άμεσο έντονο φως μπορεί επίσης να ελεγχθεί με το χειρισμό της φωτεινότητας (λαμπρότητα) της περιοχής που περιβάλλει τον στόχο. Υπό ιδανικές συνθήκες η φωτεινότητα του περιβάλλοντος χώρου πρέπει να είναι ίση ή ελαφρώς μικρότερη από τη φωτεινότητα των υλικών εργασίας. Η IES έχει δημοσιεύσει έναν κατάλογο μέγιστων αναλογιών φωτεινότητας για συγκεκριμένες καταστάσεις. Δίνονται στον πίνακα 3-4 και είναι κάπως συντηρητικές, στην πράξη είναι συχνά δύσκολο να επιτευχθούν τόσο χαμηλές αναλογίες φωτεινότητας στον εργασιακό χώρο όσο εκείνες που δίνονται.

## **(2) Θέσεις εργασίας με οθόνες**

Για τους εργαζόμενους μπροστά σε οθόνες η θάμβωση είναι μια διακύμανση της φωτεινότητας στο οπτικό πεδίο ικανή και να προκαλέσει κόπωση, δυσφορία ή κάποια ενόχληση. Μπορεί να δημιουργηθεί από τις συσκευές φωτισμού μέσα στο οπτικό πεδίο του χειριστή, από το φως της ημέρας που λάμπει μέσω των παραθύρων ή από το φως που ανακλάται από επιφάνειες μέσα στο δωμάτιο. Οι αντανακλάσεις που εμφανίζονται στις οθόνες μπορούν να γίνουν ενοχλητικές πηγές θάμβωσης που μειώνουν την ορατότητα της εργασίας. Για να ελαχιστοποιήσει την ενόχληση που συνδέεται με αυτές τις αντανακλάσεις, ο σχεδιαστής μπορεί να χρησιμοποιήσει οθόνες που έχουν μια αντί - αντανακλαστική επίστρωση ή να τοποθετήσει φίλτρο αντί - θαμβωτικό, ενίσχυσης της αντίθεσης, όπως ένα πολωτικό φίλτρο, μπροστά στην οθόνη. Σε μερικές καταστάσεις μπορεί να είναι απαραίτητο να στραφεί ελαφρά το φίλτρο προς το θεατή προκειμένου να μειωθούν οι αντανακλάσεις από την επιφάνειά του. Τα πρόσθετα φίλτρα πρέπει να χρησιμοποιούνται με προσοχή. Μερικά μπορούν να υποβιβάσουν αισθητά την ποιότητα της εικόνας και γι' αυτό πρέπει να αποφεύγονται.

**Πίνακας 3-4. Συνιστώμενες από την IES μέγιστες αναλογίες φωτεινότητας για οπτικές εργασίες**



| Συνθήκες   | Αναλογίες φωτεινότητας |            |
|--|------------------------|------------|
|  | Γραφεία                | Βιομηχανία |
| Μεταξύ της εργασίας και των παρακείμενων σκοτεινότερων περιχώρων                 | 3 έως 1                | 3 έως 1    |
| Μεταξύ της εργασίας και των παρακείμενων φωτεινότερων περιχώρων                  | 1 έως 3                | 1 έως 3    |
| Μεταξύ της εργασίας και των πιο μακρινών σκοτεινότερων επιφανειών                | 5 έως 1                | 20 έως 1   |
| Μεταξύ της εργασίας και των πιο μακρινών φωτεινότερων επιφανειών                 | 1 έως 5                | 1 έως 20   |
| Μεταξύ των φωτιστικών (ή παράθυρων, φεγγιτών) και των επιφανειών δίπλα σε αυτούς | 20 έως 1               | ME*        |
| Οπουδήποτε μέσα στο φυσιολογικό οπτικό πεδίο                                     | 40 έως 1               | ME*        |

\*ME σημαίνει μη ελέγξιμο στην πράξη.

Δίνονται οι αναλογίες της φωτεινότητας μεταξύ μιας εργασίας ή μιας οθόνης και του υποβάθρου της (στήλη 1) για τα γραφεία (στήλη 2) και για τη βιομηχανία (στήλη 3). Αυτές οι αναλογίες είναι βασισμένες σε υποδείξεις από την Ένωση Μηχανικών Φωτισμού (IES). Καμία συνιστώμενη αναλογία δεν έχει δοθεί για τις καταστάσεις όπου δεν είναι πρακτικό να προσπαθήσει κανείς να ελέγξει τη φωτεινότητα, όπως στις αντιθέσεις μεταξύ του εργασιακού χώρου και του εξωτερικού (φυσικού) φωτισμού. Συχνά είναι δύσκολο να διατηρηθούν οι αναλογίες φωτεινότητας τόσο χαμηλά, ειδικά στους εργασιακούς χώρους παραγωγής όπου γίνεται ένα πλήθος εργασιών.

Εκτός από τις αντιανακλαστικές οθόνες και τα καλύμματα, προτείνονται οι ακόλουθες μέθοδοι για τη μείωση του αντανακλάσεων της θάμβωσης σε θέσεις εργασίας με οθόνες Η/Υ:

- Εάν είναι εφικτό χαμηλώστε τον περιβάλλοντα φωτισμό.
- Τοποθετήστε τον χειριστή με την πλάτη του προς έναν σκουρόχρωμο τοίχο.
- Χρωματίστε τους τοίχους με σκούρα χρώματα μόνον ματ (αλαμπή). Οι επιφάνειες των γραφείων και οι άλλες επιφάνειες εργασίας πρέπει να έχουν τελείωμα με ματ επιφάνεια.
- Αποφύγετε την τοποθέτηση ρολογιών, καθρεφτών, πινάκων ανακοινώσεων και παρόμοιων στοιχείων σε περιοχές όπου προκαλούν αντανακλάσεις οι οποίες θα εμφανιστούν στις οθόνες.
- Εάν όλα τα άλλα αποτύχουν, στέψτε ελαφρά την οθόνη προς τα κάτω, ή κινήστε την ελαφρώς προς τα αριστερά ή δεξιά, για να εξαλείψετε τις συγκεκριμένες ανακλώμενες απεικονίσεις.

Η θάμβωση προκαλείται από το φως που διέρχεται μέσω των παραθύρων και μπορεί να μειωθεί ή να εξαλειφθεί ως εξής :

- Καλύψτε τα παράθυρα είτε μερικώς είτε εντελώς με κουρτίνες, περσίδες, υφασμένα ξύλα, είτε κινητά στόρια.
- Καλύψτε τα παράθυρα με φίλτρα ουδέτερης πυκνότητας (θαμπάδας) για να μειωθεί η

διαπερατότητα.

- Προσθέστε τέντες ή άλλες διατάξεις για να προστατεύσετε τα παράθυρα από τις άμεσες ακτίνες του ήλιου.
- Εγκαταστήστε την οθόνη κάθετα στο παράθυρο.

### 3.1.6 Φωτισμός ειδικής χρήσης

Ο γενικός φωτισμός μπορεί να μην είναι επαρκής για τις διαδικασίες παραγωγής ή συντήρησης με δύσκολους οπτικούς στόχους, όπως οι δραστηριότητες επιθεώρησης. Αν και η αύξηση της ποσότητας του φωτός μπορεί να βελτιώσει την ικανότητα ανίχνευσης μερικών οπτικών στόχων, η εφαρμογή του φωτισμού ειδικής χρήσης, συνήθως τοπική, μπορεί να είναι πολύ πιο αποτελεσματική και αρκετά φθηνότερη. Ο πίνακας 3-5 παρουσιάζει μερικές τεχνικές φωτισμού που έχουν υιοθετηθεί επιτυχώς στη βιομηχανία.

Απαιτούνται περισσότεροι από έναν τύποι φωτός για να ανιχνεύσουν τους πολλαπλούς τύπους ελαττωμάτων με ένα απλό πέρασμα, σε μια εργασία επιθεώρησης 100%, όπως συμβαίνει σε πολλές διαδικασίες αποδοχής προϊόντων. Ο συνδυασμός των διαφόρων τύπων φωτός μπορεί να προσαρμοστεί στη σημασία και την σχετική ορατότητα των τύπων ελαττωμάτων που πιθανώς να εμφανιστούν. Θα πρέπει να γίνουν συμβιβασμοί, κυρίως προς όφελος της ταχύτητας, στις περισσότερες περιπτώσεις. Όμως δεν μπορούν όλες οι ατέλειες να φωτιστούν βέλτιστα σε αυτές τις θέσεις συνδυασμένου φωτισμού.

#### Πίνακας 3-5. Φωτισμός ειδικής χρήσης για τις εργασίες επιθεώρησης

| Επιθυμητή βελτίωση των εργασιών επιθεώρησης | Φωτισμός ειδικών χρήσεων ή άλλες υποδείξεις   | Τεχνικές  |
|---|---|---|
| 1. Τονισμός των γρατσουνιών της επιφάνειας  | Φωτισμός, για ένα γυάλινο ή πλαστικό πιάτο πάχους τουλάχιστον 1,5 χιλ.<br><br>Σημειακός προβολέας (spotlight) | Εσωτερική αντανάκλαση του φωτός σε ένα διαφανές προϊόν · χρησιμοποιήστε έναν σωληνοειδή λαμπτήρα φθορισμού ή χαλαζία μεγάλης έντασης<br><br>Προϋποθέτει γραμμικές γρατσουνιές γνωστής κατεύθυνσης παρέχοντας ρυθμίσεις έτσι ώστε να μπορεί να ευθυγραμμιστούν σε μια πλευρά της κατεύθυνσης των |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  | Φωτισμός σκοτεινών-τομέων (π.χ., μικροσκοπία)  | <p>γρατσουνιών. Χρησιμοποιήστε γρίλιες για να μειώσετε τη θάμβωση για τον επιθεωρητή</p> <p>Το φως αντανακλάται μακριά ή προβάλλεται μέσω του προϊόντος και εστιάζεται σε ένα σημείο ακριβώς δίπλα στο μάτι. Οι γρατσουνιές προξενούν διάθλαση του φωτός προς μια πλευρά</p>  |
| 2. Τονισμός των εξογκωμάτων ή των εγχοπών της επιφάνειας | <p>Επιφάνεια που είναι γδαρμένη ή που επισκιάζεται</p> <p>Κυματοειδή σχέδια (για να τονίσουν τις καμπυλότητες της επιφάνειας)</p> <p>Σημειακός προβολέας (spotlight)</p> <p>Πολωμένο φως</p> <p>Υποδείγματα φωτεινότητας</p> | <p>Παράλληλη πηγή φωτός με μια ελλειψοειδή δέσμη φωτός</p> <p>Προβολή μιας φωτεινής ευθύγραμμης δέσμης μέσω των παράλληλων γραμμών σε μικρή απόσταση από την επιφάνεια. Απαιτείται είτε μια επίπεδη επιφάνεια είτε ένα γνωστό περίγραμμα</p> <p>Ρυθμίστε τη γωνία για να βελτιστοποιήσετε την απεικόνιση αυτών των ατελειών</p> <p>Μειώνει τις αντανακλάσεις κάτω από την επιφάνεια όταν ο άξονας μετάδοσης είναι παράλληλος στην επιφάνεια του προϊόντος</p> <p>Αντανάκλαση ενός συμμετρικού ειδώλου υψηλής αντίθεσης στην επιφάνεια ενός κατοπτρικού προϊόντος. Η λεπτομέρεια των υποδειγμάτων πρέπει να προσαρμοστεί στο μέγεθος των προϊόντων, με περισσότερη λεπτομέρεια για μια μικρότερη επιφάνεια</p> |
| 3. Τονισμός των εσωτερικών                               | Σταυρωτή πόλωση  | Τοποθετήστε δύο φύλλα του   |

|  |   |  |
|--|---|--|
| τάσεων και παραμορφώσεων   |   | γραμμικού πολωτή με γωνία 90° μεταξύ τους, ένα σε κάθε πλευρά του διαφανούς προϊόντος που επιθεωρείται. Ανιχνεύστε τις αλλαγές στο χρώμα ή στο σχέδιο με ατέλειες  |
| 4. Τονισμός μεταβολών του πάχους   | Σταυρωτή πόλωση<br><br>Διάχυτη αντανάκλαση<br><br>Κυματοειδή σχέδια | Χρήση με συνδυασμό διχρωματικών υλικών<br><br>Μειώστε την αντίθεση των σχεδίων φωτεινότητας με την αντανάκλαση μίας άσπρης επιφάνειας διάχυσης σε ένα επίπεδο κατοπτρικό προϊόν. Παράγεται ένα ιριδίζον ουράνιο τόξο χρωμάτων που θα προκληθεί από τις ατέλειες σε ένα λεπτό διαφανές επίστρωμα<br><br>Δείτε το στοιχείο 2 σε αυτόν τον πίνακα   |
| 5. Αύξηση των μη κατοπτρικών ατελειών σε μια κατοπτρική επιφάνεια,, όπως μια αστοχία σ' ένα προϊόν | Πολωμένο φως<br><br>Συγκλίνον φως                                   | Μια κατοπτρική μη μεταλλική επιφάνεια ενεργεί, υπό ορισμένες συνθήκες, σαν ένας οριζόντιος πολωτής και αντανακλά το φως. Τα μη κατοπτρικά τμήματα της επιφάνειας θα το αποπολώσουν. Προβάλλετε ένα οριζόντιο πολωμένο φως με μια γωνία 35 ° ως προς την οριζόντια<br><br>Προβάλλετε το φως σε έναν σφαιρικό καθρέφτη, αντανακλάται από το προϊόν και εστιάζεται στο μάτι. Απαιτείται πολύ σταθερή στάση από τους επιθεωρητές. Ο καθρέφτης πρέπει να είναι μεγαλύτερος από την περιοχή που επιθεωρείται |
| 6. Ενισχύστε τις μεταβολές   | Διαπέραση του φωτός   | Για τα διαφανή προϊόντα, όπως τα   |

|  |  |   |
|--|--|---|
| αδιαφάνειας  | (διαφανοσκόπηση)   | μπουκάλια, ρυθμίστε τα φώτα έτσι ώστε να δίνουν ομοιόμορφο φωτισμό σε ολόκληρη την επιφάνεια. Χρησιμοποιήστε γυαλί οπαλ ως διασκορπιστή επάνω από τους σωληνοειδείς λαμπτήρες φθορισμού για την επιθεώρηση φύλλων. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί διαφανοσκόπηση διπλής μετάδοσης  |
| 7. Ενίσχυση των αλλαγών των χρωμάτων, όπως στο ταίριασμα των χρωμάτων στην κλωστοϋφαντουργία | Φασματικά εξισορροπημένα φώτα<br><br>Αρνητικά φίλτρα, όπως στην επιθεώρηση για ατέλειες στα στρώματα έγχρωμου φιλμ | Επιλέξτε τύπο φωτισμού για να ταιριάζετε το φάσμα των αναμενόμενων συνθηκών φωτισμού όταν χρησιμοποιείται το προϊόν. Χρησιμοποιήστε φως 3000 <sup>0</sup> K εάν το προϊόν χρησιμοποιείται στο εσωτερικό ή φως 7000 <sup>0</sup> K εάν χρησιμοποιείται στο ύπαιθρο.<br><br>Αυτά τα φίλτρα διαβιβάζουν το φως κυρίως από το αντίθετο άκρο του φάσματος από αυτό από το οποίο το προϊόν συνήθως διαβιβάζει ή αντανακλά. Αυτή η αντιστροφή κάνει την επιφάνεια των προϊόντων να εμφανιστεί σκοτεινή εκτός από τα ελαττώματα μιας διαφορετικής απόχρωσης, τα οποία είναι έτσι φωτεινότερα και πιο εμφανή |
| 8. Ενίσχυση της αστάθειας, του τρεμοπαίξιμου   | Παράλληλα σχέδια γραμμών (κυματοειδής)   | Δύο σύνολα παράλληλων γραμμών, με απόκλιση 3-5 °. Το ένα σύνολο τοποθετείται στο προϊόν και το άλλο είναι στάσιμο. Αυτή η διαμόρφωση μπορεί να ενισχύσει το τρεμοπαίξιμο από 10 έως 40 φορές  |
| 9. Τονισμός των  | Στροβοσκοπικός φωτισμός  | Ρυθμίστε τη συχνότητα του   |

|  |  |  |
|--|--|--|
| επαναλαμβανόμενων ατελειών, όπως στους περιστρεφόμενους άξονες ή στα τύμπανα   |  | στροβοσκοπίου στην αναμενόμενη συχνότητα της ατέλειας  |
| 10. Ενίσχυση των φθορίζουσων ατελειών  | Μαύρο φως (Black Light)  | Χρησιμοποιείστε υπεριώδες φως για να ανιχνεύσετε έλαια κοπής και άλλες ακαθαρσίες. Στην βιομηχανία ιματισμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το σημάδεμα των σχεδίων. Το φθορίζον μελάνι είναι αόρατο στο άσπρο φως, αλλά πολύ ορατό στο μαύρο φως (Black Light)  |
| 11. Ενίσχυση των τριχοειδών ρωγμών στα χυτά  | Επίστρωση με φθορίζοντα έλαια  | Χρησιμοποιήστε έλεγχο με υπεριώδες φως και θα ανιχνεύσετε συγκεντρώσεις ελαίου στις ρωγμές   |
| 12. Μειώστε το θάμπωμα της επιφάνειας κάτω από το άσπρο φως που κρύβει τις ατέλειες, η επιφάνεια εμφανίζεται να φθορίζει | Συμπληρωματικό φίλτρο ή πηγή φωτός, παρόμοιο με ένα αρνητικό φίλτρο  | Χρησιμοποιήστε ένα φίλτρο ή μια πηγή φωτός με χαμηλή μετάδοση στα μήκη κύματος που ανακλώνται από την επιφάνεια του αντικειμένου, και υψηλής μετάδοσης σε άλλα μέρη του φάσματος, ώστε να δημιουργηθεί μια γκριζα όψη  |
| 13. Αφαίρεση των αντανακλάσεων που αποσπούν την προσοχή  | Προστατευτικά για το φως (φωτοασπίδες )<br><br>Παγίδες για το φως (φωτοπαγίδες)<br><br>Αλλάζτε την θέση εργασίας | Σε έναν εργασιακό χώρο τοποθετήστε στην οροφή ή πλευρικά προστατευτικά για να εξαλείψετε τις αντανακλάσεις που προκαλούνται από το φωτισμό του δωματίου.<br><br>Για τις οθόνες τοποθετήστε έναν κυκλικό πολωτή μπροστά από την ηλεκτρονική λυχνία, με γωνία προς τα κάτω Ο πολωτής παγιδεύει όλο το εισερχόμενο φως από το δωμάτιο και επιτρέπει να πάει πίσω στον παρατηρητή μόνο το φως που παράγεται εσωτερικά<br><br>Αντί να έχουν οι χειριστές τα |

|   |   |  |
|---|---|--|
|   |   | <p>πρόσωπα τους στον τοίχο, με τα φώτα της οροφής από πίσω τους τα οποία αντανακλούν στις επιφάνειες όπου βρίσκονται τα κομμάτια προς επεξεργασία με γωνίες 45°-90°, βάλτε τους να καθίσουν με τις πλάτες τους στον τοίχο έτσι ώστε τα κομμάτια που είναι για επεξεργασία να αντανακλούν προς τον τοίχο την χαμηλή φωτεινότητα</p>   |
| <p>14. Μειώστε το θάμπωμα των προϊόντων που κινούνται γρήγορα , όπως π.χ. στη βιομηχανία εκτυπώσεων</p> | <p>Συγχρονισμένα κινούμενες εικόνες</p> <p>Στροβοσκοπικός φωτισμός</p> <p>Επιμηκύνετε την περιοχή παρατήρησης</p> <p>Ομαδοποιήστε τα προϊόντα</p> | <p>Εικόνες που προβάλλονται ή ανακλώνται σε επίπεδα, διαφορετικά, ακανόνιστου σχήματος πλέγματα μπορούν να παρέχουν σημεία σταθεροποίησης και μείωση της ροής</p> <p>Το παλλόμενο φως επάνω από το κατώτατο όριο συγχώνευσης, περίπου 40+ Hz, θα κάνει έναν τυχαίο τύπο ατελειών να εμφανιστεί ως μια σειρά με γυαλιστερά σημεία, ακόμα κι αν το ίδιο το άμορφο πλέγμα είναι θολό (Taylor και Watson, 1972)</p> <p>Εμπειρικός κανόνας : περιοχή παρατήρησης 0,3 m ανά 18,3 m/min ταχύτητας του αντικειμένου σε κοντινές αποστάσεις επιθεώρησης 0,6-1,2 m επιτρέπει κατάλληλο χρόνο σταθεροποίησης, αναζήτηση με τα μάτια και ακίνητες εικόνες του προϊόντος (T. J. Murphy, 1981, Eastman Kodak Company)</p> <p>Για το ίδιο αποτέλεσμα, είναι καλύτερο να γίνει ομαδοποίηση</p> |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | και να μειωθεί η ταχύτητα αντί να εξαπλωθούν τα προϊόντα και να αυξηθεί η ταχύτητα |
|--|--|--|

*Η στήλη 1 περιγράφει δεκατέσσερις τρόπους για την βελτίωση της απόδοσης των εργασιών επιθεώρησης. Στη στήλη 2 δίνονται υποδείξεις που βοηθούν τον επιθεωρητή στην ανίχνευση των ατελειών. Στη στήλη 3 δίνονται σύντομες εξηγήσεις για το πώς λειτουργούν αυτές οι υποδείξεις ή περιγραφές άλλων ενεργειών που βοηθούν τον επιθεωρητή. Συχνά υπάρχουν περισσότεροι από έναν τρόποι να καταστεί μια ατέλεια πιο ορατή, η φύση του υλικού θα βοηθήσει τον επιθεωρητή να προσδιορίσει την αποτελεσματικότερη μέθοδο. Όταν αναζητούνται περισσότεροι από έναν τύποι ελαττωμάτων, μπορεί να είναι πιο κατάλληλος ένας συνδυασμός υποδείξεων στον εργασιακό χώρο.*

### **3.1.7 Οδηγίες για την ένταση του φωτός**

Στον καθορισμό του ποσού του φωτός που πρέπει να πέσει από το περιβάλλον επάνω σε μια επιφάνεια εργασίας, είναι απαραίτητο να γίνει διάκριση μεταξύ του φωτισμού προσανατολισμού, του κανονικού φωτισμού εργασίας και του ειδικού φωτισμού.

#### ***α.) Επιλέξτε μια ένταση φωτός μεταξύ 10-200 lux για τις εργασίες προσανατολισμού.***

Μια ένταση φωτός μεταξύ 10-200 lux είναι ικανοποιητική όπου η οπτική άποψη δεν είναι κρίσιμη, παραδείγματος χάριν στους διαδρόμους των δημόσιων κτηρίων ή για γενικές δραστηριότητες σε δωμάτια αποθήκευσης, υπό τον όρο ότι δεν απαιτείται ανάγνωση. Η ελάχιστη απαραίτητη ένταση για να ανιχνευτούν εμπόδια είναι 10 lux. Μπορεί να είναι απαραίτητη μια υψηλότερη ένταση φωτός για τους πίνακες ανάγνωσης και ανακοινώσεων ή για να εμποδίσει τις υπερβολικές διαφορές στη φωτεινότητα μεταξύ γειτονικών περιοχών, αυτό επιτρέπει στα μάτια να προσαρμοστούν γρηγορότερα όταν κινούμαστε μεταξύ αυτών των περιοχών, όπως κατά την οδήγηση μέσα σε σήραγγες. Η προσαρμογή του ματιού μπορεί να πάρει ένα αρκετά μεγάλο διάστημα αν οι διαφορές στη φωτεινότητα είναι μεγάλες.

#### ***β.) Επιλέξτε μια ένταση φωτός μεταξύ 200-800 lux για κανονικές δραστηριότητες***

Η ανάγνωση ενός κανονικά εκτυπωμένου εγγράφου, ο χειρισμός μηχανών και η διεκπεραίωση εργασίας συναρμολόγησης μπορούν να θεωρηθούν κανονικές οπτικές εργασίες και σε αυτήν την περίπτωση ισχύουν οι ακόλουθες οδηγίες :

- μια ένταση φωτός 200 lux είναι επαρκής εάν οι πληροφορίες είναι αρκετά μεγάλες και αντιπαραβάλλουν αρκετά με το υπόβαθρο, παραδείγματος χάριν μαύρα γράμματα που



τυπώνονται σε λευκό χαρτί.

- εάν οι λεπτομέρειες είναι μικρές ή εάν η αντίθεση είναι φτωχή είναι απαραίτητη μεγαλύτερη ένταση φωτός.
- οι άνθρωποι με περιορισμένη όραση και τα ηλικιωμένα άτομα απαιτούν περισσότερο φως.
- μερικές φορές απαιτείται μεγαλύτερη ένταση φωτός για να αντισταθμίσει τις μεγάλες διαφορές στη φωτεινότητα μεταξύ και μέσα σε δωμάτια, που οφείλονται, παραδείγματος χάριν, στις υψηλές εντάσεις φωτός στα γειτονικά δωμάτια ή στην παρουσία παραθύρων.

#### **γ.) Επιλέξτε μια ένταση φωτός μεταξύ 800-3000 lux για ειδικές εφαρμογές**

Μερικές φορές είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί τοπικός φωτισμός για την εργασία. Αυτό μπορεί να αντισταθμίσει τις σκιές ή τις αντανakλάσεις στην επιφάνεια εργασίας. Για τις ειδικές δραστηριότητες όπως οι οπτικές εργασίες επιθεώρησης, χρησιμοποιούνται πολύ υψηλότερα επίπεδα φωτισμού ώστε να επιτρέψουν να διακριθούν οι μικρές λεπτομέρειες.

### **3.1.8 Οδηγίες για τις διαφορές φωτεινότητας**

#### **α.) Αποφύγετε τις υπερβολικές διαφορές στη φωτεινότητα στο οπτικό πεδίο**

Οι υπερβολικές διαφορές στη φωτεινότητα μεταξύ των αντικειμένων ή των επιφανειών στο οπτικό πεδίο είναι ανεπιθύμητες. Οι μεγάλες διαφορές μπορούν να προκύψουν μεταξύ άλλων από τις αντανakλάσεις, τα εκτυφλωτικά φώτα και τις σκιές. Ο πίνακας 3-6 παρουσιάζει μερικά παραδείγματα για το πώς οι άνθρωποι αντιλαμβάνονται τις διαφορές της φωτεινότητας (που εκφράζεται ως λόγος φωτεινότητας, η οποία είναι η φωτεινότητα του ενός αντικειμένου διαιρούμενη με την φωτεινότητα του άλλου).

**Πίν. 3-6. Αντίληψη από τους ανθρώπους μερικών αναλογιών φωτεινότητας. Πρέπει να αποφεύγονται οι υπερβολικές διαφορές στη φωτεινότητα μέσα στο οπτικό πεδίο.**

| Λόγος φωτεινότητας | Αντίληψη Φωτεινότητας |
|--------------------|-----------------------|
| 1                  | Καμία                 |
| 3                  | Μέτρια                |
| 10                 | Καλή                  |
| 30                 | πολύ καλή             |
| 100                | πάρα πολύ καλή        |
| 300                | εξαιρετικά δυσάρεστη  |

Οι λόγοι φωτεινότητας πάνω από 10 θεωρούνται υπερβολικοί.

#### **β.) Περιορίστε τις διαφορές φωτεινότητας μεταξύ της ίδιας της περιοχής εργασίας, του στενού**

### ***περιβάλλοντος και του ευρύτερου περιβάλλοντος.***

Το οπτικό πεδίο μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις ζώνες: αυτή της περιοχής εργασίας, του στενού περιβάλλοντος και του ευρύτερου περιβάλλοντος. Η φωτεινότητα της περιοχής εργασίας δεν πρέπει να είναι τρεις φορές μεγαλύτερη ή τρεις φορές μικρότερη από αυτή του στενού περιβάλλοντος. Επίσης η φωτεινότητα της περιοχής εργασίας δεν πρέπει να διαφέρει από αυτή του ευρύτερου περιβάλλοντος από έναν παράγοντα μεγαλύτερο του δέκα. Επίσης πρέπει να αποφευχθούν οι πολύ μικρές διαφορές στην φωτεινότητα, επειδή αυτό κάνει έναν χώρο να δείχνει μουντός.

### **3.1.9 Βελτιωμένος φωτισμός**

Τα μέτρα που λαμβάνονται για να βελτιώσουν τον φωτισμό αποβλέπουν κυρίως, στο να παρασχεθεί ικανοποιητική ένταση φωτός και να αποφευχθούν οι υπερβολικές διαφορές φωτεινότητας στο οπτικό πεδίο, όπως μπορούν να εμφανιστούν από πηγές φωτός, παράθυρα, αντανάκλασεις και σκιές.

#### ***α.) Βελτιώστε το ευανάγνωστο των πληροφοριών***

Όταν η ορατότητα των πληροφοριών είναι ανεπαρκής, είναι αποτελεσματικότερο να βελτιώσουμε το ευανάγνωστο των πληροφοριών από το να αυξήσουμε την ένταση του φωτός. Περαιτέρω αυξήσεις στην ένταση του φωτός είναι άσκοπες όταν ο φωτισμός είναι ήδη έντονος. Το ευανάγνωστο των πληροφοριών μπορεί να βελτιωθεί με τη διεύρυνση των λεπτομερειών (π.χ., με τη χρησιμοποίηση μεγαλύτερων χαρακτήρων ή μικρότερης απόστασης ανάγνωσης) ή με την αύξηση της αντίθεσης (π.χ., μαύρα γράμματα σε λευκό υπόβαθρο).

#### ***β.) Επιλέξτε έναν συνδυασμό περιβαλλοντικού (γενικού) και τοπικού φωτισμού***

Εκτός από τις περιπτώσεις εργασιών προσανατολισμού, η απαραίτητη ένταση φωτισμού σε μια επιφάνεια εργασίας μπορεί να επιτευχθεί από έναν συνδυασμό σχετικά περιορισμένου περιβαλλοντικού φωτισμού και ενός εντονότερου επιτόπιου φωτισμού. Η επιθυμητή αναλογία μεταξύ της γενικής και τοπικής έντασης του φωτισμού καθορίζεται μεταξύ άλλων από τα κριτήρια στη διαφορά φωτεινότητας μεταξύ τις εργασίας και του περιβάλλοντος και από την προσωπική προτίμηση. Η ένταση οποιουδήποτε τοπικού φωτισμού πρέπει να είναι ρυθμιζόμενη.

#### ***γ.) Το φως της ημέρας μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον περιβαλλοντικό φωτισμό***

Το διαθέσιμο φως της ημέρας πρέπει επίσης να χρησιμοποιηθεί για το γενικό φωτισμό. Το εισερχόμενο φως της ημέρας και θέα προς τα έξω εκτιμώνται πολύ από τους περισσότερους ανθρώπους. Οι μεγάλες μεταβολές στην ένταση του φωτός της ημέρας από το άμεσο ηλιακό φως μπορούν να αποτραπούν με τη χρησιμοποίηση πατζουριών. Οι υπερβολικές διαφορές φωτεινότητας

στο οπτικό πεδίο μπορούν να εμφανιστούν σε θέσεις εργασίας κοντά στα παράθυρα.

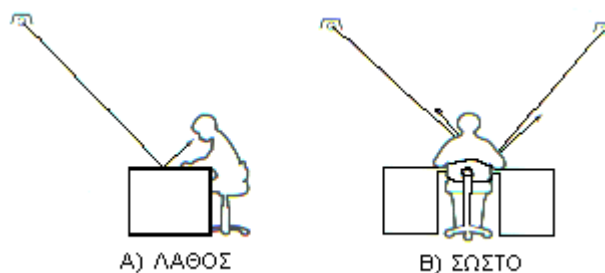
#### **δ.) Πηγές που προβάλλουν το άμεσο φως**

Η τύφλωση από το άμεσο φως μπορεί να αποφευχθεί με την κάλυψη του φωτός που ακτινοβολεί από πλάγια. Ωστόσο, οι κατακόρυφες επιφάνειες είναι τότε λιγότερο καλά φωτισμένες. Αυτό μπορεί να αντισταθμιστεί με την επιλογή φωτεινού εσωτερικού.

#### **ε.) Αποτρέψτε τις αντανακλάσεις και τις σκιές**

Οι πηγές φωτός πρέπει να είναι εγκατεστημένες ανάλογα με τον εργασιακό χώρο ώστε να αποτραπούν οι αντανακλάσεις και οι σκιές. Η εικόνα 3-3 παρουσιάζει την βέλτιστη θέση των πηγών φωτός για έναν εργασιακό χώρο. Στις θέσεις εργασίας με οθόνες Η/Υ απαιτείται ειδική προσοχή για να αποτραπούν οι αντανακλάσεις στην οθόνη.

**Εικόνα 3-3. Οι πηγές φωτός πρέπει να είναι τοποθετημένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγονται οι αντανακλάσεις και οι σκιές**



#### **στ.) Χρήση διάχυτου φωτισμού**

Οι υπερβολικές αντανακλάσεις μπορούν να αποφευχθούν με τη χρησιμοποίηση του έμμεσου (δηλ. διάχυτου) φωτισμού στις οροφές. Επιφάνειες τραπεζιών, τοίχοι και τα παρόμοια πρέπει επίσης να παραγάγουν διάχυτη αντανάκλαση οποιουδήποτε προσπίπτοντος φωτός, με άλλα λόγια, το ανακλώμενο φως πρέπει να διανεμηθεί ομοιόμορφα προς όλες τις κατευθύνσεις. Οι επιφάνειες πρέπει επομένως να έχουν ματ τελείωμα. Το βέλτιστο ποσό φωτός που αντανακλάται από μια επιφάνεια (συντελεστής ανάκλασης) εξαρτάται από το σκοπό εκείνης της επιφάνειας. Στον πίνακα 3-7 δίνονται οι συνιστώμενες τιμές ανακλαστικότητας. Η ανακλαστικότητα έχει τιμή μεταξύ μηδέν και ένα, όπου η τιμή μηδέν έχει την έννοια ότι κανένα φως δεν αντανακλάται (σκοτεινή επιφάνεια) και η τιμή ένα την έννοια ότι όλο το φως αντανακλάται (φωτεινή επιφάνεια).

**Πίνακας 3-7. Συνιστώμενες τιμές για το συντελεστή ανάκλασης των διάφορων επιφανειών.**

| <b>Επιφάνεια</b>     | <b>Ανάκλαση επιφάνειας</b> |
|----------------------|----------------------------|
| οροφή                | 0,80 - 0,90 ('φωτεινή')    |
| τοίχοι               | 0,40 - 0,60                |
| επιφάνειες τραπεζιών | 0,2 - 0,45                 |
| δάπεδο               | 0,20 - 0,40 ('σκοτεινή')   |

**ζ.) Το τρεμόσβημα από τους σωλήνες φθορισμού μπορεί να αποφευχθεί**

Οι σωλήνες φθορισμού παράγουν φως που τρεμοσβήνει και που μπορεί να είναι ενοχλητικό. Είναι δυνατό να αποφευχθεί οποιοδήποτε ανιχνεύσιμο τρεμόσβημα εάν δύο ή περισσότεροι σωλήνες τοποθετούνται σε ένα πλαίσιο στήριξης έτσι ώστε να εναλλάσσονται εκτός φάσης, αυτό επιτυγχάνεται με τη σωστή σύνδεση στο δίκτυο. Η χρήση ενός ενιαίου σωλήνα φθορισμού, παραδείγματος χάριν, για να μειωθεί η κατανάλωση ισχύος, θεωρείται απερίσκεπτη.

### **3.2 Χρώμα**

Η επιρροή του χρώματος στους ανθρώπους σε έναν εργασιακό χώρο παραγωγής ή γραφείων δεν έχει εξεταστεί αυστηρά. Οι περισσότερες μελέτες για τις επιδράσεις του περιβαλλοντικού χρώματος είναι μελέτες προτίμησης, όπου η αισθητική είναι ο πρωταρχικός παράγοντας. Από αυτές τις εξετάσεις, μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες παρατηρήσεις για τις προτιμήσεις :

- Στο δυτικό πολιτισμό η σειρά προτίμησης χρώματος είναι το μπλε, το κόκκινο, το πράσινο, το ιώδες, το πορτοκαλί και το κίτρινο. Αυτές οι προτιμήσεις είναι ευρείες και ξεπερνούν τις φυλετικές και τις μεταξύ των δυο φύλων διαφορές. Τα παιδιά μπορεί να προτιμούν τα χρώματα που περιέχουν το κόκκινο, αλλά αυτές οι προτιμήσεις μετατοπίζονται προς το μπλε άκρο του φάσματος στην ωριμότητα.
- Γενικά, το μπλε, το πράσινο και το ιώδες θεωρούνται δροσερά χρώματα, ενώ το κόκκινο, το πορτοκαλί, το κίτρινο και το καφέ θεωρούνται ζεστά.
- Το μπλε και το πράσινο θεωρούνται κατευναστικά χρώματα, το πορτοκαλί, το κίτρινο και το καφετί παροξυντικά, το κόκκινο και το ιώδες χαρακτηρίζονται ως "επιθετικά," "ανησυχητικά", "αποθαρρυντικά" και "προκαλούν ταραχή".
- Το χρώμα μπορεί να επηρεάσει την αντίληψη ενός προσώπου για το μέγεθος και την

απόσταση μέσα σε ένα κλειστό χώρο. Οι τοίχοι που καλύπτονται με χρώματα μικρού μήκους κύματος, όπως το μπλε και το πράσινο, λέγεται πως υποχωρούν, ενώ οι τοίχοι που καλύπτονται με χρώματα μεγάλου μήκους κύματος λέγεται πως προχωρούν προς τα μπρος. Κατά συνέπεια το μπλε και το πράσινο κάνουν ένα δωμάτιο να φαίνεται μεγαλύτερο, ενώ με το κόκκινο επιτυγχάνεται το αντίθετο αποτέλεσμα. Ομοίως, υπάρχει μια αλληλεπίδραση μεταξύ της φωτεινότητας και του χρώματος στην επίδραση της απόστασης. Τα ανοιχτά χρώματα τείνουν να υποχωρούν και τα σκοτεινά χρώματα να προχωρούν προς τα μπρος.

- Ο σχηματισμός μιας αντίδρασης σε ένα χρώμα παίρνει κάποιον χρόνο και η αντίδραση, μόλις διαμορφωθεί, υπόκειται στην προσαρμογή. Κατά συνέπεια η αρχική αντίδραση ενός προσώπου μπορεί να είναι αρκετά έντονη, αλλά θα τείνει να ελαττωθεί με το πέρασμα του χρόνου. Το τελικό αποτέλεσμα αφότου συμβεί η πλήρης προσαρμογή θα μπορούσε να είναι σχετική αδιαφορία.
- Καθώς ο κορεσμός (ένταση) του χρώματος χαμηλώνει σε ένα επίπεδο απαλού τόνου παστέλ, μειώνονται τα αντιληπτικά και ψυχολογικά αποτελέσματα του χρώματος.

Από τις πληροφορίες που δίνονται πιο πάνω για το χρώμα, έχουν αναπτυχθεί οι ακόλουθες οδηγίες για την εφαρμογή συγκεκριμένων χρωμάτων, φωτεινότητας και επιπέδων κορεσμού στον εργασιακό χώρο :

- Για τις μεγάλες επιφάνειες, πρέπει να επιλεγούν χρώματα που δίνουν ομοιόμορφη ανακλαστικότητα. Μπορούν να επιτευχθούν καλές οπτικές αντιθέσεις χωρίς σημαντικές αντιθέσεις στην φωτεινότητα. Παραδείγματος χάριν, οι πόρτες, τα προεξέχοντα τμήματα τοίχων ή άλλα εμπόδια μπορούν να χρωματιστούν σε μια διαφορετική απόχρωση της ίδιας φωτεινότητας με το γενικό χώρο του τοίχου. Κατά συνέπεια αυτά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα θα είναι εύκολα αναγνωρίσιμα χωρίς να πρέπει απαραίτητα να στραφεί η προσοχή σε αυτά ή να αποσπούν τους εργαζομένους με τη χρησιμοποίηση ιδιαίτερα μεγάλων αντιθέσεων φωτεινότητας.
- Πρέπει να αποφεύγονται τα φωτεινά ή τα πολύ κορεσμένα, πρωτεύοντα χρώματα. Είναι ανεπιθύμητα επειδή μπορεί να προκαλέσουν ένα αρνητικό παραμένον είδωλο, μια αίσθηση που συνεχίζεται αφότου έχει πάψει το ερέθισμα. Γενικά προτιμώνται τα παστέλ χρώματα για τους τοίχους, για μεγάλα δωμάτια και τις πάνω επιφάνειες των τραπεζιών ή τις επιφάνειες εργασίας.
- Στις περιοχές όπου εκτελείται ισχυρά επαναλαμβανόμενη εργασία ή όπου υπάρχει μια

μεγάλη επιφάνεια τοίχου δαπέδου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν «παρακινητικά» χρώματα για να τονίσουν μια πόρτα ή ένα χώρισμα. Επιπλέον, μερικά κομμάτια του εξοπλισμού στην περιοχή μπορούν να χρωματιστούν με μια φωτεινότερη απόχρωση του χρώματος στο οποίο το δωμάτιο είναι βαμμένο. Ο εξοπλισμός όπως οι μεταφορικές ταινίες, οι θάλαμοι, τα ράφια και τα μικρά κομμάτια των μηχανημάτων παραγωγής συχνά είναι χρωματισμένα με αυτόν τον τρόπο. Οι μεγάλες επιφάνειες δεν πρέπει να έχουν αυτά τα φωτεινά χρώματα.

- Μια μεγάλη περιοχή μπορεί να διαιρεθεί λειτουργικά με χρώμα για να δώσει ταυτότητα στις διαφορετικές ομάδες που εργάζονται μέσα σε αυτή. Τα χωριστά δωμάτια μπορούν να βαφτούν σε ένα ορισμένο, βασικό χρώμα για να ολοκληρώσουν αυτήν την επίδραση.
- Στα εύκρατα κλίματα οι προτιμήσεις στο εσωτερικό των κτηρίων είναι για ισορροπία του χρώματος στη ζεστή πλευρά. Κατά συνέπεια στα κτήρια και στα δωμάτια με παράθυρα, χρησιμοποιούμε ζεστά χρώματα λίγο κορεσμένα στους τοίχους και στον εξοπλισμό για να ισορροπηθεί η δροσιά των λευκών περιοχών των τοίχων με το γκρι των μετάλλων και του υπόλοιπου εξοπλισμού.
- Η επιλογή των χρωμάτων πρέπει να συντονιστεί με τις αποφάσεις για τον τύπο του φωτισμού. Ο φωτισμός με λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης έχει μόνο υποφερτά χαρακτηριστικά απόδοσης χρώματος, η λεπτή φωτοσκίαση του χρώματος που θα ήταν κατάλληλη κάτω από λευκό φως μπορεί να χαθεί με αυτόν τον τύπο φωτισμού.



#### 4. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ - ΥΓΡΑΣΙΑ

Η θερμοκρασία σε μια θέση εργασίας ή σε μια περιοχή εργασιών μπορεί να επηρεάσει έντονα το πόσο αποτελεσματικά εκτελείται μια εργασία. Οι θερμές και υγρές συνθήκες που προστίθενται στις απαιτήσεις μέτρια βαριάς ή βαριάς σωματικής εργασίας μπορούν να προκαλέσουν υπερβολική κόπωση και πιθανούς κινδύνους για την υγεία ενός ατόμου με παράλληλη μείωση της ικανότητας του για εργασία. Όταν εκτελούνται εργασίες που απαιτούν χειρισμούς σε ψυχρές συνθήκες, όπως υπαίθριες εργασίες συντήρησης σε ψυχρό καιρό, μπορεί να οδηγήσουν σε μείωση της παραγωγικότητας και ενδεχομένως σε επισφαλείς ενέργειες λόγω απώλειας της ευελιξίας των δακτύλων. Η δυσφορία που παράγεται από την έκθεση σε συνθήκες έξω από τη ζώνη θερμικής άνεσης (που περιγράφεται πιο κάτω) μπορεί να αποσπάσει την προσοχή ενός ατόμου από την εργασία και ενδεχομένως να αυξήσει την πιθανότητα για επισφαλείς ενέργειες. Σε αυτό το κεφάλαιο συζητούνται η άνεση, η δυσφορία και οι ζώνες κινδύνου για την υγεία σε περιβάλλον με θερμό ή ψυχρό αέρα. Επιπλέον, δίνονται οδηγίες για βύθιση σε νερό και επαφή με θερμές ή ψυχρές επιφάνειες.

Το εσωτερικό κλίμα πρέπει να ικανοποιεί διάφορες συνθήκες ώστε η εργασία να εκτελείται με άνεση. Από αυτή την άποψη είναι σημαντικοί τέσσερις κλιματολογικοί παράγοντες (θερμοκρασία αέρα, θερμοκρασία ακτινοβολίας ψυχρών και ζεστών επιφανειών, ταχύτητα αέρα και σχετική υγρασία). Το εάν ένα κλίμα θεωρείται ευχάριστο εξαρτάται επίσης από το επίπεδο της φυσικής προσπάθειας που απαιτείται από την εργασία και από τον τύπο του ιματισμού. Η εργασία μερικές φορές εκτελείται σε πολύ ψυχρά περιβάλλοντα όπως σε ψυκτικούς θαλάμους ή στο ύπαιθρο ή σε πολύ θερμά περιβάλλοντα όπως πολύ κοντά σε φούρνους. Τότε είναι απαραίτητες ειδικές προφυλάξεις για να αποτρέψουν το πάγωμα ή το κάψιμο του εκτεθειμένου δέρματος, κυρίως στο πρόσωπο και στα χέρια. Χωρίς αυτές τις προφυλάξεις, πρέπει να περιορίζεται ο χρόνος που δαπανάται σε ψυχρά ή θερμά περιβάλλοντα.

Ακραίες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας μπορούν να εμφανιστούν στις ακόλουθες βιομηχανικές εργασίες που παράγουν θερμότητα διεργασίας:

- Καμίνευση
- Στέγνωμα
- Καθαρισμός και συντήρηση λεβήτων
- Καθαρισμός με ατμό
- Σιδέρωμα
- Εξώθηση πλαστικών



- Φορμάρισμα πλαστικών
- Χημική βιομηχανία (εξώθερμες αντιδράσεις)

Επιπλέον, η εργασία σε κτήρια που δεν είναι κλιματιζόμενα ή στο ύπαιθρο κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών σε θερμά κλίματα μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική έκθεση σε θερμότητα και σε υγρασία, ειδικά εάν απαιτείται μεγάλη φυσική προσπάθεια.

Η έκθεση στο κρύο μπορεί να συμβεί στις ακόλουθες βιομηχανικές καταστάσεις:

- Εργασία κατάψυξης ή αποθήκευσης ψυχρών προϊόντων.
- Κατασκευές σε κακώς θερμαινόμενα κτήρια (αποθήκες εμπορευμάτων) ή στο ύπαιθρο τους χειμερινούς μήνες σε ψυχρά κλίματα.
- Εξωτερική εργασία συντήρησης και επισκευών (π.χ., αφαίρεση χιονιού, μεταφορές και διακίνηση με φορτηγά) τους χειμερινούς μήνες σε ψυχρά κλίματα.
- Καθαρισμός με κρύο νερό.

#### 4.1 Ισοζύγιο της θερμότητας του σώματος

Η θερμοκρασία του σώματος ρυθμίζεται σε στενά όρια προκειμένου να διασφαλιστεί το καλύτερο περιβάλλον για τις χημικές αντιδράσεις που είναι βασικές για τη ζωή. Κατά τη διάρκεια μιας ημέρας, εάν δεν γίνεται καμία βαριά άσκηση, η μεταβολή στη θερμοκρασία του σώματος σπάνια είναι μεγαλύτερη από 0,6 °C για τους περισσότερους ανθρώπους (Colquhoun, Blake, και Edwards, 1968 Kleitman και Jackson, 1950). Η ισορροπία της θερμότητας διατηρείται από την αύξηση της ροής αίματος προς στο δέρμα και με την εφίδρωση στα θερμά περιβάλλοντα, με τη μείωση της κυκλοφορίας προς στο δέρμα και με το ρίγος στα ψυχρά περιβάλλοντα. Η θερμότητα παράγεται από το μεταβολισμό και τη μυϊκή εργασία και αφαιρείται από το σώμα με επαφή, ακτινοβολία και εξάτμιση (βλ. πίνακα 4-1). Σε μερικές περιπτώσεις η θερμότητα χάνεται ή κερδίζεται μέσω αγωγιμότητας από επαφή με μεταλλικές ή άλλες στερεές επιφάνειες. Αυτός ο παράγοντας δεν είναι βασικός στο ισοζύγιο της θερμότητας και θα συζητηθεί αργότερα στο κεφάλαιο “επαφή με θερμές ή ψυχρές επιφάνειες”.

Καθώς η εξωτερική θερμοκρασία μειώνεται κάτω από αυτή της επιδερμίδας, αυξάνεται ο ρυθμός απώλειας θερμότητας του σώματος με επαφή. Εάν η εξωτερική θερμοκρασία αυξηθεί επάνω από τη θερμοκρασία του δέρματος, η καθαρή απώλεια θερμότητας του σώματος από ακτινοβολία μειώνεται, η εξάτμιση και η επαφή γίνονται οι αποτελεσματικότεροι τρόποι για να διατηρηθεί η θερμοκρασία του σώματος. Η εξίσωση του ισοζυγίου θερμότητας παρουσιάζεται στον πίνακα 4-1, όπου δίνονται οι φυσιολογικοί ή οι φυσικοί παράγοντες που καθορίζουν τις διαφορετικές συνιστώσες του ισοζυγίου θερμότητας.

**Πίνακας 4-1. Ισοζύγιο θερμότητας του σώματος**

| <b>Όρος</b> | <b>Ορισμός</b>   | <b>Προσδιοριστικοί παράγοντες</b>  |
|-------------|--|--|
| <b>M</b>    | Αύξηση μεταβολικής θερμότητας                          | Το φορτίο χειρωνακτικής εργασίας, ή η μυϊκή εργασία που γίνεται μείον την αποδοτικότητα της εργασίας.  |
| <b>C</b>    | Αύξηση ή απώλεια θερμότητας από επαγωγή (επαφή)        | Ταχύτητα αέρα<br>Η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας αέρα και της μέσης θερμοκρασίας της επιδερμίδας ενός ατόμου.  |
| <b>R</b>    | Αύξηση ή απώλεια θερμότητας από ακτινοβολία            | Η διαφορά μεταξύ της μέσης θερμοκρασίας του δέρματος ενός ατόμου και της θερμοκρασίας των επιφανειών στο περιβάλλον, που μετράται με ένα θερμόμετρο σφαίρας ή ένα ραδιόμετρο.<br>Το σύνολο του δέρματος που εκτίθεται στην στερεά επιφάνεια. |
| <b>E</b>    | Απώλεια θερμότητας από εξάτμιση                        | Η διαφορά μεταξύ της πίεσης υδρατμών του δέρματος ενός ατόμου και της πίεσης υδρατμών ή σχετικής υγρασίας, του περιβάλλοντος.<br>Συσχετίζεται έμμεσα με το φορτίο εργασίας και το ρυθμό εφίδρωσης του ατόμου.<br>Ταχύτητα αέρα               |
| <b>S</b>    | Αποθήκευση θερμότητας μέσα στο σώμα ή απώλεια από αυτό | Ισορροπία των ανωτέρω παραγόντων<br>Θερμοκρασίες ορθού και δέρματος.<br>Βάρος του σώματος  |
| <b>Co</b>   | Αύξηση ή απώλεια θερμότητας από αγωγή                  | Το εμβαδόν της αγωγίμης επιφάνειας.<br>Η διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του δέρματος ενός ατόμου και της θερμοκρασίας της επιφάνειας που έρχεται σε επαφή   |

*Η εξίσωση που περιγράφει το ισοζύγιο θερμότητας του σώματος δίνεται πιο κάτω. Κάθε όρος (στήλη 1) ορίζεται στη στήλη 2 και οι σημαντικοί-καθοριστικοί παράγοντες προσδιορίζονται στη στήλη 3. Το κέρδος ή η απώλεια θερμότητας από αγωγή (Co) έχει επίσης περιληφθεί στο τέλος του πίνακα, δεδομένου ότι αυτή η διαδρομή της μετάδοσης θερμότητας είναι σημαντική όταν το δέρμα έρχεται σε άμεση επαφή με μια θερμή ή ψυχρή επιφάνεια.*

Η εξίσωση της ισορροπίας θερμότητας για το σώμα μπορεί να συνοψιστεί ως ακολούθως:

$$M \pm C \pm R - E = \pm S$$

Επειδή η σταθερότητα της θερμοκρασίας του σώματος είναι σημαντική για την υγεία, δεν είναι επιθυμητές οι επαγγελματικές ασχολίες που την ενοχλούν επίμονα και συνεχώς. Για αυτούς τους λόγους αυτοί που ανέπτυξαν τα κριτήρια έκθεσης σε θερμότητα (NIOSH, 1972b WHO, 1969) επέλεξαν να χρησιμοποιήσουν ως ανώτερο όριο για εκθέσεις μιας έως δυο ωρών, την αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος κατά 1 °C. Αυτή η τιμή αντιπροσωπεύει αποθήκευση θερμότητας 250 kJ ή 60 kcal.

Οι οδηγίες για την αποδεκτή διάρκεια της έκθεσης σε πολλαπλούς συνδυασμούς θερμοκρασίας, υγρασίας, ταχύτητας αέρα, θερμότητας από ακτινοβολία, συνόλου ιματισμού και φορτίου εργασίας μπορούν να αναπτυχθούν από τις σχέσεις ισορροπίας θερμότητας με περιορισμό της μεταβολής στη θερμοκρασία του σώματος σε  $\pm 1$  °C και την επιλογή των μέγιστων επιπέδων ρυθμού εφίδρωσης για μια βάρδια ή για μια ώρα εργασίας.

## **4.2 Η ζώνη άνεσης**

### **4.2.1 Ορισμός της ζώνης άνεσης**

Υπό τις ευνοϊκότερες συνθήκες άνεσης το 2,5 % του πληθυσμού είναι πάρα πολύ θερμά και 2,5 % είναι πάρα πολύ ψυχρά (Fanger, 1970). Η προσωποπαγής μεταβλητότητα στην αξιολόγηση των επιπέδων άνεσης είναι πολύ υψηλή. Τα επίπεδα ποικίλλουν με τις χρονικές στιγμές της ημέρας, την εποχή, τη διατροφή, τις ορμονικές αλλαγές και τη συμπεριφορά, συμπεριλαμβανομένων των επιλογών ιματισμού, την παρουσία του άγχους της εργασίας και των πολιτιστικών μεταβλητών και προσδοκιών. Μια ζώνη άνεσης έχει καθοριστεί βάσει των ψυχοφυσικών δεδομένων από αρκετές χιλιάδες ανθρώπους (Fanger, 1970). Θεωρώντας ότι οι άνθρωποι μπορούν να αλλάζουν το σύνολο του ιματισμού τους και ότι οι στόχοι της εξοικονόμησης ενέργειας θα υποκινήσουν την βιομηχανία να ρυθμίσει τις θερμοκρασίες των κτηρίων πλησιέστερα στα όρια της άνεσης, έχουν αναπτυχθεί κατευθυντήριες οδηγίες για τη θερμική άνεση σε καθιστική και ελαφριά εργασία που παρουσιάζονται στην εικόνα 4-1. Δείχνουν ότι θερμοκρασίες μεταξύ 19 και 26 °C θεωρούνται γενικά άνετες, υπό τον όρο ότι η υγρασία δεν είναι πάρα πολύ υψηλή, κοντά στο ανώτερο όριο και ότι η ταχύτητα του αέρα δεν είναι κοντά στο χαμηλότερο όριο.

Συνιστώνται θερμοκρασίες 19 και 26 °C ως εξωτερικά όρια για τη θερμοστατική ρύθμιση στις περιοχές όπου γίνεται καθιστική ή ελαφριά εργασία. Αυτές οι οδηγίες είναι για εκθέσεις 8 ωρών. Η

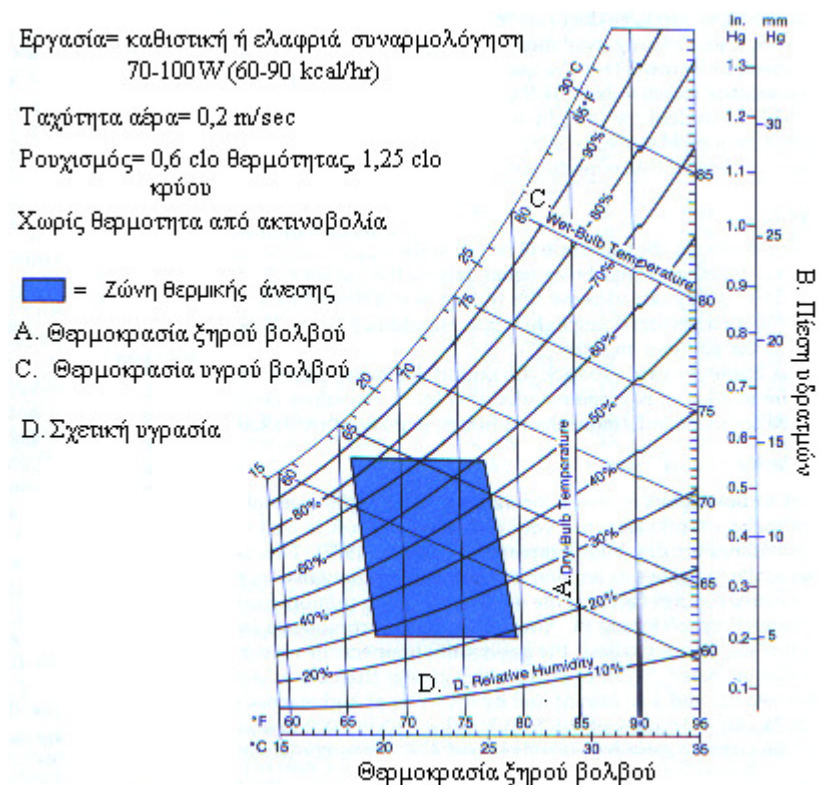
εμπειρία δείχνει ότι για εκθέσεις μεγαλύτερης διάρκειας θερμοκρασίες μεταξύ 20 και 25 °C είναι πιο αποδεκτές από τις χαμηλότερες και υψηλότερες τιμές που δίνονται πιο πάνω. Αυτή η διαφορά μπορεί συνήθως να αποδοθεί στην παρουσία άλλων παραγόντων, όπως οι επιφάνειες απαγωγής θερμότητας, οι οποίες συζητούνται πιο κάτω.

#### 4.2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν το αίσθημα άνεσης μέσα στη ζώνη

Οι ακόλουθοι παράγοντες επηρεάζουν την αίσθηση της άνεσης του ατόμου μέσα στη ζώνη θερμικής άνεσης που παρουσιάζεται στην εικόνα 4-1:

- θερμοκρασία
- φορτίο εργασίας
- υγρασία
- ιματισμός
- ταχύτητα του αέρα
- φορτίο θερμικής ακτινοβολίας

Εικ. 4-1. Ζώνη θερμικής άνεσης



Οι συνδυασμοί θερμοκρασίας ξηρού βολβού και υγρασίας που παρουσιάζονται ως σκιασμένη περιοχή στο ψυχομετρικό διάγραμμα είναι ευχάριστοι για τους περισσότερους ανθρώπους που κάνουν καθιστική ή ελαφριά εργασία. Η θερμοκρασία ξηρού βολβού κυμαίνεται από 19 έως 26 °C και η σχετική υγρασία (παράλληλες καμπύλες) κυμαίνεται από 20 έως 85 % και το 35 έως 65 % είναι οι πιο συνηθισμένες τιμές στη ζώνη άνεσης. Σε αυτό το διάγραμμα η περιβαλλοντική θερμοκρασία ξηρού βολβού (A) σχεδιάζεται στον οριζόντιο άξονα και

*υποδεικνύεται ως παράλληλες κατακόρυφες γραμμές. Η πίεση υδρατμών (B) είναι στον κάθετο άξονα. Οι θερμοκρασίες υγρού βολβού (C) παρουσιάζονται ως παράλληλες γραμμές με μια αρνητική κλίση. Στο διάγραμμα τέμνουν τις γραμμές θερμοκρασίας ξηρού βολβού και τις καμπύλες σχετικής υγρασίας (D). Στον καθορισμό της ζώνης θερμικής άνεσης έγιναν υποθέσεις για το φορτίο εργασίας, την ταχύτητα αέρα, την θερμότητα από ακτινοβολία και τα επίπεδα μόνωσης του ιματισμού. Αυτές οι υποθέσεις δίνονται πάνω αριστερά στο διάγραμμα.*

Ο πίνακας 4-2 δείχνει πώς η αλλαγή του επιπέδου πολλών από αυτούς τους παράγοντες επηρεάζει τη θερμική άνεση. Πρέπει να ρυθμιστούν τα ανώτερα και τα κατώτερα όρια της περιβαλλοντικής θερμοκρασίας ξηρού βολβού για να παραγάγουν το ίδιο αίσθημα άνεσης όταν μεταβάλλονται εκτός των επιπέδων που δίνονται στην εικ. 4-1, η υγρασία, η ταχύτητα αέρα, το φορτίο εργασίας, η μόνωση του ιματισμού και το φορτίο θερμότητας από ακτινοβολία. Η υποκείμενη δυσφορία για καθιστικές ή ελαφρές συνθήκες εργασίας συσχετίζεται πρώτιστα με θερμοκρασίες δέρματος μεγαλύτερες από 34,5 °C ή μικρότερες από 32,7 °C (Hardy, 1970). Με αυξανόμενο φορτίο εργασίας, για την άνεση απαιτούνται χαμηλότερες θερμοκρασίες δέρματος (< 30 °C). Ακολουθούν συνοπτικές περιγραφές για κάθε μια από αυτές τις παραμέτρους της άνεσης.

### **(1) Υγρασία**

Καθώς η υγρασία αυξάνεται, η δυσφορία θα γίνει αισθητή στο ανώτερο όριο της ζώνης θερμικής άνεσης. Διατηρώντας σταθερές όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές η αύξηση της υγρασίας από 50 έως 90 % στους 26 °C μπορεί να αυξήσει το αίσθημα της δυσφορίας κατά 4 φορές (Fanger, 1970) για ένα άτομο που κάνει ελαφριά εργασία. Υγρασίες κάτω από 70 % είναι προτιμότερες τους θερινούς μήνες.

Πολύ μικρή υγρασία μπορεί να προκαλέσει δυσφορία σε μερικούς ανθρώπους (McIntyre, 1978). Όπου είναι εφικτό συνιστάται να χρησιμοποιούνται τιμές υγρασίας πάνω από 20 % για παρατεταμένες εκθέσεις (περισσότερο από 2 ώρες) (ASHRAE, 1974).

### **(2) Ταχύτητα αέρα**

Ο ρυθμός της ροής του αέρα στο χώρο εργασίας μετράται ως μέση τιμή. Τοπικά ρεύματα μπορούν να μας κάνουν να αισθανόμαστε πολύ κρύοι μέσα σε έναν εργασιακό χώρο ακόμα και όταν είναι βρισκόμαστε μέσα στα όρια άνεσης για την θερμοκρασία ξηρού βολβού (Fanger, 1977). Αυτή η δυσφορία από τα τοπικά ρεύματα αυξάνεται καθώς πέφτει η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (του

δωματίου).

Η αυξημένη ροή αέρα είναι ένας θετικός παράγοντας άνεσης στο ανώτερο όριο της ζώνης άνεσης, αλλά είναι σημαντική αιτία παραπόνων στο κατώτερο όριο. Για να ελαχιστοποιούνται τα παράπονα από ρεύματα του εργασιακού χώρου, τα χαμηλότερα όρια των θερμοκρασιών, τα οποία δίνονται στον πίνακα 4-2 πρέπει να αυξηθούν κατά 3 °C για ταχύτητες αέρα μεγαλύτερες από 0,1 m/sec και μικρότερες από 0,5 m/sec και κατά 4 °C για μεγαλύτερες ταχύτητες (McIntyre, 1973). Ταχύτητες αέρα από 0,1 έως 0,3 m/sec είναι χαρακτηριστικές στη ζώνη άνεσης για καθιστικές και ελαφριές εργασίες συναρμολόγησης.

### (3) Φορτίο εργασίας

Καθώς το φορτίο εργασίας αυξάνεται, η ζώνη θερμικής άνεσης μετατοπίζεται προς τα αριστερά (βλ. πίνακα 4-2), ευνοώντας πιο χαμηλές περιβαλλοντικές θερμοκρασίες έτσι ώστε να βοηθήσει το σώμα να απαλλαγεί από τη θερμότητα που παράγεται από τους μύες. Όσο βαρύτερη είναι η εργασία, τόσο χαμηλότερα πρέπει να είναι το ανώτερο όριο προκειμένου να διατηρηθεί η άνεση. Τα περισσότερα φορτία μετρίας έως βαριάς βιομηχανικής εργασίας κυμαίνονται από 175 έως 350 W (150 έως 300 kcal / hr), με τη βαρύτερη εργασία να γίνεται μόνο για μικρά χρονικά διαστήματα (Rodgers, 1978). Επειδή οι περίοδοι μεγάλης προσπάθειας είναι διάσπαρτες μαζί με τις περιόδους ελαφριάς ή καθιστικής εφεδρικής δραστηριότητας στο ίδιο περιβάλλον, κάποιος θα πρέπει να «ανταλλάξει» το καλύτερο δυνατό περιβάλλον για κάθε μια και να συμβιβάζει σε ένα επίπεδο θερμοκρασίας που θα παράσχει τις καλύτερες δυνατές ισορροπίες θερμότητας. Η κατάσταση επομένως θα οδηγήσει συχνά τους εργαζομένους σε σχετική δυσφορία, τουλάχιστον για ένα τμήμα του κύκλου εργασίας.

**Πίνακας 4-2. Η επίδραση διάφορων παραγόντων στα όρια της ζώνης θερμικής άνεσης.**

|                     |         | Περιβαλλοντική θερμοκρασία ξηρού βολβού * |              |
|---------------------|---------|---|--------------|
|                     |         | Χαμηλότερο όριο                           | Ανώτερο όριο |
| Παράγοντας          | Επίπεδο | °C  | °C           |
| Σχετική υγρασία (%) | 20      | 20  | 26           |
|                     | 50      | 19  | 25,5         |

|   |       |        |      |
|---|-------|--------|------|
|   | 80    | 18,5   | 24   |
| Ταχύτητα αέρα, m/sec  | 0,1   | 18     | 24   |
|   | 0,25  | 19     | 25,5 |
|   | 0,36  | 21     | 27   |
|   | 0,51  | 22     | 28   |
|   | 0,71  | 23     | 29   |
| Φορτίο εργασίας, 8-ώρες<br>κατά μέσο όρο,<br>πολλαπλάσιο των τιμών<br>ανάπαυσης   | x 2   | 19     | 25,5 |
|   | x 3,5 | 17     | 23   |
|   | x 5   | ≅ 15,5 | 20   |
| Μόνωση ιματισμού (clo)  | 0,25  | 27     | 28   |
|   | 1,25  | 19     | 22   |
|   | 2,50  | ≅ 11   | ≅ 16 |
| Θερμότητα από ακτινοβολία,<br>°C, το ποσό της<br>θερμοκρασίας θερμομέτρου<br>σφαίρας που υπερβαίνει την<br>θερμοκρασία ξηρού βολβού | 0     | 19     | 25,5 |
|   | 1,1   | 17     | 24   |
|   | 2,8   | 16     | 23   |
|   | 5,6   | 13     | 20   |
|   |       |        |      |

\* Εκτός αν σημειώνεται διαφορετικά, οι ακόλουθες τιμές έχουν χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστούν τα όρια της ζώνης θερμικής άνεσης: ταχύτητα αέρα 0,25 m/sec, φορτίο εργασίας, καθιστική, ελαφριά συναρμολόγηση, έως δύο φορές μεταβολισμός ανάπαυσης, μόνωση ιματισμού, 0,6 clo όταν κάνει ζέστη, 1,25 clo όταν κάνει κρύο, κανένα φορτίο θερμότητας από ακτινοβολία, υγρασία 50 %.

*Τα ανώτερα και τα κατώτερα όρια της θερμοκρασίας περιβάλλοντος ξηρού βολβού (στήλες 3 μέχρι 4) τα οποία θα παράσχουν ένα άνετο περιβάλλον εργασίας δίνονται για διαφορετικά επίπεδα υγρασίας, ταχύτητας αέρα, φορτίου εργασίας, μόνωσης ιματισμού και θερμότητας από ακτινοβολία (στήλες 1 και 2). Εάν οποιαδήποτε από αυτές τις παραμέτρους μεταβληθεί από την τιμή που δίνεται στην υποσημείωση χωρίς να γίνει ρύθμιση στις θερμοκρασίες περιβάλλοντος ξηρού βολβού στα άκρα της ζώνης θερμικής άνεσης, θα επηρεαστεί το επίπεδο άνεσης των ανθρώπων. Αυτές οι οδηγίες είναι, στην καλύτερη περίπτωση, χονδρικές εκτιμήσεις του μεγέθους της αλλαγής στη θερμοκρασία που απαιτείται για να βελτιωθεί η άνεση. Κατά την επιλογή των ορίων θερμοκρασίας για την άνεση πρέπει επίσης να εξεταστούν και άλλοι παράγοντες, όπως η σχέση εργασίας και διαλειμμάτων ανάπαυσης.*

#### **(4) Ιματισμός**

Η ποσότητα, ο τύπος και τα χαρακτηριστικά της μόνωσης του ιματισμού που φοριέται θα καθορίσουν το πόσο μπορεί να επεκταθεί το χαμηλότερο όριο της ζώνης θερμικής άνεσης στον εργασιακό χώρο καθώς επίσης και το πόσο μπορεί να μεταβληθεί το ανώτερο όριο. Η τιμή της μόνωσης του ιματισμού εκφράζεται σε μονάδες clo . Ο πίνακας 4-3 παρουσιάζει τις τιμές clo για διάφορα σύνολα ιματισμού.

**Πίνακας 4-3. Η τιμή της μόνωσης (clo) των διάφορων συνόλων ιματισμού**

| Σύνολο ιματισμού  | Icl (μονάδες clo)* |
|---|--------------------|
| Αμάνικη μπλούζα, λεπτή βαμβακερή φούστα, πέδιλα   | 0,3                |
| Σορτς, κοντομάνικο πουκάμισο με ανοικτό λαιμό, λεπτές κάλτσες, πέδιλα   | 0,3 - 0,4          |
| Μακρύ ελαφρύ παντελόνι, πουκάμισο με ανοικτό λαιμό  |                    |
| Με κοντά μανίκια  | 0,5                |
| Με μακριά μανίκια   | 0,6                |
| Βαμβακερή φόρμα εργασίας, ελαφρύ εσώρουχο, βαμβακερό πουκάμισο και παντελόνι, σόλες απορρόφησης κραδασμών, κάλτσες και μπότες   | 0,7                |
| Τυπικό ελαφρύ κοστούμι εργασίας, παντελόνι (με χοντρό σακάκι)   | 1,0                |
| Τυπικό ελαφρύ κοστούμι εργασίας και βαμβακερό παλτό (παλτό εργαστηρίων)   | 1,5                |
| Βαριά Ευρωπαϊκή παραδοσιακή στολή εργασίας, μακρύ βαμβακερό εσώρουχο, μακρυμάνικο πουκάμισο, μάλλινες κάλτσες, παπούτσια, η στολή περιλαμβάνει παντελόνι, σακάκι και γιλέκο | 1,5 - 2,0          |

Σημείωση: Ένα μάλλινο πουλόβερ προσθέτει περίπου 0,3 έως 0,4 clo επιπλέον μόνωσης στο σύνολο του ιματισμού (McIntyre και Griffiths, 1975). Ο ιματισμός που γίνεται από υφάσματα που δεν αναπνέουν, όπως το νάιλον, θα προσθέσει μέχρι 0,6 clo στις τιμές που δίνονται πιο πάνω (Nevins, McNall, και Stolwijk, 1974). Μια γραβάτα μπορεί να προξενήσει τοπική δυσφορία αυξάνοντας την Icl σχεδόν στην τιμή 3 στο λαιμό (E. Kamon, 1973, Eastman Kodak Company).

$Icl = Rcl / 0,18$ , όπου Icl είναι η τιμή της μόνωσης του ιματισμού, σε μονάδες clo και Rcl είναι η συνολική αντίσταση μεταφοράς θερμότητας από το δέρμα στην εξωτερική επιφάνεια του ντυμένου σώματος, σε  $(^{\circ}C * m^2 * hr) / kcal$ . Για να εκφράσετε το Icl σε  $(^{\circ}C * m^2) / W$ , αλλάξτε τη σταθερά από 0,18 σε 0,16.

*Η στήλη 2 παρουσιάζει τις τιμές μόνωσης (Icl) σε μονάδες clo (ορίζονται στην υποσημείωση), διάφορων συνόλων ιματισμού που περιγράφονται στη στήλη 1. Η μόνωση αυξάνεται με την αύξηση του αριθμού των ενδυμάτων και με υφάσματα, όπως το μαλλί, τα οποία ενσωματώνουν ένα στρώμα αέρα. Τα τεχνητά υφάσματα συχνά έχουν υψηλότερες τιμές μόνωσης αλλά μπορεί να μην αναπνέουν. Η χαμηλή τους διαπερατότητα σε υγρασία μπορεί να περιορίσει τη χρησιμότητά τους επειδή παρουσιάζουν μείωση της εξατμιστικής ψύξης σε θερμά περιβάλλοντα και παγιδεύουν την υγρασία κοντά στο δέρμα σε ψυχρά περιβάλλοντα.*

Η χρήση τζάκετ, πουλόβερ και γαντιών για να αυξηθεί η άνεση σε ένα ψυχρό περιβάλλον μπορεί να



μην είναι πάντα εφικτή, όπως στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Όταν η διαδικασία παραγωγής απαιτεί από τον χειριστή να φορά συγκεκριμένη στολή, όπως σε εργασίες σε αποστειρωμένους θαλάμους, που μειώνει τις επιλογές για επιπρόσθετη μόνωση.
- Όταν ο πρόσθετος ιματισμός εμποδίζει τους βραχίονες, τα χέρια ή το σώμα και μειώνει το διαθέσιμο πεδίο της κίνησης για τις εργασίες που εκτελούνται.
- Όταν τα γάντια εμποδίζουν να εκτελεστεί μια λεπτή χειρωνακτική εργασία που απαιτεί και επιδεξιότητα.
- Όταν η δουλειά περιλαμβάνει περιόδους βαριάς εργασίας όπου προκαλείται εφίδρωση, η οποία μειώνει την ποιότητα της μόνωσης του πρόσθετου ιματισμού.

Στο ανώτερο όριο της ζώνης θερμικής άνεσης μπορεί να επιτευχθεί κάποια βελτίωση με τη χρήση χαλαρού ιματισμού και την απαλλαγή από τα μη απαραίτητα στρώματα. Ωστόσο, αυτή η επιλογή δεν είναι εφικτή στους ακόλουθους τύπους δραστηριοτήτων:

- Όταν πρέπει να φορεθεί ιματισμός αδιάβροχος, αλεξίπυρος, ή για την προστασία από χημικά.
- Όταν ο χειριστής εργάζεται γύρω από κινούμενα μέρη του εξοπλισμού, ο χαλαρός ιματισμός μπορεί να μπλεχτεί σε αυτά
- Όταν υπάρχει κανονισμός ιματισμού ως προστασία για το προϊόν ή ως τμήμα μιας επαγγελματικής απαίτησης, όπως τα λευκά σε ένα καθαρό δωμάτιο ή γραβάτα σε μερικά επαγγέλματα.

Επειδή οι δυνατότητες για αλλαγή των συνόλων ιματισμού μπορεί να περιοριστούν από παράγοντες έξω από τον έλεγχο των υπαλλήλων, η περιοχή θερμικής άνεσης στην εικόνα 4-1 προϋποθέτει ότι μπορεί να γίνουν αλλαγές στην μόνωση αλλά μόνο μέσα στην περιοχή από 0,6 έως 1,25 clo.

#### **(5) Φορτίο θερμότητας από ακτινοβολία**

Η διαφορά μεταξύ θερμοκρασίας ξηρού βολβού και της ένδειξης του θερμομέτρου ακτινοβολίας (μαύρης σφαίρας) καθορίζει το ποσό της θερμότητας από ακτινοβολία που υπάρχει σε έναν εργασιακό χώρο. Μερικές κοινές πηγές θερμότητας από ακτινοβολία είναι οι ακόλουθες:

- εξώθερμες χημικές αντιδράσεις σε δοχεία
- φούρνοι
- λαμπτήρες εκπομπής θερμικής ακτινοβολίας

- θερμάστρες με αντίσταση
- ο ήλιος
- φούρνοι για μαγείρεμα ή για ξήρανση

Στο ανώτερο όριο της ζώνης θερμικής άνεσης, η θερμότητα από ακτινοβολία προκαλεί δυσφορία, στο χαμηλότερο όριο αυξάνει την άνεση. Η τελευταία ιδιότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βελτιώσει την άνεση στα γραφεία ή στις περιοχές όπου γίνονται ελαφρές εργασίες όταν τοπικά ρεύματα ή ψυχροί τοίχοι και πατώματα κάνουν τις χειμερινές θερμοκρασίες στα κτήρια ενοχλητικές. Η επίδραση της θερμότητας από ακτινοβολία στην δυσφορία που συνδέεται με τις θερμοκρασίες πάνω από τη ζώνη άνεσης συζητείται αργότερα σε αυτό το κεφάλαιο.

### **(6) Επιφάνειες απώλειας θερμότητας**

Εκτός από τους πιο πάνω παράγοντες, οι επιφάνειες στον εργασιακό χώρο, όπως τα παράθυρα, οι τοίχοι με ανεπαρκή μόνωση και οι πλάκες του δαπέδου, χάνουν θερμότητα γρηγορότερα από τα άλλα μέρη του χώρου εργασίας του χειριστή και για αυτόν τον λόγο μπορεί να γίνουν μια πηγή δυσφορίας κοντά στα χαμηλότερα τμήματα της ζώνης θερμικής άνεσης (Emmerson, 1974 Nevins και Feyerherm, 1966). Αυτοί οι παράγοντες είναι μια συνήθης πηγή παραπόνων για δυσφορία από το κρύο στον εργασιακό χώρο όταν οι περιβαλλοντικές θερμοκρασίες ξηρού βολβού διατηρούνται στην περιοχή 18 έως 21 °C. Οι επιφάνειες από τις οποίες έχουμε απώλεια θερμότητας αυξάνουν την καθαρή απώλεια θερμότητας από το σώμα. Τα πόδια, οι βραχίονες ή τα χέρια είναι αυτά που συνήθως επηρεάζονται και αυτή η τοπική δυσφορία γίνεται αισθητή από τον χειριστή. Η ψυχρή επιφάνεια σε έναν εργασιακό χώρο στον οποίο γίνεται καθιστική εργασία οδηγεί επίσης στη σε διαβάθμιση της θερμοκρασίας μεταξύ του κεφαλιού και του επιπέδου των ποδιών μεγαλύτερη από 1,1 έως 1,7 °C. Αυτές οι διαφορές είναι ενοχλητικές για αυτούς που εργάζονται σε γραφεία ή γι' αυτούς που κάνουν ελαφριές εργασίες συναρμολόγησης και μπορούν να μειώσουν την παραγωγικότητα με το να τους αποσπάσουν την προσοχή. Η θερμοκρασία δωματίου πρέπει να αυξηθεί αισθητά για να ξεπεραστούν αυτές οι τοπικές δυσφορίες, έτσι είναι προτιμότερες οι μηχανολογικές αλλαγές. Τέτοιες αλλαγές περιλαμβάνουν τα εξής:

- Μόνωση των τοίχων και των περιοχών γύρω από τα πλαίσια των παραθύρων.
- Χρησιμοποίηση στα παράθυρα κουρτινών ή στοριών.
- Τοποθέτηση χαλιών ή άλλων μονωτικών επιφανειών επάνω από τις πλάκες των πατωμάτων.
- Διαρρύθμιση εκ νέου της περιοχής εργασίας για να μειωθεί η έκθεση στις επιφάνειες απώλειας θερμότητας.

Παραδείγματος χάριν, οι χώροι για τα γραφεία τοποθετούνται μερικές φορές σε κτήρια που

σχεδιάστηκαν για άλλους λόγους, όπως π.χ. για αποθήκες. Οι τοίχοι που δεν κατασκευάστηκαν απαραίτητως για προσεκτική ρύθμιση της εσωτερικής θερμοκρασίας γίνονται πρόβλημα κατά τη διάρκεια των ακραίων χειμερινών θερμοκρασιών. Η χρήση της πρόσθετης μόνωσης στους τοίχους συχνά μειώνει το πρόβλημα χωρίς απαίτηση για χρήση πρόσθετης ενέργειας και επιπλέον προκαλεί εξοικονόμηση. Στις περιοχές των γραφείων όπου δεσπόζουν μεγάλα παράθυρα, οι κουρτίνες ή τα στόρια μπορούν να μειώσουν τον αντίκτυπο των επιφανειών απώλειας θερμότητας στους ανθρώπους. Εντούτοις, πρέπει να ληφθεί προσοχή για να αποφευχθεί η διαταραχή της ροής του αέρα από τα θερμαντικά σώματα που τοποθετούνται κάτω από παράθυρα, γιατί μια μακριά κουρτίνα μπορεί να παγιδέψει τον ζεστό αέρα κοντά στο παράθυρο και να μην επιτρέψει σε αυτόν να φθάσει στο υπόλοιπο δωμάτιο.

#### 4.3 Η ζώνη δυσφορίας

Η δυσφορία δημιουργείται όταν οι φυσιολογικές αντιδράσεις του σώματος στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος και την υγρασία υπερβαίνουν τις συνηθισμένες ρυθμιστικές αντιδράσεις. Ο βαθμός δυσφορίας συσχετίζεται με το επίπεδο θερμοκρασίας στο δέρμα και το ποσό εφίδρωσης. Η δυσφορία αυξάνεται όταν καθένα απ' αυτά αυξάνεται στην ζέστη και όταν η θερμοκρασία του δέρματος μειώνεται και αυξάνεται το ρίγος στο ψύχος. Στη ζώνη δυσφορίας δεν πρέπει να εμφανιστούν κυκλοφοριακή κατάρρευση, εγκαύματα από την θερμότητα μέσω ακτινοβολίας, βαριάς μορφής ρίγος ή κρυοπαγήματα. Είναι πιο πιθανό να εμφανιστούν όταν η θερμοκρασία και η υγρασία περιβάλλοντος είναι στις "μη συνιστώμενες" περιοχές του πίνακα 4-4.

**Πίνακας 4-4. Μέγιστα συνιστώμενα φορτία εργασίας, ζώνη θερμικής δυσφορίας**

| Μέγιστο συνιστώμενο φορτίο εργασίας |                 |     |     |     |
|-------------------------------------|-----------------|-----|-----|-----|
| Θερμοκρασία περιβάλλοντος           | Σχετική υγρασία |     |     |     |
|                                     | 20%             | 40% | 60% | 80% |
| 27                                  | VH              | VH  | VH  | H   |
| 32                                  | VH              | H   | M   | L   |
| 38                                  | H               | M   | L   | NR  |
| 43                                  | M               | L   | NR  | NR  |
| 49                                  | L               | NR  | NR  | NR  |

Σημείωση: Οι υποθέσεις περιλαμβάνουν συνεχή έκθεση για 2 ώρες, μόνωση 0,6 clo, ταχύτητα αέρα μικρότερη από 0,5 m/sec. Τα μεγαλύτερα φορτία εργασίας μπορούν να διατηρούνται για μικρότερες χρονικές περιόδους εργασίας. Για περισσότερες πληροφορίες βλέπε την εικόνα 4-3.

Ορισμοί των συντομεύσεων για τα φορτία εργασίας:

VH = πολύ βαρύ, 350-420 W (300-360 kcal/hr)

H = βαρύ, 280-350 W (240-300 kcal/hr)

M = μέτριο, 140-280 W (120-240 kcal/hr),

L = ελαφρύ, λιγότερο από 140 W (120 kcal/hr),

NR = δεν συστήνεται για 2 ώρες συνεχούς έκθεσης.

*Τα συνιστώμενα μέγιστα φορτία εργασίας για διάφορους συνδυασμούς σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας περιβάλλοντος (στήλη 1) παρουσιάζονται στις στήλες 2 έως 5. Οι συντομεύσεις (VH, H, M, L και NR) ορίζονται στην υποσημείωση. Μετέπειτα σε τμήμα του πίνακα 4-5 παρατίθεται ένας κατάλογος εργασιών για κάθε μια από τις κατηγορίες προσπάθειας. Αυτές οι οδηγίες είναι βασισμένες σε διορθωμένες πραγματικές θερμοκρασίες (CETs) 30.2, 27.4 και 26.9 °C για ελαφριά, μέτρια και βαριά φορτία εργασίας, αντίστοιχα. Εάν υπάρχει θερμότητα από ακτινοβολία, η ένδειξη του θερμομέτρου ακτινοβολίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος. Ταχύτητες του αέρα μεγαλύτερες από 0,5 m/sec επιτρέπουν σε κάθε περίπτωση να γίνουν πιο βαριές εργασίες. Πιο βαριά εργασία είναι επίσης δυνατή για συνεχόμενες εκθέσεις πιο σύντομες από 2 ώρες (βλ παρακάτω τον πίνακα 4-7).*

Οι περισσότερες βιομηχανικές εκθέσεις στην θερμότητα και στο ψύχος είναι μεταξύ των ζωνών άνεσης και δυσφορίας. Αν και ένα πρόσωπο μπορεί να ανεχτεί την δυσφορία σε μια εργασία, μπορεί όμως να μειωθεί η παραγωγικότητα και να προκληθούν, στους ευαίσθητους ανθρώπους, ανεπιθύμητες φυσιολογικές αντιδράσεις, όπως ναυτία, ίλιγγος, κόπωση ή απώλεια της ευελιξίας των δάχτυλων. Πιο κάτω συζητούνται επεμβάσεις για την αύξηση της άνεσης.

#### **α. Οδηγίες για αποδεκτές εκθέσεις σε θερμότητα στη ζώνη δυσφορίας**

Ο πίνακας 4-4 δίνει τα μέγιστα συνιστώμενα φορτία εργασίας για διάφορους συνδυασμούς θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας περιβάλλοντος στη ζώνη θερμικής δυσφορίας. Οι ακόλουθες υποθέσεις έχουν γίνει για την ανάπτυξη αυτών των οδηγιών:

- Οι άνθρωποι που εργάζονται στην περιοχή θα έχουν μερικό, αλλά όχι πλήρη εγκλιματισμό στις συνθήκες.
- Τα όρια καθορίζονται για συνεχόμενες εκθέσεις διάρκειας δυο ωρών. Οι ακόλουθοι παράγοντες περιορίζουν το μέγιστο συνιστώμενο φορτίο εργασίας:

Το ποσό ιδρώτα του ατόμου δεν πρέπει να υπερβεί τα 2 λίτρα (L), κατά τη διάρκεια της περιόδου έκθεσης (Kamon, 1975).

Ο ρυθμός εφίδρωσης δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 60 % του μέγιστου (Belding, 1970 Belding και Hatch, 1955).

- Η μόνωση του ιματισμού είναι 0,6 clo.
- Η ταχύτητα του αέρα είναι μικρότερη από 0,5 m/sec.
- Εάν είναι παρούσα θερμότητα από ακτινοβολία, πρέπει να χρησιμοποιηθεί η ανάγνωση της ένδειξης του θερμομέτρου σφαίρας αντί αυτής του ξηρού βολβού για να καθορίσει το επίπεδο της θερμοκρασίας περιβάλλοντος (Leithead και Lind, 1964).

Η αύξηση της σχετικής υγρασίας μειώνει τη δυνατότητα ενός ατόμου να αποβάλλει θερμότητα με τον ιδρώτα (μειώνονται τα μέγιστα που ορίζονται στον πίνακα 4-1), έτσι η εργασία μπορεί να διατηρηθεί για μια περίοδο μικρότερη των δυο ωρών. Η αύξηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος ή του ποσού της θερμότητας από ακτινοβολία θα μειώσει το ποσό της θερμότητας που μπορεί να αποβληθεί από το σώμα με ακτινοβολία και επαγωγή, που με τη σειρά του, μειώνει το συνιστώμενο φορτίο εργασίας για μια δεδομένη τιμή υγρασίας. Οι οδηγίες του πίνακα 4-4 έχουν απλοποιηθεί και προέρχονται από την καθιέρωση των μέγιστων ορίων της διορθωμένης πραγματικής θερμοκρασίας για κάθε φορτίο εργασίας (Lind, 1963). Η θερμοκρασία υγρού βολβού για κάθε τιμή της ένδειξης του θερμομέτρου ακτινοβολίας ή της θερμοκρασίας ξηρού βολβού διαβάστηκε από το νομογράφημα της διορθωμένης πραγματικής θερμοκρασίας (Hertig, 1973)

Η εφίδρωση σε συνδυασμό με την δυσφορία που οφείλεται στη θερμότητα μπορεί να συμβάλει στην δημιουργία επισφαλών καταστάσεων στον εργασιακό χώρο, όπως οι ακόλουθες:

- Υγρά χέρια τα οποία κάνουν πιο δύσκολο το κράτημα διαφόρων αντικειμένων καθώς επίσης και χειριστηρίων. Αυτό αυξάνει την πιθανότητα απώλειας του έλεγχου ενός εργαλείου ή ενός φορτίου.
- Υγρά πατώματα ή επιφάνειες εργασίας, που δημιουργούνται από ανθρώπους που εργάζονται σε ένα θερμό και υγρό περιβάλλον, με αποτέλεσμα να διαποτίζεται ο ιματισμός τους και να αφήνουν γύρω τους περιοχές με υγρά κατάλοιπα, με συνέπεια να αυξάνεται το ενδεχόμενο ολίσθησης.
- Ο ιδρώτας στα μάτια, που έχει ως αποτέλεσμα των ερεθισμό των ματιών και κάποια οπτική παρεμβολή με την εργασία, το οποίο θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια επισφαλή ενέργεια.
- Μειωμένη αντίσταση του δέρματος, με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η ευπάθεια του ατόμου στην ηλεκτροπληξία.

### ***β. Οδηγίες για αποδεκτές εκθέσεις σε ψύχος στην ζώνη δυσφορίας***

Η δυνατότητα του σώματος να αντισταθμίζει την απώλεια θερμότητας είναι μικρότερη από τη δυνατότητά του να υποφέρει την αύξηση της θερμότητας. Καθώς η θερμοκρασία περιβάλλοντος

πέφτει, η δυσφορία από το ψύχος αυξάνεται γρήγορα, ακόμα και όταν φοράμε περισσότερα ρούχα. Η μόνωση του ιματισμού επιβραδύνει την πτώση της θερμοκρασίας του δέρματος κάτω από τους 32,8 °C κατά τη διάρκεια μιας ελαφριάς εργασίας σε ψυχρό περιβάλλον και μειώνει την απώλεια της θερμότητας λόγω επαγωγής σε υψηλές ταχύτητες αέρα. Το ρίγος εμφανίζεται όταν η θερμοκρασία του δέρματος φτάσει περίπου στους 30° C και αυτό επηρεάζει επί πλέον την δυσφορία του εργαζόμενου. Η ακόλουθη εξίσωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλέψει τις απαιτήσεις για μόνωση των ανθρώπων που εργάζονται σε ψυχρά περιβάλλοντα με υψηλές ταχύτητες αέρα (Belding, 1973):

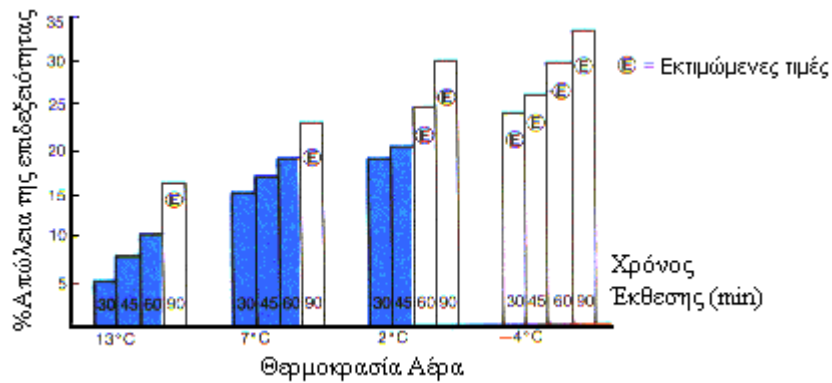
$$I_{cl} = 5.55 \frac{T_{sk} - T_a}{0.75M}$$

όπου  $I_{cl}$  είναι ο παράγοντας της μόνωσης του ιματισμού, όπως ορίζεται στον πίνακα 4-3.  $T_{sk}$  είναι θερμοκρασία του δέρματος σε °C.  $T_a$  είναι η θερμοκρασία ξηρού βολβού περιβάλλοντος σε °C και  $M$  είναι το μεταβολικό φορτίο εργασίας, σε kcal / m<sup>2</sup>\*hr.

Δεδομένου ότι δεν είναι πάντα δυνατό να προσαρμοστεί ο ιματισμός για να γίνει υποφερτό το ψύχος, μπορεί να καθοριστεί μια τιμή  $I_{cl}$  και να λυθεί αυτή η εξίσωση για οποιαδήποτε από τις άλλες μεταβλητές. Αυτή η τεχνική δίνει έναν τρόπο προσέγγισης των θερμικών ορίων της ζώνης δυσφορίας για το ψύχος. Παραδείγματος χάριν, ένα άτομο που κάνει ελαφριά εργασία και φορά μόνωση ίση με 1,25 clo θα υφίσταται κάποια δυσφορία ( $T_{sk} \leq 32,7$  °C) σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 21,7 °C και πιο έντονη δυσφορία ( $T_{sk}=25$  °C) στους 14 °C. Επειδή αυτή η εξίσωση είναι βασισμένη σε μελέτες όπου οι ταχύτητες αέρα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν επάνω από 1,5 m/sec, οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος θα είναι λιγότερο ψυχρές από εκείνες που θα μπορούσαν να γίνουν ανεκτές σε πιο ήπιες συνθήκες.

Η τοπική δυσφορία από ψύχος, πιο συχνά στα χέρια, τα πόδια και στο πρόσωπο, είναι συνήθως η σημαντικότερη αιτία για παράπονα στην ζώνη δυσφορίας ψύχους. Στα χέρια κατά τη διάρκεια μερικών ωρών έκθεσης αρχίζει να παρουσιάζεται κάποια απώλεια στην ευελιξία και στην δυνατότητα για επιδέξιους χειρισμούς σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος ξηρού βολβού 15,5 °C. Η εικόνα 4-2 επεξηγεί τα αποτελέσματα στην επίδοση λόγω ψύχους ως συνάρτηση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και της διάρκειας της έκθεσης. Μια μείωση 20 % στην επίδοση δεν είναι ασυνήθιστη για τις χειρωνακτικές εργασίες για θερμοκρασίες περιβάλλοντος ξηρού βολβού κάτω από 7 °C.

**Εικόνα 4-2: Η επίδραση του ψύχους στην επίδοση των χειρωνακτικών εργασιών**



Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έκθεσης σε τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασίες περιβάλλοντος ξηρού βολβού, - 4, 2, 7 και 13 °C στην επίδοση των ανθρώπων σε μια μετρίως δύσκολη χειρωνακτική εργασία συναρμολόγησης. Η ταχύτητα του αέρα ήταν χαμηλή έως μέτρια, όμοια με τα επίπεδα στο εσωτερικό των κτηρίων ή έξω στο ύπαιθρο κατά την διάρκεια μιας ήρεμης ημέρας. Η επίδοση σε ψυχρές συνθήκες (παρουσιάζεται σε τέσσερις ομάδες ραβδωτών διαγραμμάτων στον οριζόντιο άξονα) εκφράζεται σε ποσοστό της απώλειας της επιδεξιότητας (στον κατακόρυφο άξονα) σε σύγκριση με την επίδοση για την ίδια εργασία σε περιβάλλον με θερμοκρασία 22 °C . Για κάθε συνθήκη ψύχους υπάρχουν τέσσερις ράβδοι, που παριστάνουν 30, 45, 60 και 90 λεπτά έκθεσης. Με την αύξηση του χρόνου έκθεσης και του ψύχους, αυξάνεται και η απώλεια της επιδεξιότητας, με τον όρο ότι τα χέρια δεν μπαίνουν στις τσέπες για να ζεσταθούν στο ενδιάμεσο διάστημα μεταξύ των εργασιών.

### γ. Τεχνικές για τη μείωση της δυσφορίας στις θερμές και στις ψυχρές ζώνες δυσφορίας

Μεταβάλλοντας έναν από του όρους, θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα αέρα, φορτίο εργασίας, μόνωση ιματισμού και το φορτίο της θερμότητας από ακτινοβολία, μπορούμε να βελτιώσουμε την άνεση μέσα στη ζώνη δυσφορίας. Παρόμοιες τεχνικές, όπως επίσης και η μείωση της διάρκειας έκθεσης χρησιμοποιούνται για να επαναφέρουν τις ακραίες εκθέσεις σε ψύχος και θερμότητα μέσα στην ζώνη δυσφορίας.

#### (1) Δυσφορία από την θερμότητα

##### (α) Μειώστε τη θερμοκρασία

Εάν η θερμοκρασία μπορεί να μειωθεί έτσι ώστε να ταιριάζει με τις απαιτήσεις του φορτίου εργασίας και της σχετικής υγρασίας όπως φαίνεται στον πίνακα 4-4, θα υπάρξει λιγότερος κίνδυνος

για δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία ως αποτέλεσμα της εργασίας σε θερμό περιβάλλον. Σε ορισμένα περιβάλλοντα η μείωση της υγρασίας και της θερμότητας από ακτινοβολία μπορεί να είναι αποτελεσματικότερες από την απλή ψύξη, όπως στις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Περιοχές όπου μεγάλες ποσότητες αέρα εναλλάσσονται ανά ώρα, συνήθως ως μέρος μιας διαδικασίας ελέγχου σε χημική έκθεση.
- Περιοχές όπου μια πηγή ακτινοβολίας θερμότητας, όπως μια μεγάλη μεταλλική επιφάνεια του δοχείου ενός αντιδραστήρα ή μιας μηχανής, παρέχει το αρχικό φορτίο θερμότητας,.
- Συγκεκριμένες περιοχές όπου εμφανίζεται υψηλή υγρασία, όπως σε μερικές διαδικασίες χημικής παρασκευής ή καθαρισμού όπου η υγρασία μπορεί να ελεγχθεί τοπικά.

Σε κάθε περίπτωση η απόφαση για να μειώσει τη θερμοκρασία ή τροποποίησης μιας από τις άλλες μεταβλητές πρέπει να ληφθεί αφού έχει αξιολογηθεί κάθε μια από τις εναλλακτικές λύσεις για την αποτελεσματικότητα της.

#### **(β) Μειώστε την υγρασία**

Το επίπεδο της δυσφορίας από την θερμότητα επηρεάζεται έντονα από το επίπεδο της υγρασίας, επειδή η σημαντικότερη διαδρομή για να χάσει το σώμα την επιπρόσθετη θερμότητα έξω από τη ζώνη άνεσης είναι από την εξάτμιση του ιδρώτα από το δέρμα. Η εξάτμιση του ιδρώτα μπορεί να λάβει χώρα μόνο εάν η πίεση των υδρατμών του δέρματος είναι υψηλότερη από την πίεση των υδρατμών στον αέρα περιβάλλοντος. Καθώς αυξάνεται η υγρασία, μειώνεται η διαφορά μεταξύ δέρματος και αέρα και κατά συνέπεια οι απώλειες θερμότητας από εξάτμιση. Αυτό το αποτέλεσμα μπορεί να παρατηρηθεί στον πίνακα 4-4 στον οποίο τα μέγιστα συνιστώμενα φορτία εργασίας μειώνονται γρήγορα με την αύξηση της υγρασίας, ιδιαίτερα σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος επάνω από 32 °C.

Εάν μπορεί να μειωθεί η υγρασία σε μια περιοχή, τότε μπορεί να γίνουν υποφερτές υψηλότερες περιβαλλοντικές θερμοκρασίες ξηρού βολβού χωρίς σοβαρή δυσφορία ή πιθανούς κινδύνους για την υγεία. Οι υδρατμοί στον αέρα μπορεί να αφαιρεθούν στην πλευρά του αεραγωγού εισαγωγής του συστήματος εξαερισμού ή με τη χρησιμοποίηση ενός αφυγραντή στην περιοχή εργασίας. Το εάν η κάθε προσέγγιση είναι εφικτή θα εξαρτηθεί από το μέγεθος της περιοχής εργασίας, τις απαιτήσεις εξαερισμού (αριθμός εναλλαγών αέρα ανά ώρα) και της σοβαρότητας του προβλήματος ζέστης και υγρασίας.

#### **(γ) Αυξήστε την ταχύτητα του αέρα**



Για θερμοκρασίες ξηρού βολβού πάνω από 25 °C, αυξήστε την ταχύτητα του αέρα στον εργασιακό χώρο για να βελτιωθεί η άνεση με την αύξηση των απωλειών θερμότητας από το σώμα με επαγωγή και εξάτμιση (βλ. πίνακα 4-1). Όταν οι θερμοκρασίες περιβάλλοντος ανεβαίνουν πάνω από τους 35 °C, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα μπορεί να είναι λιγότερο αποτελεσματική στην δημιουργία άνετου περιβάλλοντος, ειδικά εάν η σχετική υγρασία είναι υψηλή (>70 %). Η αποτελεσματικότητα της ταχύτητας του αέρα στην αύξηση της απώλειας θερμότητας φθάνει σε μια περιοχή κορεσμού περίπου στα 2 m/sec για τις μέτριες έως βαριές καταστάσεις εργασίας (Kamon και Avellini, 1979).

Μπορεί να υπάρξουν καταστάσεις στις οποίες η ταχύτητα του αέρα δεν γίνεται να αυξηθεί αρκετά έτσι ώστε να βελτιώσει την άνεση σε έναν εργασιακό χώρο, όπως οι ακόλουθες:

- Οι υψηλές ταχύτητες αέρα μπορεί να κινητοποιήσουν κονιορτό ή χημικές σκόνες που βρίσκονται στον εργασιακό χώρο, όπως σε περιοχές χημικής ξήρανσης.
- Οι ανεμιστήρες μπορεί να μην έχουν την ικανότητα να φθάσουν σε συγκεκριμένες περιοχές εργασίας όπου λαμβάνει χώρα η έκθεση στην θερμότητα, όπως σε εργασίες συντήρησης που εκτελούνται μέσα στα μηχανήματα παραγωγής.
- Οι υψηλές ταχύτητες αέρα μπορεί να επιφέρουν αναστάτωση στην εργασία με το φύσημα διαφόρων εγγράφων από την επιφάνεια εργασίας.

Στον πίνακα 4-4 υποτίθεται πως η ταχύτητα του αέρα είναι μικρότερη από 0,5 m/sec. Εάν η ταχύτητα του αέρα αυξάνεται, τα μέγιστα συνιστώμενα φορτία εργασίας, σε τιμές σχετικής υγρασίας κάτω από το 80 %, μπορούν να αυξηθούν κατά ένα βήμα.

#### **(δ) Μειώστε το φορτίο εργασίας**

Εάν είναι δύσκολο να βελτιωθούν οι συνθήκες ανταλλαγής θερμότητας μέσω αλλαγών στην υγρασία ή στην ταχύτητα του αέρα, οι άνθρωποι τείνουν να μειώσουν την δυσφορία με την αλλαγή του φορτίου της εργασίας τους. Αυτό το κάνουν με την επιβράδυνση του ρυθμού με τον οποίο γίνονται οι εργασίες ή με την αύξηση του αριθμού των διαλειμμάτων κατά τη διάρκεια των οποίων μπορούν να απομακρυνθούν από το θερμό και υγρό περιβάλλον. Τα περισσότερα από τα αποτελέσματα της θερμικής δυσφορίας στην παραγωγικότητα δεν φαίνονται διότι τα πρότυπα ποσοστά παραγωγής έχουν καθιερωθεί για ζεστή ατμόσφαιρα και ήδη απεικονίζουν τις απαραίτητες ρυθμίσεις του φορτίου εργασίας. Η βελτίωση των θερμικών συνθηκών σε έναν εργασιακό χώρο οδηγεί, σχεδόν χωρίς καμία εξαίρεση, σε αύξηση της παραγωγικότητας εάν οι μόνοι περιοριστικοί παράγοντες για την παραγωγή είναι οι άνθρωποι (Mackworth, 1946 Tichauer, 1962 Vernon και Bedford, 1927).

Στις περισσότερες περιπτώσεις η μείωση του φορτίου εργασίας γίνεται μεμονωμένα από κάθε

εργαζόμενο σαν αντίδραση ανάλογα με το προσωπικό του επίπεδο δυσφορίας. Όπου τον ρυθμό στην λειτουργία τον δίνει μια μηχανή ή άλλος εξωτερικός παράγοντας και υπάρχει μικρότερο περιθώριο για ατομικές ρυθμίσεις των φορτίων εργασίας, ίσως είναι απαραίτητο να ξανασχεδιαστούν οι απαιτήσεις της εργασίας. Παραδείγματος χάριν, η απαίτηση από έναν συναρμολογητή σωλήνων να κρατήσει έναν σωλήνα ή έναν κατακόρυφο αγωγό για λίγα λεπτά σε ένα θερμό περιβάλλον είναι και αρκετά στρεσογόνα. Για να μειωθεί η μυϊκή εργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα βοήθημα υποστήριξης.

Με την αύξηση των φορτίων εργασίας, παράγεται περισσότερη θερμότητα στο σώμα και αυξάνονται οι απαιτήσεις από την κυκλοφορία για να απομακρυνθεί αυτή η θερμότητα ώστε να κρατήσει το σώμα σταθερή την εσωτερική του θερμοκρασία. Με την αύξηση της θερμοκρασίας έξω από το σώμα, πρέπει να αυξηθεί και η εφίδρωση για να διασφαλιστεί η απώλεια θερμότητας από εξάτμιση. Η καθαρή επίδραση της θερμοκρασίας περιβάλλοντος στην καρδιαγγειακή πίεση που βιώνεται από ένα άτομο που εργάζεται στη ζέστη μπορεί να περιγραφεί με βάση την εργασιακή ικανότητα. Σε θερμοκρασίες μεταξύ 24 και 40 °C, για κάθε 1,0 °C άνοδο της θερμοκρασίας περιβάλλοντος αυξάνεται η φυσιολογική πίεση ισοδύναμα με το 1 % της μέγιστης ικανότητας εργασίας. Αυτή η αύξηση της πίεσης μπορεί να φανεί με αύξηση του ρυθμού των καρδιακών παλμών. Επομένως μια εργασία που απαιτεί το 25 % της μέγιστης ικανότητας εργασίας στους 24 °C μπορεί να εξαναγκάσει το σύστημα με ένα φορτίο εργασίας ισοδύναμο με 36 % του μεγίστου φορτίου στους 35 °C θερμοκρασίας περιβάλλοντος (Kamon, 1975).

Ο πίνακας 4-5 δίνει τις ενεργειακές απαιτήσεις διάφορων βιομηχανικών εργασιών. Οι πραγματικές απαιτήσεις κάθε εργασίας ποικίλουν ανάλογα με : την επιδεξιότητα και την φυσική κατάσταση του ατόμου που εκτελεί την εκάστοτε εργασία, το μέγεθος και το βάρος των αντικειμένων που χειρίζεται, την πίεση της παραγωγής, και τις πολιτικές της διοίκησης σε σχέση με τα επιτρεπόμενα διαλείμματα αποκατάστασης των ατόμων. Ωστόσο με αυτές τις προσεγγίσεις, μπορούν να προσδιοριστούν κάποιες από τις λιγότερο απαιτητικές εργασίες στις οποίες μπορεί να τοποθετηθεί ένα άτομο προκειμένου να ανακτήσει τις δυνάμεις του από τη βαρύτερη εργασία στη ζέστη.

#### **Πίνακας 4-5. Απαιτήσεις μεταβολισμού των βιομηχανικών εργασιών\***

|                         |   |
|-------------------------|---|
| <b>Ελαφριά</b>          | 70-140 W<br>(60-120 kcal/hr)<br>συναρμολόγηση μικρών τεμαχίων,<br>δακτυλογράφηση κτύπημα πλήκτρων<br>επιθεώρηση<br>της λειτουργίας φρέζας<br>σχεδίαση<br>τύλιγμα οπλισμού<br>στοιχειοθεσία με τα χέρια<br>λειτουργία διατηρητικής πρέσας<br>εργασία γραφείου τελείωμα μικρών κομματιών  |
| <b>Μέτρια</b>           | >140-280 W<br>(>120—240 kcal/hr)<br>βιομηχανικό ράψιμο<br>εργασία σε πάγκους λιμάρισμα<br>συσκευασία μικρού μεγέθους<br>λειτουργία τόννου<br>λειτουργία πρέσας μεσαίου μεγέθους μηχανολογική κατεργασία<br>εργασία με μικρού μεγέθους μεταλλικά φύλλα<br>δοκιμή ηλεκτρονικών χύτευση πλαστικών<br>λειτουργία πρέσας<br>λειτουργία γερανού<br>τοποθέτησης πέτρας και τούβλων<br>ταξινόμηση μεταλλικών απορριμμάτων |
| <b>Βαριά</b>            | >280-350 W<br>(>240-300 kcal/hr)<br>παραγωγή τσιμέντου<br>βιομηχανικός καθαρισμός<br>συνένωση πατώματος<br>σοβάντισμα<br>λειτουργία φορητών διακίνηση ελαφρών κιβωτιών από και προς μια παλέτα<br>οδική επίστρωση<br>χρωματισμός<br>χύτευση μετάλλων<br>κοπή ή στοιβασία ακρήστων<br>συσκευασία μεγάλου μεγέθους  |
| <b>Πολύ Βαριά</b>       | >350-420 W<br>(>300-360 kcal/hr)<br>φτυάρισμα (>7 kg)<br>σκάψιμο τάφρων εξόρυξη και φόρτωση άνθρακα<br>διακίνηση μετρίου βάρους (> 7kg) κιβωτιών από και προς μια παλέτα<br>φύτευση δέντρων<br>διακίνηση βαρέων (>11 kg) αντικειμένων με συχνότητα μεγαλύτερη από 4 το λεπτό  |
| <b>Εξαιρετικά βαριά</b> | >420 W<br>(>360 kcal/hr)<br>τροφοδότηση ενός φούρνου ανάβαση σκάλας<br>εκφόρτωση του άνθρακα<br>ανύψωση κιβωτιών των 20kg με συχνότητα 10 φορές ανά λεπτό   |

\* Οι τιμές που δίνονται περιλαμβάνουν τον βασικό μεταβολισμό.

*Οι διάφορες βιομηχανικές εργασίες παρατίθενται σύμφωνα με τις μέσες ενεργειακές απαιτήσεις τους, που κυμαίνονται από ελαφριές (γραμμή 1) έως εξαιρετικά βαριές (γραμμή 5) εργασίες. Η διακύμανση των ενεργειακών δαπανών παρουσιάζεται στην κορυφή κάθε στήλης, σε W και σε kcal / hr . Οι εργασίες που ανήκουν στις κατηγορίες ελαφριάς και μέτριας προσπάθειας (γραμμές 1 και 2) μπορούν να γίνουν συνεχόμενα για οκτώ ώρες. Οι*

*βαριές και οι εξαιρετικά βαριές εργασίες (γραμμές 3-5) συνήθως εναλλάσσονται με καθιστικές εργασίες γραφείου ή με εφεδρικές δραστηριότητες.*

Όσο πιο βαριά είναι μια εργασία και εάν το άτομο έχει τον έλεγχο του φορτίου εργασίας τόσο συντομότερη πρέπει να είναι η διάρκεια της εκτέλεσης της. Για παράδειγμα η συνήθης περίοδος συνεχούς εργασίας με φυσική προσπάθεια 420 W (360 kcal/hr) είναι περίπου τα 15 λεπτά.

#### **(ε) Προσαρμόστε τον ιματισμό**

Η ευπρέπεια περιορίζει το βαθμό στον οποίο μπορούν να γίνουν προσαρμογές του ιματισμού σε έναν θερμό εργασιακό χώρο. Εκτός από εκείνες τις αλλαγές στον ιματισμό που υποδεικνύονται πιο πάνω στις συζητήσεις για την θερμική άνεση, υπάρχουν ειδικά κοστούμια και σακάκια σχεδιασμένα με σκοπό να βελτιώσουν την άνεση και να μειώσουν τον κίνδυνο επιπτώσεων στην υγεία μέσα στα θερμά περιβάλλοντα. Τα δύο συνηθέστερα χρησιμοποιημένα αντικείμενα είναι τα γιλέκα πάγου (ice vests) (Kamon, 1980) και οι στολές που ψύχονται με ρεύματα αέρα (Vortex Suit Cooling) (Raven, Dodson και Davis, 1979).

Το γιλέκο πάγου χρησιμοποιεί θυλάκια με πάγο ή παγωμένο τζελ για να αυξήσει την διαφορά θερμοκρασίας για απώλεια θερμότητας από τον κορμό του εργαζομένου. Αυτό εμποδίζει την γρήγορη αύξηση της εσωτερικής θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια των εκθέσεων σε υψηλή θερμότητα. Σε χαμηλότερα επίπεδα θερμότητας όπου απαιτούνται μέτριες προς βαριές εργασίες, τα γιλέκα πάγου αυξάνουν την άνεση και μειώνουν το φορτίο στο μηχανισμό εφίδρωσης του σώματος. Μπορεί επομένως να επιμηκυνθεί το χρονικό διάστημα, που ένα άτομο μπορεί να εργαστεί στη θερμότητα. Το ποσό του προστιθέμενου χρόνου εργασίας ποικίλει ανάλογα με το φορτίο εργασίας, τον τύπο της θερμότητας και τον τρόπο της έκθεσης. Στην εικόνα 4-3 παρουσιάζεται ένα γιλέκο πάγου που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε μια εργασία συντήρησης.



ΓΙΛΕΚΟ VORTEX ΜΕ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ CRYOPACK  
(Cryopak technology)



ΚΥΨΕΛΕΣ  
ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΥΓΡΟΥ ΟΙ  
ΟΠΟΙΕΣ ΤΟΠΟΘΕΤΟΥΝΤΑΙ  
ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΓΙΛΕΚΟ

**Εικ. 4-3α. Γιλέκο πάγου για τη βελτίωση της απώλειας θερμότητας σε ζεστά περιβάλλοντα**

Το γιλέκο πάγου φοριέται επάνω από μια φανέλα ή μπλούζα και κάτω από το σακάκι για να παρέχει μια κρύα επένδυση για τη θερμότητα του σώματος κατά τη διάρκεια της εργασίας σε περιβάλλον με υψηλή θερμότητα. Το γιλέκο περιέχει πολλές μικρές τσέπες στις οποίες συγκρατείται το παγωμένο υγρό (2<sup>η</sup> φωτογραφία). Αυτές οι τσέπες πάγου κρατούν τη θερμοκρασία του κορμού χαμηλή και επιτρέπουν στην υπερβολική θερμότητα να φύγει από το σώμα με τη διευκόλυνση της απώλειας θερμότητας με αγωγή.

Μερικά γιλέκα αυτού του τύπου μπορούν να περιορίσουν τις κινήσεις του κορμού και να είναι ακατάλληλα για ορισμένες διαδικασίες συντήρησης όπου συχνά μπορεί να λάβουν χώρα «άβολες» στάσεις. Τα νέα γιλέκα είναι σχεδιασμένα έτσι ώστε να μειώνουν τις παρεμβολές στις κινήσεις και να επιτρέπουν τη τοποθέτηση των πακέτων του πάγου έτσι ώστε να υπάρχει ευελιξία σύμφωνα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε εργασίας.

**Εικ. 4-3β. Στο διάγραμμα φαίνονται τα χαρακτηριστικά των γιλέκων πάγων με κυψέλες τεχνολογίας Cryopak και των απλών γιλέκων με Gel**



Όπου είναι απαραίτητη ολόσωμη προστασία ενάντια στα υψηλά επίπεδα θερμότητας (συνήθως έξω από τη ζώνη δυσφορίας αλλά και μερικές φορές στο ανώτερο όριο της), χρησιμοποιούνται με επιτυχία οι στολές με ρεύμα αέρα. Στην εικόνα 4-4 φαίνεται μια στολή ρεύματος αέρα, η οποία χρησιμοποιεί κρύο αέρα για να αυξήσει την άνεση του ατόμου χαμηλώνοντας τη θερμοκρασία του δέρματος.

Οι στολές ρεύματος αέρα δεν είναι κατάλληλες για εργασίες στις οποίες απαιτείται μεγάλη κινητικότητα επειδή περιορίζονται οι κινήσεις μέσα στη στολή και μέσω του σωλήνα του συστήματος παροχής αέρα. Είναι χρήσιμες σε μερικές δραστηριότητες συντήρησης όπου εργασίες, όπως το λιμάρισμα και η λείανση, γίνονται σε για μεγάλο χρονικό διάστημα σε όρθια στάση στην ίδια θέση.

Σε χημικές διεργασίες όπου φοριούνται υφάσματα με χαμηλή διαπερατότητα για να προστατεύσουν τον εργαζόμενο από χημική επαφή, λόγω της μειωμένης απώλειας θερμότητας από εξάτμιση θα αυξηθεί το επίπεδο δυσφορίας του ατόμου όταν εργάζεται σε θερμά περιβάλλοντα. Εάν πρέπει να γίνει μια μετρίως βαριά ή βαριά εργασία ενώ το άτομο φορά προστατευτικό ιματισμό για την θερμότητα, πρέπει να παρέχονται συχνές περιόδους αποκατάστασης σε πιο δροσερές περιοχές έτσι ώστε να μπορεί να αποβληθεί η συσσωρευμένη θερμότητα (Mihal, 1981). Οι οδηγίες για τα μέγιστα φορτία εργασίας στον πίνακα 4-4 υποθέτουν μια μόνωση ιματισμού ίση με 0,6 clo. Εάν αυτή η τιμή μειωθεί στα 0,3 clo από την αφαίρεση μιας μπλούζας, για παράδειγμα, η ανταλλαγή θερμότητας θα βελτιωνόταν αρκετά ώστε να προστεθούν 2 °C στις θερμοκρασίες περιβάλλοντος στη στήλη 1 και να διατηρηθεί το ίδιο φορτίο εργασίας.



**Εικόνα 4-4α. Στολές ρεύματος αέρα για χρήση σε περιοχές με υψηλή θερμότητα**

Αυτές οι στολές ρεύματος αέρα καλύπτουν ολόκληρο το σώμα και έχουν επίσης μια κουκούλα για να καλύπτει το κεφάλι και το λαιμό. Ο ψυχρός αέρας περνάει στην στολή μέσω ενός σωλήνα που συνδέεται στην πλάτη. Ο αέρας αυξάνει την άνεση μειώνοντας την θερμοκρασία του δέρματος αυξάνοντας την θερμότητα από επαγωγή (εάν το άτομο ιδρώνει έχουμε και απώλεια θερμότητας με εξάτμιση). Μερικά ενδύματα, όπως τα σακάκια ρεύματος αέρα ή οι κουκούλες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν όταν η έκθεση στην θερμότητα περιορίζεται στο πάνω μέρος του σώματος.



**Εικόνα 4-4β. Στολές ρεύματος αέρα για χρήση σε περιοχές με υψηλή θερμότητα**

#### **(δ) Εξασφαλίστε προστασία ενάντια στην θερμότητα από ακτινοβολία**

Η δυσφορία που παράγεται από την ακτινοβολία που προέρχεται από θερμές επιφάνειες μπορεί να μειωθεί με την τοποθέτηση προστατευτικού μέσου μεταξύ του ατόμου και της επιφάνειας (Εθνικό Συμβούλιο Ασφάλειας Η.Π.Α., 1972). Η προστασία αυτή μπορεί να επιτευχθεί με τη μόνωση της επιφάνειας μέσω της χρήσης αφρού ή παραγώγων πολυεστέρα πάνω στη μεταλλική επιφάνεια, με την τοποθέτηση ενός εμποδίου μεταξύ της επιφάνειας που εκπέμπει θερμική ακτινοβολία και του εργαζομένου (Lewis, Scherberger, και Miller, 1960) ή με το να έχει ο εργαζόμενος ρούχα που αντανακλούν την θερμότητα, όπως για παράδειγμα ένα σακάκι το οποίο εξωτερικά να είναι καλυμμένο με φύλλο αλουμινίου. Η τελευταία προσέγγιση δεν συστήνεται για εργασίες που απαιτείται μέτρια ή βαριά εργασία για μεγάλη διάρκεια έκθεσης επειδή η τιμή της μόνωσης του υαττισμού αποτρέπει την απώλεια θερμότητας με εξάτμιση. Μερικά αποτελεσματικά εμπόδια για την θερμότητα στον εργασιακό χώρο είναι οι αντανακλαστικές κουρτίνες από φύλλα αλουμινίου, κουρτίνες ύδατος και ξύλινα ή με υφασμάτινη κάλυψη σταθερά χωρίσματα.

Η επιλογή μεταξύ της επίστρωσης μιας επιφάνειας που εκπέμπει θερμική ακτινοβολία ή της χρησιμοποίησης προστατευτικής διάταξης και η απόφαση για το ποιου είδους προστασία θα χρησιμοποιηθεί, εξαρτάται από τις καταστάσεις που θα συναντήσουμε στην εργασία. Εάν ο εργαζόμενος πρέπει να έρθει σε επαφή με μια επιφάνεια που εκπέμπει ακτινοβολία για να κάνει την δουλειά του, η επίστρωση της επιφάνειας θα ήταν προτιμότερη από την χρησιμοποίηση μιας προστατευτικής διάταξης, δεν θα πρέπει να είναι πιθανό να συμβεί κάποιο έγκραμα στον εργαζόμενο (βλ. την συζήτηση σχετικά με τις θερμές επιφάνειες πιο κάτω).

#### **(ζ) Πρακτικές εργασίας για έκθεση σε θερμά περιβάλλοντα**

Μπορούν να επιτευχθούν αρκετά σημαντικές βελτιώσεις στην άνεση, εάν χρησιμοποιούνται οι τεχνικές που αναφέρθηκαν για την μείωση του φορτίου θερμότητας. Σε μερικούς εργασιακούς χώρους δεν είναι δυνατό να εξασφαλιστούν οι συνθήκες κοντά στη ζώνη άνεσης, ωστόσο, πρέπει να εφαρμοστούν άλλες πρακτικές εργασίας για να εξασφαλιστεί ότι οι πιο ευαίσθητοι άνθρωποι δεν θα υφίστανται προβλήματα υγείας σχετικά με την θερμότητα. Οι ακόλουθες πρακτικές έχουν φανεί αποτελεσματικές:

- Στους εργαζομένους πρέπει να διατίθεται μια πιο ψυχρή περιοχή στην οποία θα πηγαίνουν στα διαλείμματα από την εργασία. Αυτή η περιοχή είναι συχνά μια καφετέρια ή ένα δωμάτιο για διαλείμματα, αυτές τις ανάγκες μπορούν επίσης να τις ικανοποιούν δροσερές περιοχές ή μικροί ψυχόμενοι χώροι κοντά στον εργασιακό χώρο. Οι τεχνικές σημειακής ψύξης είναι υπό ανάπτυξη ως τρόποι εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς επίσης και βελτίωσης της άνεσης στους χώρους παραγωγής (Azer, 1981 Simms, Gillies, και Drury, 1977). Δεδομένου ότι αυτές



οι τοποθεσίες συνήθως έχουν αυξημένη ταχύτητα αέρα καθώς επίσης και πιο χαμηλές θερμοκρασίες, μπορεί να προκαλέσουν δυσφορία σε ένα άτομο που έχει ιδρώσει πάρα πολύ κατά τη διάρκεια της εργασίας του στη ζέστη. Η θερμοκρασία και η ταχύτητα του αέρα πρέπει να επιλεγούν έτσι ώστε να ελαχιστοποιήσουν αυτή την δυσφορία. Οι δροσερές περιοχές όπου γίνονται τα διαλείμματα δεν πρέπει να είναι τόσο ψυχρές ώστε να μειώνουν αρκετά την θερμοκρασία του δέρματος ώστε να σταματάει η λειτουργία του μηχανισμού εφίδρωσης. Θερμοκρασίες από 20 °C έως 23 °C συνήθως επαρκούν για να δροσίσουν το σώμα από την συσσωρευμένη θερμότητα.

- Στην περιοχή εργασίας πρέπει να παρέχεται πόσιμο νερό. Στην καφετέρια πρέπει να διατίθεται αλάτι για να χρησιμοποιείται στα τρόφιμα. Δεν συστήνεται η χρήση δισκίων αλατιού εκτός αν ελέγχεται αυστηρά η χρήση τους, δεδομένου ότι μπορεί να προκύψουν δυσμενή αποτελέσματα από τυχόν κατάχρησή τους.
- Οι εργαζόμενοι πρέπει να εκπαιδευθούν για να αναγνωρίζουν τα πρώτα σημάδια της θερμοπληξίας, όπως ζαλάδες ή ναυτία (Leithead και Lind, 1964), και να αποχωρήσουν από την θερμή περιοχή όταν αυτά εμφανιστούν. Πρέπει να είναι διαθέσιμη βοήθεια για να αντικατασταθεί το άτομο που πρέπει να κάνει διάλειμμα σε μια πιο δροσερή περιοχή.
- Στους ανθρώπους που είναι μακριά από μια εργασία στην ζέστη για τουλάχιστον μια εβδομάδα πρέπει να δοθεί επιπρόσθετος χρόνος για διαλείμματα επανάκτησης έως ότου εγκλιματιστούν στη θερμότητα (Givoni και Goldman, 1973).

## **(2) Δυσφορία από το ψύχος**

Το χαμηλότερο όριο της θερμοκρασίας στη ζώνη δυσφορίας θα επηρεαστεί από την ταχύτητα του αέρα, το φορτίο εργασίας, τη μόνωση του ιματισμού και την θερμότητα από ακτινοβολία. Αυξήσεις στην ταχύτητα του αέρα οδηγούν σε αύξηση της δυσφορίας, ενώ αύξηση στο φορτίο εργασίας και στο φορτίο θερμότητας από ακτινοβολία βελτιώνουν την άνεση στο κρύο. Ο επιπρόσθετος ιματισμός τελικά θα μειώσει την ευκινησία του εργαζομένου. Πιο κάτω συνοψίζονται τρόποι με τους οποίους αυτοί οι παράγοντες μπορούν να τροποποιηθούν ώστε να μειώσουν την δυσφορία στο κρύο.

### **(α) Μειώστε την ταχύτητα του αέρα**

Οι υψηλές ταχύτητες του αέρα αυξάνουν την απώλεια θερμότητας από επαγωγή από το σώμα καθώς επίσης και την δυσφορία στο ψύχος. Καθώς μειώνουν την θερμοκρασία του δέρματος, αυξάνουν επίσης τη διαφορά θερμοκρασίας για τη μεταφορά θερμότητας έξω από το σώμα, που εν μέρει μπορεί να εξισορροπηθεί με την αύξηση των στρωμάτων της μόνωσης επάνω στο δέρμα. Η ταχύτητα του αέρα μπορεί να είναι δύσκολο να μεταβληθεί εάν, παραδείγματος χάριν, το άτομο εργάζεται στο ύπαιθρο, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθούν προστατευτικά ή αντιανεμικά ρούχα για να μειωθεί η

επίδραση του αέρα στον εργαζόμενο. Στο εσωτερικό, τα προβλήματα με την ταχύτητα του αέρα μπορούν να λυθούν με μερικές από τις ακόλουθες τεχνικές :

- Μείωση της ροής του αέρα μέσω των αγωγών εξαερισμού, εάν βέβαια αυτή η ενέργεια είναι σύμφωνη με τις πρακτικές υγείας και ασφάλειας για επαρκή εξαερισμό. Πολλά συστήματα έχουν ανεμιστήρες δύο ταχυτήτων οι οποίοι επιτρέπουν να μειωθεί η ταχύτητα του αέρα την ψυχρή περίοδο και να αυξηθεί την θερμή έτσι ώστε να βελτιώσουν την άνεση στην περιοχή εργασίας.
- Μετεγκατάσταση ενός εργασιακού χώρου σε άλλη περιοχή για να μειωθούν τα ρεύματα αέρα που συμβάλλουν στην δυσφορία.
- Χρήση προπετασμάτων για να προστατευτεί ο εργαζόμενος από την άμεση επιρροή της ταχύτητας του αέρα.

#### **(β) Αυξήστε ή εξομαλύνετε το φορτίο εργασίας**

Η αύξηση του φορτίου εργασίας στο ψύχος θα αυξήσει την άνεση κατά τη διάρκεια των περιόδων εργασίας (Wyndham και Wilson- Dickson, 1951) εντούτοις, κατά τη διάρκεια των περιόδων αποκατάστασης ή του χρόνου αναμονής, μπορεί να έχουμε σαν επακόλουθο αύξηση της δυσφορίας. Η δυσφορία αυτή συσχετίζεται με το ποσό του ιδρώτα που εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της φυσικής προσπάθειας. Εάν εμφανιστεί μεγάλο ποσό ιδρώτα, θα μειωθεί η αποτελεσματικότητα της μόνωσης στον ιματισμό του εργαζομένου, κάνοντας τον με αυτόν τον τρόπο να αισθανθεί πιο πολύ το ψύχος στην επόμενη περίοδο αποκατάστασης (Enander, Ljungberg, και Holmer, 1979). Κατά τη διάρκεια των περιόδων αποκατάστασης μπορεί επίσης να εμφανιστεί ψύξη από εξάτμιση. Κατά γενικό κανόνα, η αύξηση του φορτίου εργασίας είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος να εξισορροπηθεί η έκθεση στο ψύχος, μόνο εάν το άτομο μπορεί να εργαστεί χωρίς να ιδρώσει πάρα πολύ. Αυτή η δραστηριότητα για τους περισσότερους ανθρώπους αντιστοιχεί σε φορτία εργασίας κάτω από 175 W (150 kcal/hr).

Η ρύθμιση του φορτίου της εργασίας, έτσι ώστε η προσπάθεια να διανέμεται ομοιόμορφα κατά την διάρκεια της βάρδιας, αντί να υπάρχουν εναλλαγές μεταξύ περιόδων έντονης και έπειτα στατικής δραστηριότητας, θα μειώσει και τη δυσφορία. Εντούτοις, τέτοια προγράμματα εργασίας μπορεί να είναι δύσκολο να ελεγχθούν στην πράξη.

#### **(γ) Αυξήστε το ποσό της μόνωσης του ιματισμού**

Η πιο κοινή προσέγγιση για την αύξηση της άνεσης στο ψύχος μέσα στην ζώνη δυσφορίας είναι να προστεθούν και άλλα στρώματα ιματισμού. Ο βαθμός δυσφορίας σχετίζεται με τη θερμοκρασία του δέρματος, έτσι όσο περισσότερο δέρμα είναι καλυμμένο, τόσο λιγότερο αισθητή γίνεται η δυσφορία

από τον εργαζόμενο. Οι ακόλουθες ρυθμίσεις στον ιματισμού αυξάνουν την άνεση στο κρύο:

- Χρήση υφασμάτων όπως τα μάλλινα που έχουν καλά χαρακτηριστικά μόνωσης χωρίς να είναι πάρα πολύ ογκώδη.
- Τύπος ενδύματος που είναι εφαρμοστό αλλά αφήνει και ένα στρώμα αέρα επάνω από το δέρμα και καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος του δέρματος.
- Τσέπες στις οποίες να θερμαίνονται τα χέρια, σε μερικές καταστάσεις θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και θερμάστρες τσέπης.
- Χρήση αντιανεμικού ιματισμού στις περιοχές όπου η ταχύτητα του αέρα είναι υψηλή.

Επειδή ο ιδρώτας μπορεί να εμφανιστεί και σε μια εργασία που γίνεται στον ψύχος, πρέπει στους χώρους όπου γίνονται τα διαλείμματα να είναι διαθέσιμοι θάλαμοι ή περιοχές στεγνώματος για να επιτραπεί στον ιματισμό να στεγνώσει πριν από την επόμενη περίοδο έκθεσης στο ψύχος. Εάν δεν μπορούν να παρασχεθούν τέτοιοι χώροι, θα χρειαστεί να γίνονται συχνότερα διαλείμματα καθώς προχωρεί η βάρδια, δεδομένου ότι καθώς ο ιματισμός μουσκεύεται θα μειωθεί η ανθεκτικότητα στο ψύχος και σταδιακά θα έχει χαμηλότερη ικανότητα μόνωσης (Morris, 1975).

#### **(δ) Αυξήστε το ποσό της θερμότητας από ακτινοβολία**

Στις περιοχές όπου δεν είναι δυνατό να αυξηθεί η θερμοκρασία περιβάλλοντος για να βελτιώσει την άνεση του εργαζομένου, όπως εάν εργάζεται έξω στο ψύχος, ο εφοδιασμός με θερμάστρες ακτινοβολίας μπορεί να είναι δικαιολογημένος. Αυτές οι θερμάστρες μπορούν να αυξήσουν την άνεση σε μια μικρή περιοχή, παρόμοια με μια σημειακή ζώνη ψύξης σε ένα θερμό περιβάλλον. Τέτοιες πηγές θερμότητας, μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπου απαιτείται, για να θερμάνουν τις καμπίνες των γερανών ή άλλο βαρύ εξοπλισμό που χρησιμοποιείται υπαίθρια στον ψυχρό καιρό. Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στο στέγνωμα του υγρού ιματισμού, όπως αναφέρεται πιο πάνω.

### **4.4 Ζώνη κινδύνου για την υγεία**

#### **α. Ορισμός της ζώνης**

Οι άνθρωποι με γνωστά προβλήματα υγείας όπως καρδιακές παθήσεις ή μερικές ορμονικές δυσαναλογίες μπορεί να διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο για ασθένειες που σχετίζονται με την θερμότητα ή μπορεί να νιώθουν περισσότερη δυσφορία από τους υγιείς εργαζομένους στη ζώνη θερμικής δυσφορίας (βλ. πίνακα 4-4). Οι περισσότεροι άνθρωποι, ωστόσο, μπορούν να ανεχτούν εκθέσεις μεγάλης διάρκειας σε αυτές τις θερμοκρασίες χωρίς να βιώσουν κάποιο πρόβλημα. Εν

τούτοις, για να κάνουν υποφερτή την δυσφορία μπορούν να εργαστούν λιγότερο, έτσι το αποτέλεσμα αυτό να παρέχει έναν άλλο λόγο για την αναζήτηση τρόπων αύξησης της άνεσης. Ωστόσο επάνω από τη θερμική ζώνη δυσφορίας, πολλοί άνθρωποι μπορούν να βιώσουν τα συμπτώματα της θερμοπληξίας, όπως ναυτία, ίλιγγο, κράμπες των μυών και κόπωση. Θερμοκρασία σώματος πάνω από 39,0 °C, αύξηση του καρδιακού ρυθμού, πτώση της διαστολικής πίεσης του αίματος και αύξηση του ρυθμού της αναπνοής, επισημαίνουν τις προσπάθειες του σώματος να διαχειριστεί το φορτίο της θερμότητας και μπορεί να μας προειδοποιήσουν για επικείμενη αστοχία του συστήματος μεταφοράς θερμότητας (Leithhead και Lind, 1964 NIOSH, 1972β).

Μας ενδιαφέρουν δύο τύποι εκθέσεων σε θερμά και ψυχρά περιβάλλοντα : έκθεση μεγάλης χρονικής διάρκειας σε χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες και σύντομες εκθέσεις σε πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, γνωστές ως θερμοί και ψυχροί παλμοί. Η πρώτη περίπτωση είναι ενδιαφέρουσα επειδή αντιπροσωπεύει μια παρατεταμένη πίεση προς το σύστημα που ρυθμίζει την θερμοκρασία, με ένα πιθανό απειλητικό για τη ζωή αποτέλεσμα, όπως υποθερμία ή θερμοπληξία. Οι εκθέσεις μικρής διάρκειας έχουν ενδιαφέρον επειδή αντιπροσωπεύουν ένα θερμό ή ψυχρό φορτίο στο οποίο δεν μπορεί να προσαρμοσθεί εύκολα το σώμα και μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρή ζημία του ιστού, όπως κρυοπαγήματα ή εγκαύματα (Blockley, 1964).

Τα αποτελέσματα αυτά μέσα στη ζώνη κινδύνου για την υγεία μπορεί να φανούν στα πιο ευαίσθητα άτομα, η εμφάνιση τους είναι αρκετά προβλέψιμη ώστε να επιτρέψει κάποια προσπάθεια για να αποφευχθεί το σύνολο της έκθεσης. Όπου δεν μπορεί να ελεγχθεί η έκθεση με τις μεθόδους της τεχνολογίας, η διάρκεια της έκθεσης πρέπει να ρυθμιστεί προσεκτικά καθώς επίσης να παρασχεθεί προστατευτικός εξοπλισμός και ιματισμός.

## **β. Τραύματα από το ψύχος**

Μεγαλύτερο ενδιαφέρον σχετικά με την έκθεση όλου του σώματος στο ψύχος έγκειται στην ανάπτυξη σοβαρής υποθερμίας και του επερχόμενου θανάτου από την έκθεση. Το σώμα προσπαθεί να διατηρήσει την εσωτερική του θερμοκρασία με έντονο ρίγος για να αυξήσει τη μεταβολική θερμότητα. Η εξάντληση αυτού του μέσου για την παραγωγή θερμότητας υποδηλώνεται όταν μειώνεται η θερμοκρασία του σώματος κάτω από 35 °C (Burton και Edholm, 1955).

Από την έκθεση σε ακραίες συνθήκες ψύχους μπορεί να προκύψουν κρυοπαγήματα στο πρόσωπο ή στα άκρα. Το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί να συμβεί με συνδυασμό υψηλών ταχυτήτων αέρα ή από παρατεταμένη έκθεση σε λιγότερο δριμύ ψύχος αλλά με υψηλή υγρασία.

Ο πίνακας 4-6 δείχνει ισοδύναμες θερμοκρασίες για διάφορους συνδυασμούς ταχύτητας αέρα και θερμοκρασίας, γνωστός ως δείκτης ψυχρότητας αέρα. Οι εκθέσεις μπορεί να οδηγήσουν σε τραύμα

ψύχους της εκτεθειμένης σάρκας σε ισοδύναμες θερμοκρασίες των -32 °C. Για τους ανθρώπους που εργάζονται έξω στο ψύχος, οι απώλειες θερμότητας του σώματος σε συνδυασμό με ισχυρούς ανέμους μπορεί να είναι πολύ σημαντικές. Πρέπει να διατίθενται χώροι επαναθέρμανσης για να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα για επιπτώσεις στην υγεία των εργαζομένων που εκτίθενται σε αυτό το ψύχος.

Αν και ένα άτομο μπορεί να προσθέσει διάφορες στρώσεις ιματισμού για την προστασία του ενάντια σε ένα ψυχρό περιβάλλον, είναι δύσκολο να καλύψει όλο του το σώμα, ειδικά τα χέρια και το πρόσωπο και να είναι ακόμα σε θέση να κάνει μερικές εργασίες. Επομένως ο συνήθης περιορισμός της έκθεσης στο ψύχος σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες είναι ο χρόνος που θα κάνει το εκτεθειμένο δέρμα να πάρει την θερμοκρασία των -18 °C οπότε και γίνεται αισθητός ο πόνος (Hardy, 1970).

**Πίν 4-6. Ισοδύναμες θερμοκρασίες για διάφορους συνδυασμούς χαμηλής θερμοκρασίας και ταχύτητας αέρα**

| Εκτιμώμενη ταχύτητα αέρα   | Μετρούμενες θερμοκρασίες ξηρού βολβού °C |     |     |     |  |     |     |                  |     |     |
|--|--|-----|-----|-----|--|-----|-----|------------------|-----|-----|
|  | 10                                       | 4   | -1  | -7  | -12  | -18 | -23 | -29              | -34 | -40 |
| m/sec  | Ισοδύναμη Θερμοκρασία °C                 |     |     |     |  |     |     |                  |     |     |
| ηρεμία   | 10                                       | 4   | -1  | -7  | -12  | -18 | -23 | -29              | -34 | -40 |
| 2,2  | 9  | 3   | -3  | -9  | -14  | -21 | -26 | -32              | -38 | -44 |
| 4,5  | 4  | -2  | -8  | -16 | -23  | -31 | -36 | -43              | -50 | -57 |
| 6,7  | 2  | -6  | -13 | -21 | -28  | -36 | -43 | -50              | -58 | -65 |
| 8,9  | 0  | -8  | -16 | -23 | -32  | -39 | -47 | -55              | -63 | -71 |
| 11,2   | -1                                       | -9  | -18 | -26 | -34  | -42 | -51 | -59              | -67 | -76 |
| 13,4   | -2                                       | -11 | -19 | -28 | -36  | -44 | -53 | -62              | -70 | -79 |
| 15,6   | -3                                       | -12 | -20 | -29 | -37  | -46 | -55 | -63              | -72 | -81 |
| 17,9   | -3                                       | -12 | -21 | -29 | -38  | -47 | -56 | -65              | -73 | -82 |
| ΜΙΚΡΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΕΑΝ ΝΤΥΘΕΙΤΕ ΚΑΤΑΛΛΗΛΑ. ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΧΕΙΡΩΝΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΔΕΞΙΟΤΗΤΑ |  |     |     |     | ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΠΑΓΩΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΚΤΕΘΕΙΜΕΝΗΣ ΣΑΡΚΑΣ |     |     | ΠΟΛΥ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΕΣ |     |     |

Οι ισοδύναμες θερμοκρασίες για συνδυασμούς εννέα ταχυτήτων αέρα (θερμοκρασίες στήλη 1) και δέκα θερμοκρασιών ξηρού βολβού (στήλες 2 μέχρι 11) παρουσιάζονται στον κορμό του πίνακα. Αυτές οι τιμές είναι γνωστές ως δείκτης ψυχρότητας αέρα. Η ταχύτητα του αέρα δίνεται σε μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/sec) στη στήλη 1. Οι τιμές διαιρούνται ακόμη σε τρία πεδία: εκείνες όπου υπάρχει λίγος κίνδυνος για τραυματισμό στο ψύχος εάν ένα άτομο είναι ντυμένο κατάλληλα (η αριστερή πλευρά του πίνακα) εκείνες όπου υπάρχει ο κίνδυνος για ψύξη της εκτεθειμένης σάρκας ακόμα και σε σύντομη έκθεση ενός λεπτού (στη μέση του πίνακα) και εκείνες όπου μια έκθεση 30 δευτερολέπτων του

*ακάλυπτον δέρματος έχει ως αποτέλεσμα κάποιο κρυοπάγημα (η δεξιά πλευρά του πίνακα). Η κάλυψη του εκτεθειμένου δέρματος μειώνει τον κίνδυνο του τραυματισμού λόγω ψύχους.*

Οι τραυματισμοί στα χέρια από το ψύχος μπορεί να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια της εργασίας στο ύπαιθρο σε ψυχρά κλίματα, όπως στις οικοδομές, στις μεταφορές με φορτηγά και σε εργασίες διακίνησης ή σε εργασίες που γίνονται στο εσωτερικό σε ψυχρούς χώρους αποθήκευσης. Αυτοί οι τραυματισμοί από το ψύχος μπορεί να οδηγήσουν σε κρυοπαγήματα στα δάχτυλα ή σε ενδεχόμενο σύνδρομο τραυματισμού εξαιτίας της δόνησης (βλ. κεφάλαιο 2 Θόρυβος και Δόνηση) και μπορεί να επιδεινώσουν προϋπάρχουσες αρθρίτιδες. Οι περισσότεροι άνθρωποι που εργάζονται σε ψυχρά περιβάλλοντα χρησιμοποιούν τις τσέπες τους για να θερμάνουν τα χέρια τους μεταξύ των εργασιών, κι έτσι οι εκθέσεις μεγάλης χρονικής διάρκειας σε μέτριο ψύχος συνήθως δεν αποτελούν πρόβλημα. Εντούτοις βραχυπρόθεσμη έκθεση σε ψύχος με θερμοκρασία χαμηλότερη από  $-23^{\circ}\text{C}$ , μπορεί να μας ανησυχεί εάν δεν επιτρέπεται από την φύση της εργασίας ο χειριστής να φοράει γάντια (Fisher, 1957 Goldman, 1964). Επιπλέον, η επαφή του δέρματος με πολύ ψυχρές επιφάνειες μπορεί να οδηγήσει σε ζημιά του ιστού ακόμη και για επαφές που είναι πολύ σύντομες σε διάρκεια. Οι τραυματισμοί από το ψύχος στα χέρια συχνά οδηγούν σε ελάττωση τις ικανότητας των δακτύλων για επιδέξιους χειρισμούς. Για να αποτραπεί αυτό, συχνά φοριούνται γάντια που έχουν αφαιρεθεί οι άκρες των δακτύλων (αποκαλούμενα Miller mits). Είναι επίσης χρήσιμο, για να εμποδίζονται οι τραυματισμοί των χεριών από το κρύο, να προγραμματίζονται, χρονικός μικρά αλλά αρκετά συχνά διαλείμματα κατά την διάρκεια της εργασίας, για να μπορούν να ξαναθερμανθούν τα χέρια.

### **γ. Παθήσεις και τραυματισμοί από θερμότητα και υγρασία**

Τα ακόλουθα παραδείγματα προσδιορίζουν μερικές βιομηχανικές εργασίες μικρής διάρκειας που πρέπει να γίνουν σε πολύ θερμό περιβάλλον:

- Εργασίες αδειάσματος σε διαδικασίες τήξης.
- Ρυθμίσεις των ανεμιστήρων του εξοπλισμού ξήρανσης με αέρα.
- Επισκευές έκτακτης ανάγκης του εξοπλισμού χημικής παραγωγής όπου οι διαδικασίες παράγουν θερμότητα.
- Διαδικασίες χύτευσης πλαστικών.
- Διαδικασίες σφυρηλάτησης κομματιών.
- Εργασίες φόρτωσης ή εκφόρτωσης των φούρνων.
- Διαδικασίες καθαρισμού με ατμό.
- Επισκευή και συντήρηση του αναγκαίου εξοπλισμού.

- Πυρόσβεση.

Τα αποτελέσματα της έκθεσης σε θερμότητα και υγρασία στη ζώνη κινδύνου για την υγεία κυμαίνονται από την αφυδάτωση ως την θερμοπληξία, με πιθανότητα επίσης και για εγκαύματα. Στον πίνακα 4-7 δίνονται οι μέγιστες συνιστώμενες θερμοκρασίες για εκθέσεις μικρής διάρκειας σε θερμοκρασία έως 63 °C. Η υγρασία και το φορτίο της εργασίας ποικίλουν, οι επιδράσεις της ταχύτητας του αέρα παρουσιάζονται περιληπτικά στην υποσημείωση κάτω από τον πίνακα. Τα όρια αυτά της θερμοκρασίας είναι βασισμένα στο χρόνο που χρειάζεται η εσωτερική θερμοκρασία του σώματος και η θερμοκρασία του δέρματος να συγκλίνουν ή η εσωτερική θερμοκρασία του σώματος να αυξηθεί κατά 1 °C. Η σύγκλιση σηματοδοτεί την απώλεια της ικανότητας ενός ατόμου να μεταφέρει τη θερμότητα έξω από το σώμα. Εάν το φορτίο της θερμότητας από ακτινοβολία υπερβεί τους 2 °C ή εάν φοριέται αδιάβροχος ιματισμός που αυξάνει το Icl πάνω από 0,6 ή μειώνει την ψύξη λόγω εξάτμισης, θα πρέπει να ελαττωθούν οι μέγιστες θερμοκρασίες ή να μειωθεί ο χρόνος της έκθεσης.

**Πίν 4-7. Μέγιστες συνιστώμενες θερμοκρασίες για εκθέσεις μικρής διάρκειας σε περιβάλλοντα με υψηλή θερμότητα (έως 63°C)**

| Μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος °C* |                   |                     |                     |                     |
|---------------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Χρόνος Έκθεσης (min)                  | Φορτίο Εργασίας** | Σχετική Υγρασία 20% | Σχετική Υγρασία 50% | Σχετική Υγρασία 80% |
| 5                                     | L                 | 63                  | 56                  | 56                  |
|                                       | M                 | 59                  | 48                  | 46                  |
|                                       | H                 | 57                  | 46                  | 42                  |
| 15                                    | L                 | 53                  | 45                  | 40                  |
|                                       | M                 | 52                  | 43                  | 38                  |
|                                       | H                 | 51                  | 41                  | 36                  |
| 30                                    | L                 | 52                  | 44                  | 39                  |
|                                       | M                 | 47                  | 38                  | 34                  |
|                                       | H                 | 41                  | 36                  | 30                  |
| 45                                    | L                 | 51                  | 43                  | 38                  |
|                                       | M                 | 41                  | 36                  | 31                  |
|                                       | H                 | 36                  | 32                  | 27                  |

*Σημείωση:* Για χρόνους έκθεσης 5 min σε υψηλές ταχύτητες αέρα (2 m/sec), συνιστώνται οι ακόλουθες μέγιστες θερμοκρασίες (L = ελαφρύ φορτίο εργασίας, M = μέτριο φορτίο εργασίας, H= βαρύ φορτίο εργασίας):

| Φορτίο Εργασίας | Σχετική Υγρασία, % |     |     |
|-----------------|--------------------|-----|-----|
|                 | 20%                | 50% | 80% |
| L               | 56                 | 50  | 48  |
| M               | 54                 | 49  | 44  |
| H               | 52                 | 48  | 42  |

\* Συντομεύσεις των φορτίων εργασίας:

L = ελαφρύ, έως 140 W (120 kcal/hr)

M = μέτριο, >140 έως 230 W (>120 έως 240 kcal/hr)

H = βαρύ, >230 έως 350 W (>240 έως 300 kcal/hr).

\*\* Για τις θερμοκρασίες αυτές θεωρούνται οι ακόλουθες συνθήκες: μόνωση ιματισμού = 0,6 clo, ταχύτητα αέρα= 0,1 m/sec, θερμότητα από ακτινοβολία = 2 °C , η οποία είναι η διαφορά μεταξύ των ενδείξεων των θερμομέτρων ξηρού βολβού και ακτινοβολίας. Οι εκθέσεις αφορούν εργαζομένους που δεν έχουν εγκλιματιστεί.

*Δίνονται οι μέγιστες συνιστώμενες θερμοκρασίες ξηρού βολβού για συνεχείς εκθέσεις από 5 έως 45 λεπτά (στήλη 1) με σχετική υγρασία 20, 50, και 80 % (στήλες 3 έως 5). Τα φορτία εργασίας ελαφρύ (L), μέτριο (M) και βαρύ (H) υποδεικνύονται στη στήλη 2 για κάθε έναν από τους συνδυασμούς χρόνου έκθεσης και σχετικής υγρασίας. Οι μέγιστες θερμοκρασίες έκθεσης μειώνονται καθώς αυξάνεται ο χρόνος της έκθεσης, η σχετική υγρασία και το φορτίο εργασίας. Στην υποσημείωση αναφέρονται οι υποθέσεις που έγιναν για την ταχύτητα του αέρα, τη θερμότητα από ακτινοβολία και για την μόνωση του ιματισμού. Θερμοκρασίες πάνω από τους 50 °C, ειδικά με υψηλή υγρασία, μεγάλη ταχύτητα αέρα (μέχρι 2 m/sec) θα αυξήσουν την αποθήκευση της θερμότητας από το σώμα και άρα απαιτούνται χαμηλότερες θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Η αυξανόμενη ταχύτητα του αέρα σε χαμηλές θερμοκρασίες θα επιμήκυνε το χρόνο έκθεσης. Στην υποσημείωση του πίνακα δίνεται μια περίληψη των μέγιστων συνιστώμενων θερμοκρασιών σε υψηλή ροή αέρα για έκθεση των 5 min.*

Η πτώση στη μέγιστη θερμοκρασία έκθεσης με αυξανόμενα επίπεδα υγρασίας είναι μεγαλύτερη με την αύξηση του χρόνου έκθεσης. Αυτή η πτώση συσχετίζεται με τη μείωση της ικανότητας για απώλεια θερμότητας ενός ατόμου με εξάτμιση σε υγρασίες πάνω από 50 %. Η αύξηση του φορτίου εργασίας μειώνει την μέγιστη θερμοκρασία έκθεσης με την προσθήκη στο σώμα ενός φορτίου θερμότητας, επιταχύνοντας κατά συνέπεια τη σύγκλιση των θερμοκρασιών του δέρματος και του σώματος. Με θερμότητα από ακτινοβολία που αντιστοιχεί σε διαφορά έως 5 °C στις ενδείξεις των θερμομέτρων θερμικής ακτινοβολίας και ξηρού βολβού, κάθε μια από τις θερμοκρασίες θα έπρεπε να μειωθεί κατά 2 °C.

Ο πίνακας 4-7 μπορεί να χρησιμοποιηθεί με διάφορους τρόπους : α) για να περιγράψει ένα υπάρχον περιβάλλον εργασίας και να καθορίσει το χρονικό διάστημα στο οποίο ένα άτομο είναι σε θέση να εργαστεί εκεί, β) για να προσδιορίσει σε ποια θερμοκρασία πρέπει να ψυχθεί μια θερμή περιοχή προκειμένου να επιτραπεί σε ένα άτομο να κάνει μια συγκεκριμένη εργασία, η οποία μπορεί να περιγραφεί από τις απαιτήσεις του φορτίου της και της διάρκειας της και γ) για να προσδιορίσει την αποτελεσματικότητα της αλλαγής οποιασδήποτε από τις μεταβλητές στον χρόνο έκθεσης ή στη μέγιστη θερμοκρασία που μπορούν να γίνουν ανεκτά όταν σχεδιάζεται η εργασία για ένα θερμό περιβάλλον.



Είναι φρόνιμο να αφήνουμε τους εργαζόμενους να κανονίζουν μόνοι τους χρόνους έκθεσης σε θερμότητα μέσα στα όρια που δίνονται στον πίνακα 4-7, ειδικότερα όταν το φορτίο της εργασίας είναι μέτριο προς βαρύ (βλ. πίνακα 4-5). Επίσης, πρέπει να γίνεται σε κανονική βάση ιατρική αξιολόγηση της καταλληλότητας των ανθρώπων για εργασία σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας. Μπορεί να μην εμφανιστεί πλήρης εγκλιματισμός σε αυτόν τον τύπο της σπάνιας θερμικής έκθεσης (Lind και Bass, 1963). Τα πολύ υψηλά ποσοστά εφίδρωσης, σε μια βαριά εργασία σε υψηλή θερμότητα, μπορεί να οδηγήσουν σε αφυδάτωση του σώματος. Με την αφυδάτωση αυξάνεται ο ρυθμός αύξησης της εσωτερικής θερμοκρασίας του σώματος ως συνάρτηση της αύξησης της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, καθιστώντας μεγαλύτερη την πιθανότητα θερμοπληξίας (Dukes-Dobos κ.α., 1966). Στους ανθρώπους που εργάζονται σε περιβάλλοντα με υψηλές θερμοκρασίες πρέπει να επιβληθούν οι ακόλουθες πρόσθετες εργασιακές πρακτικές για την προστασία τους ενάντια στις ασθένειες που προκαλούνται από την θερμότητα (Millican, Baker και Cook, 1981 NIOSH, 1972b).

- Προμήθεια προστατευτικού ιματισμού για εκθέσεις σε υψηλή θερμική ακτινοβολία.
- Χρήση του συστήματος εργασίας ανά ζεύγη (buddy system) για να διασφαλιστεί ότι το κάθε άτομο παρακολουθείται κατά την διάρκεια της εργασίας στη θερμότητα.
- Παροχή γλυκού πόσιμου νερού για να μειωθεί η πιθανότητα για γαστρεντερικά συμπτώματα που συνδέονται με την κατανάλωση κρύου νερού μετά από εργασία στη ζέστη.
- Ευελιξία στο σχεδιασμό της εργασίας και της ανάπαυσης έτσι ώστε ο εργαζόμενος να μπορεί ο ίδιος να οριοθετήσει την έκθεση του στη θερμότητα, όπως χρειάζεται.
- Προγραμματισμός την εργασίας για τις πιο ψυχρές ώρες της ημέρας, όπως νωρίς το πρωί, εάν οι εξωτερικές θερμοκρασίες επιβαρύνουν το θερμικό στρες.
- Εκπαίδευση των εργαζομένων στις αρχές των πρώτων βοηθειών για να βοηθήσουν ένα άτομο που υφίσταται κάποια βλάβη που οφείλεται στον συνδυασμό υψηλής θερμοκρασίας και υγρασίας.

Η ικανότητα ενός ατόμου να ανεχτεί τους σύντομους θερμικούς παλμούς που παρουσιάζονται στον πίνακα 4-7 σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 50 °C θα εξαρτηθεί από τις τιμές των άλλων παραγόντων. Εάν υπάρχει ένα σημαντικό φορτίο θερμικής ακτινοβολίας, ο πόνος και το κάψιμο του δέρματος μπορούν να αποτρέψουν ένα άτομο να εργαστεί στη θερμότητα που θεωρητικά θα μπορούσε να την ανεχτεί, βάσει της εξίσωσης ισορροπίας θερμότητας. Μπορεί να προκληθούν εγκαύματα από ακτινοβολούμενη ενέργεια εξαιτίας της έκθεσης σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος οι οποίες αυξάνουν τη θερμοκρασία του δέρματος στους 45 °C (Hardy, 1970).

Παρατεταμένη έκθεση σε αέρα με πολύ χαμηλή υγρασία μπορεί να προξενήσει σοβαρή δυσφορία σε μερικούς εργαζομένους και να συνδεθεί με προβλήματα στους πνεύμονες μετά από την έκθεση. Η παροχή αέρα σταθερής υγρασίας μέσω μιας αναπνευστικής συσκευής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπερνικήσει το φαινόμενο ξηρότητας, αλλά η αναπνευστική συσκευή μπορεί να περιορίσει τις δραστηριότητες του ατόμου και να παρατείνει το χρόνο που απαιτείται για να εκτελέσει την εργασία. Σε μερικές καταστάσεις έκτακτης ανάγκης μπορεί να μην υπάρξει επαρκής χρόνος για να βάλει ο εργαζόμενος τον ειδικό αναπνευστικό εξοπλισμό κι έτσι οι άνθρωποι δεν πρέπει γενικά να μπαίνουν σε περιβάλλοντα θερμοκρασίας πάνω από 120 °C ακόμη και για μικρή χρονική περίοδο. Σε δοκιμές συντονισμού μετά από 5 λεπτά σε αυτήν την θερμοκρασία ακόμη και σωματικά υγιής νέα άτομα παρουσίασαν επιδείνωση στην επίδοσή τους (Perler, 1959). Οι εκθέσεις σε υψηλές θερμοκρασίες συχνά είναι εφικτές εάν οι εργαζόμενοι είναι σε θέση να φέρουν το περιβάλλον τους μαζί τους, όπως με μια στολή ρευμάτων ψυχρού αέρα.

#### **4. 5 Εργασία σε υγρά περιβάλλοντα**

Μερικές εργασίες περιλαμβάνουν έκθεση σε θερμοκρασίες νερού που κυμαίνονται από άνετες ως πολύ ενοχλητικές. Σε επαφή με το νερό μπορεί να έρθουμε κατά τη διαδικασία παραγωγής ενός προϊόντος, συντήρησης ή σε μια εργασία καθαρισμού, όπως οι ακόλουθες:

- Εργασία σε καφετέρια, συμπεριλαμβανομένου του χειρισμού των πλυντηρίων πιάτων.
- Διαδικασίες παραγωγής χημικών.
- Καθαρισμός κτιρίων.
- Εργασίες τοποθέτησης-συντήρησης υδραυλικής εγκατάστασης, συστήματος ψύξης και θέρμανσης.
- Εργασίες πλυσίματος με σωλήνες για καθαρισμό εγκαταστάσεων ή εξοπλισμού.
- Εξωτερική εργασία τις ημέρες που βρέχει ή χιονίζει.
- Εργασίες υποβρύχιων κατασκευών.

Στις περισσότερες βιομηχανίες η επαφή με το νερό είναι περιορισμένη σε ακραίες περιπτώσεις, εκτός από την εργασία σε άσχημο καιρό ή τη χρήση των ντους ασφάλειας στις περιοχές έκθεσης σε χημικές ουσίες ή σε φωτιά.

#### **α. Υγρός ιματισμός**

Η επίδραση της εργασίας με υγρό ιματισμό σε υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες στους χρόνους αντοχής επηρεάζεται έντονα από τη διάρκεια της έκθεσης, την επιφάνεια επαφής με το δέρμα, το φορτίο εργασίας και την ταχύτητα του αέρα. Οι σύντομες επαφές (λιγότερο από 1 λεπτό) με τις πιο ακραίες θερμοκρασίες είναι πιο υποφερτές από τις εκθέσεις για ώρες σε λιγότερο ακραία περιβάλλοντα.

Στο κρύο, ο υγρός ιματισμός μειώνει τον παράγοντα της μόνωσης. Αυτή η μείωση οδηγεί σε μια πτώση της θερμοκρασίας του δέρματος, αυξάνοντας κατά συνέπεια την απώλεια θερμότητας από το σώμα. Η απώλεια θερμότητας λόγω εξάτμισης θα αυξηθεί, ειδικά όταν η ταχύτητα του αέρα είναι επάνω από 0,3 m/sec, εκτός αν το σώμα στεγνώσει και ντυθεί γρήγορα. Αυτή η συνθήκη έχει ενδιαφέρον για εργασίες που γίνονται στο ύπαιθρο με άσχημο καιρό όπου η επαφή με το νερό που εμφανίζεται σε μια βαριά εργασία ακολουθείται από μια πιο στατική εργασία.

Το νερό που έρχεται σε επαφή με το δέρμα και τον ιματισμό σε θερμά περιβάλλοντα αυξάνει την απώλεια θερμότητας από εξάτμιση χωρίς να απαιτείται εφίδρωση, με τον όρο ότι υπάρχει ροή αέρα. Κατά συνέπεια τα όρια της θερμοκρασίας της ζώνης δυσφορίας είναι υψηλότερα στη θερμότητα και το ψύχος όταν ο ιματισμός είναι υγρός από ότι όταν είναι στεγνός (Craig, 1972 Craig και Moffitt, 1974).

## **β. Βύθιση στο νερό των χεριών και των βραχιόνων**

Όταν τα χέρια βυθίζονται σε ζεστό ή κρύο νερό μπορεί να έχουμε ως αποτέλεσμα απώλεια της ευελιξίας των δάχτυλων και τραυματισμό του ιστού. Οι εργασίες που οδηγούν σε βυθίσεις αυτού του τύπου είναι για παράδειγμα διαδικασίες καθαρισμού, υδραυλικές και διάφορες διαδικασίες παρασκευής χημικών. Οι θερμοκρασίες των υγρών στις οποίες ένας εργαζόμενος μπορεί να βυθίσει τα χέρια του είναι σπάνια κάτω από 1 °C ή πάνω από 70 °C. Σε αυτές τις ακραίες τιμές, παρέχεται συνήθως προστατευτικός εξοπλισμός για να μειώσει την πιθανότητα επαφών και εγκαυμάτων στο δέρμα. Για τις βυθίσεις των χεριών και των βραχιόνων σε υδαρή, μη ερεθιστικά υγρά, συνιστώνται θερμοκρασίες πάνω από 8 °C (Provins και Morton, 1960) και κάτω από 36 °C (Hardy, Stolwijk, Hammel και Murgatroyd, 1965). Εάν παρατείνεται ο χρόνος της βύθισης, οι θερμοκρασίες πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στους 32 °C για να ελαχιστοποιηθεί η απώλεια ή η αύξηση της θερμότητας (Craig και Dvorak, 1966). Οι χημικές ουσίες που διεισδύουν στο δέρμα μπορούν εύκολα να προκαλέσουν εγκαύματα ή άλλη ζημία του ιστού με μεγαλύτερη ταχύτητα στις χαμηλές θερμοκρασίες στην πιο θερμή περιοχή και στις υψηλές θερμοκρασίες στην πιο ψυχρή περιοχή.

## **γ. Χρήση των ντους ασφάλειας και των λουτρών για τα μάτια**

Στις περιοχές όπου γίνονται κατασκευές ή σε εργαστήρια όπου οι άνθρωποι είναι πιθανό να έρθουν σε επαφή με χημικές ουσίες ή πού μπορεί ενδεχομένως να εμφανιστεί μια πυρκαγιά, διατίθενται ντους ασφάλειας και λουτρά ματιών για να διασφαλιστεί η γρήγορη πλύση του δέρματος ή των ματιών. Αν και ένα άτομο μπορεί να διαβραχεί τελείως κάτω από ένα ντους ασφάλειας, δεν είναι ισοδύναμο με τη βύθιση όλου του σώματος σε νερό της ίδιας θερμοκρασίας. Τα μέρη του σώματος που είναι πιο κοντά στην κεφαλή του ντους διαβρέχονται περισσότερο από τα πιο χαμηλά μέρη και το άτομο ξεπλένει συνήθως το δέρμα που έχει επηρεαστεί τρίβοντάς το και κινούμενο, αυξάνοντας κατά συνέπεια το ρυθμό του μεταβολισμού. Οι ουσίες που καίνε το δέρμα πλένονται πιο άνετα εάν το δέρμα αναισθητοποιηθεί ελαφρά με δροσερό νερό, το δροσερό νερό μειώνει επίσης τη ροή του αίματος στο δέρμα, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την απορρόφηση της χημικής ουσίας από το σώμα.

Από συνομιλίες με ανθρώπους που είχαν περιστατικά επαφών με χημικά και από μια ανάλυση των στοιχείων των ατυχημάτων, φαίνεται ότι η ρύθμιση της θερμοκρασίας του νερού των ντους και των λουτρών για τα μάτια μέσα στην περιοχή από  $27 \pm 5,6$  °C ικανοποιούν τις φυσιολογικές και ψυχολογικές ανάγκες (S.H. Rodgers, 1980, εταιρία Kodak). Θεωρούνται παροχές για πλύση 10 λεπτών 42 λίτρα ανά λεπτό, για τα ντους και 14-21 L/min για τα λουτρά των ματιών. Εάν η ταχύτητα του αέρα είναι υψηλή ή εάν μειώνεται η θερμοκρασία του αρκετά κάτω από τη ζώνη άνεσης (βλ εικόνα 4-1), πρέπει να διατίθενται ντους ασφάλειας σε θερμαινόμενους θαλάμους και με θερμοκρασία πιο κοντά στο ανώτερο συνιστώμενο όριο, των 32 °C.

#### **4.6 Θερμοκρασίες επιφανειών**

Η παρουσία μιας μεταλλικής επιφάνειας μπορεί να περιορίσει τη διάρκεια και την δυνατότητα αποδοχής μιας εργασίας σε ένα θερμό ή ψυχρό περιβάλλον. Ένα άτομο μπορεί να είναι σε θέση να περπατήσει σε μια περιοχή, για σύντομο χρονικό διάστημα για να εκτελέσει κάποιες εργασίες ελέγχου, αλλά μπορεί να μην είναι σε θέση να μείνει για μεγάλη χρονική περίοδο σε θερμά ή ψυχρά πατώματα ή να είναι σε θέση να έρθει σε επαφή με άλλες επιφάνειες που υπερβαίνουν τις κατευθυντήριες οδηγίες που δίνονται πιο κάτω. Για εργασίες συντήρησης σε θερμά ή ψυχρά περιβάλλοντα, το όριο για συνεχή χρόνο απασχόλησης μπορεί να σχετίζεται με τη θερμοκρασία των επιφανειών εργασίας, οι οποίες καθιστούν δύσκολο για το μηχανικό να διατηρήσει τη στάση που απαιτείται για την εργασία ή ο χρόνος μπορεί να περιοριστεί από τα εργαλεία που γίνονται ανυπόφορα θερμά ή ψυχρά μετά από σύντομο χρόνο. Η γονυκλινής στάση σε ένα πολύ θερμό κιγκλίδωμα ή η πίεση μιας ψυχρής μεταλλικής θυρίδας εισόδου είναι παραδείγματα εργασιών που μπορεί να περιορίσουν τη δυνατότητα ενός ατόμου να εργαστεί σε περιβάλλοντα που είναι αποδεκτά από τη σκοπιά του θερμικού ισοζυγίου του σώματος. Η χρησιμοποίηση μονωτικών υλικών και

προστατευτικού ιματισμού θα υπερνικήσει μερικές από αυτές τις δυσκολίες, αλλά μπορεί επίσης να δημιουργηθούν νέα προβλήματα, όπως η μειωμένη επιδεξιότητα της κίνησης των δακτύλων από την παρέμβαση των γαντιών.

#### **α. Θερμές επιφάνειες**

Οι οδηγίες που δίνονται πιο κάτω για το άγγιγμα θερμών επιφανειών είναι βασισμένες σε επαφές πολύ μικρής διάρκειας (1-sec). Όσο πιο μεγάλη είναι η περίοδος της επαφής, τόσο λιγότερο υψηλή μπορεί να είναι η θερμοκρασία της επιφάνειας ή της ουσίας. Αυτό το αποτέλεσμα εμφανίζεται στα ακόλουθα στοιχεία από μελέτες όπου ένα δάχτυλο βυθίστηκε σε νερό (προσαρμοσμένο από Hardy, Stolwijk, Hammel και Murgatroyd, 1965):

- Επαφή 1-sec, δάχτυλο, έγκαυμα πρώτου-βαθμού: 80 °C.
- Επαφή 1-sec, δάχτυλο, πόνος: 53 °C.
- Περίπου 15 min, δάχτυλα, πόνος: 45 °C.

Ο πίνακας 4-8 συνοψίζει τις πληροφορίες για τις συνιστώμενες μέγιστες θερμοκρασίες των υλικών που συχνά βρίσκονται στον εργασιακό χώρο. Επειδή οι άνθρωποι μπορεί να έρθουν σε επαφή με την επιφάνεια του χώρου εργασίας για περισσότερο από 1 sec και επίσης μπορεί να έχουν τραυματισμούς στις περιοχές του δέρματος οι οποίοι οδηγούν σε υψηλότερη μεταφορά θερμότητας στα υποκείμενα κύτταρα, αυτές οι τιμές πρέπει να θεωρηθούν ως μέγιστες τιμές και ο σχεδιασμός δεν πρέπει να τις υπερβεί.

**Πίνακας 4-8. Επαφή με θερμές επιφάνειες, Μέγιστες Θερμοκρασίες**

| <b>Ανώτατα όρια θερμοκρασίας</b> |                                    |  |
|----------------------------------|------------------------------------|--|
| <b>Υλικό</b>                     | <b>Κατώτατο όριο πόνου,<br/>°C</b> | <b>Κατώτατο όριο εγκαυμάτων<br/>πρώτου-βαθμού °C</b> |
| Πολυστερίνη GP                   | 77                                 | 138  |
| Ξύλο (μέσος όρος)                | 76                                 | 135  |
| Ρητίνες ABS                      | 74                                 | 131  |
| Φαινόλες (μέσος όρος)            | 60                                 | 99   |

|                               |    |    |
|-------------------------------|----|----|
| Τούβλο                        | 59 | 95 |
| Γυαλί ανθεκτικό στη θερμότητα | 54 | 82 |
| Νερό                          | 53 | 80 |
| Σκυρόδεμα                     | 50 | 73 |
| Χάλυβας                       | 45 | 62 |
| Αλουμίνιο                     | 45 | 60 |

Σημείωση: Τα στοιχεία βασίζονται σε επαφή 1 sec με το δάχτυλο.

*Παρουσιάζεται η θερμοκρασία διάφορων υλικών (στήλη 1) στην οποία μια επαφή των δάχτυλων διάρκειας 1 δευτερολέπτου θα έχει ως αποτέλεσμα πόνο (στήλη 2) ή έγκαυμα πρώτου βαθμού (στήλη 3). Οι τιμές αυτές είναι οι μέγιστες θερμοκρασίες, γι' αυτό κατά τον σχεδιασμό δεν πρέπει να τις υπερβούμε. Πιο χαμηλές θερμοκρασίες είναι επιθυμητές, δεδομένου ότι επιτρέπουν μεγαλύτερης διάρκειας χρόνους επαφής, την επαφή με άλλο δέρμα όπως συμβαίνει στον βραχίονα ή την παρουσία διακοπών της συνέχειας του δέρματος από κοψίματα ή γδαρσίματα.*

## **β. Ψυχρές επιφάνειες**

Η επαφή με τις ψυχρές επιφάνειες μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα εάν η υγρασία του νερού από το δέρμα παγώσει στην επιφάνεια, με συνέπεια την προσκόλληση του δέρματος στην ψυχρή επιφάνεια. Η προσπάθεια να αποκολληθεί το δέρμα από την επιφάνεια μπορεί να οδηγήσει σε δυνατό πόνο και τραυματισμό του ιστού εάν η ψυχρή επιφάνεια πρώτα δεν θερμανθεί. Αυτή η επαφή μπορεί να εμφανιστεί όταν ένα άτομο εργάζεται με μεταλλικά αντικείμενα σε πολύ ψυχρά κλίματα, όπως στην τοποθέτηση σωληνώσεων ή σε άλλες κατασκευές και εργασίες συντήρησης. Γενικά, μια ασφαλής υπόδειξη είναι ότι οι ψυχρές μεταλλικές επιφάνειες δεν πρέπει να έρθουν σε επαφή με το γυμνό δέρμα σε θερμοκρασίες κάτω από 5 °C, οι πλαστικές και ξύλινες επιφάνειες μπορούν να αγγιχτούν σε θερμοκρασίες αρκετά χαμηλές μέχρι -20 °C, υπό τον όρο ότι είναι ξηρές. Έτσι μειώνεται η πιθανότητα της προσκόλλησης του δέρματος στην επιφάνεια, εντούτοις, πρέπει να φορέσουμε γάντια όταν αυτές οι επιφάνειες έχουν θερμοκρασία ίση ή μικρότερη από 0 °C και πρέπει να τις αγγίξουμε.

Για την μείωση της πιθανότητας να έρθει σε επαφή με ψυχρές ή θερμές επιφάνειες ένας εργαζόμενος, πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν οι ακόλουθες ενέργειες και οδηγίες σχεδιασμού:

- Εάν είναι δυνατόν, βάλτε τα θερμά ή τα ψυχρά εξαρτήματα σε μια δυσπρόσιτη θέση.
- Εάν το εξάρτημα πρέπει να είναι προσιτό, τοποθετήστε το έξω από την εμβέλεια των κανονικών κινήσεων των χεριών και των βραχιόνων που χρειάζονται για να χειριστούν ή να συντηρήσουν τα γειτονικά εξαρτήματα.
- Σχεδιάστε τα θερμά ή τα ψυχρά εξαρτήματα έτσι ώστε να μην δημιουργούν μια κατάλληλη θέση για να στηριχτεί το χέρι ή ο βραχίονας και να μη μοιάζουν με χειριστήρια, λαβές ή άλλα

τιμήματα του εξοπλισμού που αγγίζονται συχνά.

- Επισημάνετε τις θερμές ή τις ψυχρές επιφάνειες.
- Χρησιμοποιείτε πλαστικά ή παρόμοια, λιγότερο αγωγίμα υλικά πάνω από τις θερμές και τις ψυχρές επιφάνειες.
- Χρησιμοποιείστε χρώμα ή άλλη επίστρωση στις μεταλλικές επιφάνειες για την μείωση της θερμικής τους αγωγιμότητας.

#### 4.7 Σύνοψη των οδηγιών για τη θερμική άνεση

Αυτό το κεφάλαιο περιέχει οδηγίες για τους τέσσερις κλιματολογικούς παράγοντες δηλ. την θερμοκρασία αέρα, την υγρασία αέρα, την θερμοκρασία ακτινοβολίας και την ταχύτητα αέρα.

##### *α.) Επιτρέψτε στους ανθρώπους να ελέγξουν το κλίμα οι ίδιοι*

Το εάν οι άνθρωποι βρίσκουν ένα κλίμα ευχάριστο ή όχι αυτό εξαρτάται πάρα πολύ από το ίδιο το άτομο. Ο στόχος πρέπει να είναι επομένως να μπορεί να επιτραπεί στους ίδιους τους ανθρώπους να ελέγξουν τους κλιματολογικούς παράγοντες όσο το δυνατόν περισσότερο. Αυτό είναι εφικτό, για το παράδειγμα, μέσα σε ένα γραφείο με χωριστά δωμάτια.

**Πίν. 4-9. Οδηγίες για την θερμοκρασία του αέρα για εργασίες που απαιτούν διαφορετικά επίπεδα φυσικής προσπάθειας.**

| Τύπος εργασίας                          | Θερμοκρασία αέρα (°C) |
|---|-----------------------|
| Καθιστική, νοητική εργασία              | 18—24                 |
| Καθιστική, ελαφριά χειρωνακτική εργασία | 16—22                 |
| Όρθια, ελαφριά χειρωνακτική εργασία     | 15—21                 |
| Όρθια, βαριά χειρωνακτική εργασία       | 14—20                 |
| Βαριά εργασία                           | 13—19                 |

##### *β.) Ρυθμίστε τη θερμοκρασία του αέρα ανάλογα με την φυσική προσπάθεια*

Ο πίνακας 4-9 περιέχει γενικές οδηγίες για τη θερμοκρασία του αέρα για εργασίες που απαιτούν διαφορετικά επίπεδα φυσικής προσπάθειας. Οι οδηγίες εξασφαλίζουν ότι οι άνθρωποι θα αισθανθούν από ευχάριστα δροσερά μέχρι ευχάριστα ζεστά. Η υπόθεση εδώ είναι ότι η υγρασία αέρα είναι 30 % - 70 % , η ταχύτητα αέρα είναι μικρότερη από 0,1 m/sec και ότι φοριέται κανονικός ματρισμός.

**γ.) Αποφύγετε τον πολύ υγρό και πολύ ξηρό αέρα**

Ο υγρός αέρας (σχετική υγρασία πάνω από 70 %) ή ο ξηρός αέρας (σχετική υγρασία κάτω από 30 %) μπορεί να έχει επιπτώσεις στη θερμική άνεση. Ο ξηρός αέρας μπορεί να οδηγήσει σε ερεθισμό των ματιών και των βλεννοδών μεμβρανών και επίσης υπάρχει η δυνατότητα αύξησης του στατικού ηλεκτρισμού (κίνδυνος ανάφλεξης ή έναυση των χημικών ουσιών, δυσάρεστα πλήγματα, αστοχία του εξοπλισμού). Η υγρασία μπορεί να ελεγχθεί είτε με προσθήκη υδρατμών στον αέρα ή με αφαίρεσή τους από αυτόν.

**δ.) Αποφύγετε τις επιφάνειες που ακτινοβολούν ζέστη ή κρύο**

Οι θερμές επιφάνειες όπως μια στέγη και οι ψυχρές επιφάνειες όπως ένα κρύο παράθυρο μπορούν να έχουν επιπτώσεις στη θερμική άνεση. Όταν η ακτινοβολός θερμοκρασία αυτών των επιφανειών διαφέρει περισσότερο από τέσσερις βαθμούς από τη θερμοκρασία του αέρα πρέπει να ληφθούν μέτρα.

**ε.) Εμποδίστε τα ρεύματα αέρα**

Τα ρεύματα αέρα μπορεί να έχουν επιπτώσεις στη θερμική άνεση, κυρίως στην περίπτωση της ελαφριάς εργασίας. Τα ρεύματα αέρα είναι ενοχλητικά σε ταχύτητες επάνω από 0,1 m/sec. Ρεύματα μπορούν να προκληθούν μεταξύ άλλων και από τον εξαερισμό.

**Πίν. 4-10.** Τα υλικά που πρέπει να αγγιχτούν δεν πρέπει να είναι πάρα πολύ θερμά για να αποφευχθούν εγκαύματα. Ο πίνακας παρουσιάζει την μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία ανάλογα με τη διάρκεια έκθεσης και τον τύπο του υλικού.

| Διάρκεια επαφής | Τύπος υλικού                      | Μέγιστη θερμοκρασία (°C) |
|-----------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Έως 1 min       | -μέταλλα                          | 50                       |
|                 | -γυαλί, κεραμικό, τσιμέντο        | 55                       |
|                 | -πλαστικά (Perspex, Teflon), ξύλο | 60                       |
| Έως 10 min      | -όλα τα υλικά                     | 48                       |
| Έως 8 hr        | -όλα τα υλικά                     | 43                       |



#### **4.8 Οδηγίες για τη θερμότητα και το κρύο**

Τα θερμά και τα ψυχρά περιβάλλοντα δεν είναι μόνο άβολα. Τα θερμά κλίματα όπως κοντά σε φούρνους, μπορεί να είναι ενεργητικά πολύ αγχωτικά για την καρδιά και τους πνεύμονες. Επιπλέον, μπορεί να τραυματιστούν διάφορα μέρη του σώματος από εγκαύματα ή κρουπαγήματα.

##### ***α.) Αποφύγετε τα εξαιρετικώς θερμά και ψυχρά κλίματα***

Τα εκτεθειμένα μέρη του δέρματος μπορούν να φθάσουν στο κατώφλι του πόνου σε εξαιρετικά θερμά κλίματα ή αν πλησιάσουν σε επιφάνειες που εκπέμπουν υψηλό ποσοστό θερμικής ακτινοβολίας. Σε ένα πολύ ψυχρό κλίμα, υπάρχει ο κίνδυνος κρουπαγήματος, ο οποίος αυξάνεται στις υψηλές ταχύτητες αέρα.

##### ***β.) Τα υλικά που πρέπει να αγγιχτούν δεν πρέπει να είναι ούτε πάρα πολύ ψυχρά ούτε πάρα πολύ θερμά***

Εάν το γυμνό δέρμα έλθει σε επαφή με ένα πολύ ψυχρό μέταλλο, μπορεί να κολλήσει στην επιφάνεια του μετάλλου. Για ασφάλεια, η θερμοκρασία των μετάλλων που πιθανώς να αγγιχτούν πρέπει να είναι τουλάχιστον 5 °C. Μια χαμηλότερη τιμή μπορεί είναι να περισσότερο ανεκτή για τα αντικείμενα που είναι φτιαγμένα από στεγνό πλαστικό ή στεγνό ξύλο. Ο πίνακας 4-10, αφ' ετέρου, παρουσιάζει την μέγιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία των υλικών έτσι ώστε να αποφευχθούν τα εγκαύματα στο δέρμα λόγω της επαφής.

#### **4.9 Έλεγχος κλίματος**

Σε αυτό το κεφάλαιο συζητούνται τα μέτρα σχετικά με τη θερμική άνεση και με θερμά και ψυχρά κλίματα.

##### ***α.) Εντοπίστε τις εξίσου βαριές εργασίες που γίνονται μαζί σε ένα δωμάτιο***

Είναι επιθυμητό οι εργασίες που είναι λίγο πολύ εξίσου βαριές να γίνονται μαζί σε ένα χωριστά θερμαινόμενο δωμάτιο. Έτσι είναι δυνατόν να επιτευχθεί ένα ευχάριστο κλίμα για κάθε ομάδα εργασιών.

##### ***β.) Ρυθμίστε τις εξωτερικές εργασίες στο κλίμα***

Δεν είναι δυνατό να ελεγχθεί το εξωτερικό κλίμα, αλλά μέχρι ένα σημείο τα ψυχρά και θερμά εξωτερικά κλίματα, μπορούν να γίνουν καλύτερα ανεκτά με τη ρύθμιση των ενεργειακών απαιτήσεων της εργασίας. Σε ένα ψυχρό κλίμα, οι εργασίες πρέπει να είναι βαρύτερες ώστε να αυξηθεί η θερμοκρασία του σώματος και να μειωθεί ο κίνδυνος παγώματος. Σε ένα θερμό κλίμα ισχύει το αντίθετο.

##### ***γ.) Ρυθμίστε την ταχύτητα του αέρα***

Όπου υπάρχει ένα ρεύμα αέρα (μέγιστο 0,1 m/sec) είναι λογικό να αυξηθεί η θερμοκρασία αέρα για να επιτρέψει στην εργασία να εκτελεσθεί με άνεση. Στα πολύ ψυχρά κλίματα η ταχύτητα του αέρα πρέπει να είναι πάντα όσο το δυνατόν χαμηλότερη για να εμποδίσει να παγώσουν τα μέρη του σώματος. Αντιθέτως, ένα θερμό περιβάλλον γίνεται πιο ευχάριστο εάν αυξηθεί η ταχύτητα του αέρα.

##### ***δ.) Εμποδίστε την ανεπιθύμητη θερμή ή ψυχρή ακτινοβολία***

Η θερμή ή ψυχρή ακτινοβολία μπορεί να αποκοπεί με μόνωση ή με διαχωρισμό των θερμών ή ψυχρών επιφανειών που εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία όπως οι τοίχοι, τα πατώματα, οι στέγες και τα παράθυρα. Επιπλέον, η σωστή διάταξη του χώρου εργασίας μπορεί να βοηθήσει στην αύξηση της απόστασης μεταξύ του ατόμου και της πηγής της ακτινοβολίας. Τέλος, η θερμοκρασία του αέρα μπορεί επίσης να ρυθμιστεί για να μειώσει τη διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας αέρα και της θερμοκρασίας ακτινοβολίας.

***ε.) Περιορίστε το χρόνο έκθεσης σε θερμά ή ψυχρά περιβάλλοντα***

Οι ίδιοι οι άνθρωποι πρέπει να είναι σε θέση να καθορίσουν το πόσο χρόνο περνούν στα θερμά ή ψυχρά περιβάλλοντα.

***στ.) Χρήση ειδικού ιματισμού κατά την εργασία για μεγάλες περιόδους σε θερμά ή ψυχρά περιβάλλοντα***

Ο ιματισμός με μια υψηλή τιμή μόνωσης παρέχει προστασία ενάντια στο κρύο. Ομοίως, ειδικός ιματισμός μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως προστασία ενάντια στη θερμότητα (π.χ. πυροσβέστες).



## **5. ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ**

Οι χημικές ουσίες εμφανίζονται στο περιβάλλον με τις εξής μορφές: ως υγρά, αέρια, ατμοί, σκόνης ή στερεά. Μερικές ουσίες μπορεί να προκαλέσουν δυσφορία ή ακόμη και να παρουσιάσουν κίνδυνο για την υγεία εάν εισέλθουν μέσω της αναπνευστικής οδού στον οργανισμό μας, ληφθούν από το στόμα ή εάν έρθουν σε επαφή με το δέρμα ή τα μάτια. Η εκδήλωση των συμπτωμάτων μπορεί να είναι άμεση ή μετά την πάροδο ενός μικρού ή μεγάλου χρονικού διαστήματος ανάλογα με την τοξικότητα της ουσίας. Είναι γνωστό ότι πολλές ουσίες είναι ερεθιστικές, καρκινογόνες και μεταλλαξιογόνες (προκαλούν αλλαγές στο γενετικό υλικό των κυττάρων, το οποίο μεταβιβάζεται κληρονομικά) ή είναι υπεύθυνες για τερατογένεσεις (οδηγούν σε ατέλειες στη γέννηση). Το σώμα επομένως πρέπει να εκτίθεται όσο το δυνατόν λιγότερο σε τέτοιες χημικές ουσίες.

### **5.1 Οδηγίες για τις χημικές ουσίες**

Οι σημαντικότερες οδηγίες για τις χημικές ουσίες, που δίνονται σε αυτήν την παράγραφο, είναι βασισμένες στις τιμές ορίων κατωφλίου - TOK (Threshold Limit Values- TLVs). Αυτά είναι επίσημα όρια για τις χημικές ουσίες στον αέρα, και προορίζονται για να αποτρέψουν τις δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία (όχι την δυσφορία).

#### **α) Εφαρμόστε τις TOK ή άλλα όρια ως μέγιστα για τις χημικές ουσίες στον αέρα περιβάλλοντος**

Οι TOK είναι διαθέσιμες για αρκετές ουσίες. Ο κατάλογος των TOK ενημερώνεται τακτικά από την προσθήκη νέων ουσιών και λαμβάνοντας υπόψη τα νέα στοιχεία όσον αφορά την τοξικότητα των ουσιών.

Οι TOK είναι ένας σταθμικός μέσος όρος για συγκέντρωση οκτώ ωρών, και δεν πρέπει να ξεπεραστεί έστω και για μια ημέρα.

Ορισμένες ουσίες έχουν γρήγορη τοξική επίδραση, οπότε σ' αυτή την περίπτωση καθιερώνονται ξεχωριστές ΤΟΚ, δηλαδή οι ΤΟΚ - Ο (Ο = οροφής) που δεν πρέπει να ξεπεραστούν οποιαδήποτε στιγμή (βλ. κατωτέρω). Μόνο ένα μικρό ποσοστό των γνωστών χημικών ουσιών εμφανίζεται στον κατάλογο ΤΟΚ. Όποτε μια χημική ουσία δεν εμφανίζεται σε έναν εθνικό κατάλογο ΤΟΚ, μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατάλογοι ή τοξικολογικά εγχειρίδια άλλων χωρών. Ακόμα εάν η ουσία δεν εμφανίζεται σε κανέναν από αυτούς, δεν σημαίνει ότι είναι αβλαβής. Σε αυτήν την περίπτωση, οι μεμονωμένοι οργανισμοί συχνά τείνουν να εφαρμόσουν δικά τους πρότυπα.

### **β) Αποφύγετε τις καρκινογόνες ουσίες**

Ορισμένες ουσίες που μεταφέρονται με τον αέρα είναι γνωστό ότι προκαλούν καρκίνο. Η έκθεση σε αυτές τις ουσίες πρέπει πάντα να αποφεύγεται. Ο πίνακας 5-1 παρουσιάζει μια τυχαία επιλογή των χημικών ουσιών που θα μπορούσαν να είναι παρούσες στον αέρα και θεωρείται ότι προκαλούν καρκίνο. Μια περιεκτική επισκόπηση των γνωστών ή πιθανών καρκινογόνων ουσιών μπορεί να βρεθεί στις δημοσιεύσεις της Διεθνούς Επιτροπής Έρευνας για τον Καρκίνο (IARC).

**Πίνακας 5-1. Τυχαία επιλογή των χημικών ουσιών που θεωρούνται καρκινογόνες.**

| <b>Ουσία</b>                 | <b>Παράδειγμα χρήσης</b>                     |
|------------------------------|--|
| Αμίαντος                     | Θερμική μόνωση                               |
| Βενζόλιο                     | Διαλύτης                                     |
| Ενώσεις χρωμίου              | Χρωστική ουσία                               |
| Πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες | Συστατικό της πίσσας                         |
| Βινυλοχλωρίδιο               | Πρώτη ύλη για το χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC) |

### **γ) Αποφύγετε τις μέγιστες εκθέσεις**

Η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις μιας χημικής ουσίας μπορεί να έχει επιπτώσεις στην υγεία ακόμα κι αν η ΤΟΚ, δεν ξεπεραστεί, κατά μέσον όρο, κατά τη διάρκεια μιας περιόδου οκτώ ωρών. Επομένως, για τις ουσίες με γρήγορη τοξική επίδραση πρέπει να εφαρμοστούν οι τιμές των ΤΟΚ - Ο. Ο σχεδιασμός ενός περιβάλλοντος εργασίας ή διαβίωσης πρέπει να εξασφαλίσει ότι οι ΤΟΚ - Ο δεν ξεπερνιούνται σε περιπτώσεις όπως κατά τον καθαρισμό ή την συντήρηση.

### **δ) Πρέπει να περιοριστεί η έκθεση σε μίγματα ουσιών**

Αν και στην πράξη κάποιος έρχεται αντιμέτωπος κυρίως με μίγματα ουσιών, δεν υπάρχει γενικά καμία ΤΟΚ για τέτοιες καταστάσεις. Δεν υπάρχει επίσης καμία εγγύηση ότι με την ικανοποίηση των

μεμονωμένων ΤΟΚ θα αποφευχθούν οι κίνδυνοι για την υγεία, δεδομένου ότι οι συνέπειες των μεμονωμένων ουσιών μπορούν να ενισχύσουν η μια την άλλη.

#### ε) **Επιδιώξτε πάντα να παραμένετε όσο το δυνατόν χαμηλότερα από τις ΤΟΚ**

Είναι σημαντικό να προσπαθείτε πάντα να παραμείνετε όσο το δυνατόν χαμηλότερα από τις ΤΟΚ. Ο εμπειρικός κανόνας στο σχεδιασμό νέων περιβαλλόντων εργασίας ή διαβίωσης είναι να επιτευχθούν συγκεντρώσεις μικρότερες από το 1/5 των ΤΟΚ. Υπενθυμίζεται επίσης ότι η παραμονή κάτω από τις ΤΟΚ δεν εγγυάται την απουσία οποιασδήποτε δυσφορίας (π.χ., οξείες οσμές). Αντιθέτως, οι ουσίες που δεν προκαλούν καμία δυσφορία μπορούν στην πραγματικότητα να είναι επικίνδυνες.

#### στ) **Οι συσκευασίες των χημικών ουσιών πρέπει να σημαίνονται κατάλληλα**

Ο προμηθευτής μιας χημικής ουσίας πρέπει να παρέχει τις πληροφορίες για την τοξικότητα της ουσίας και το πώς να χρησιμοποιείται. Η πρώτη ένδειξη αυτού πρέπει να εμφανιστεί στην ετικέτα, η οποία πρέπει να φέρει τα κατάλληλα σημάδια προειδοποίησης σύμφωνα με τα πρότυπα (εικόνα 5-1).

**Εικόνα 5-1. Σήματα προειδοποίησης για τις χημικές ουσίες.**



ΕΚΡΗΚΤΙΚΑ



ΕΥΦΛΕΚΤΟ



ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟ



ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΟ



ΤΟΞΙΚΟ



ΒΛΑΒΕΡΟ ΠΕΡΘΙΣΤΙΚΟ

## 5.2 Μέτρα που λαμβάνονται στην πηγή

Τα μέτρα μπορούν να στοχεύσουν στην πηγή ή στην έκθεση. Τα μέτρα στην πηγή είναι

προτιμότερα, ειδικά εάν σημαίνουν αντικατάσταση της πηγής. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό, η πηγή πρέπει να μειωθεί. Εάν και αυτό είναι ανεπαρκές, τότε η πηγή πρέπει να απομονωθεί. Τα μέτρα που λαμβάνονται στην πηγή μπορούν να κατευθύνονται προς την ίδια την χημική ουσία, τη διαδικασία (παραγωγής) ή τη μέθοδο εργασίας.

#### **α) Εξαφανίστε την πηγή**

Ένα θεμελιώδες μέτρο στην πηγή είναι να αντικατασταθεί η επιβλαβής ουσία από ουσίες που, όσον είναι γνωστό, δεν είναι επιβλαβείς ή τουλάχιστον είναι λιγότερο. Παραδείγματα αυτού είναι η χρήση υδροδιαλυτών χρωμάτων αντί των χρωμάτων βασισμένων σε διαλύτες και για θερμική μόνωση να χρησιμοποιείται πετρόμαλλο αντί αμιάντου. Οι επιβλαβείς διαδικασίες της παραγωγής ή οι μέθοδοι εργασίας πρέπει να αντικατασταθούν με διαδικασίες ή μεθόδους εργασίας που είναι λιγότερο επιβλαβείς. Ένα παράδειγμα αυτού είναι η χρήση βιομηχανικής ηλεκτρικής σκούπας (απορρόφηση) αντί του πεπιεσμένου αέρα, στις δραστηριότητες καθαρισμού.

#### **β) Μειώστε την εκπομπή στην πηγή**

Η μείωση της εκπομπής στην πηγή μπορεί να έχει επιπτώσεις στη ίδια την χημική ουσία, τη διαδικασία παραγωγής ή τη μέθοδο εργασίας. Παραδείγματα των μέτρων που στοχεύουν στην ίδια την ουσία είναι η χρήση χρώματος με χαμηλότερη συγκέντρωση βαρέων μετάλλων, και η παροχή των πρώτων υλών υπό μορφή πολτού παρά σε σκόνη. Παραδείγματα των μέτρων που στοχεύουν στη διαδικασία παραγωγής είναι: η μείωση των εκπομπών με προσεκτική ρύθμιση της διαδικασίας, η πραγματοποίηση κανονικής συντήρησης και η μείωση του ύψους πτώσης κατά την εκκένωση σάκων με σκόνη. Ένα παράδειγμα ενός μέτρου που στοχεύει στη μέθοδο εργασίας είναι το στέγνωμα των βαμμένων κομματιών σε χωριστό δωμάτιο αντί στον θάλαμο ψεκασμού.

#### **γ) Απομονώστε την πηγή των χημικών ουσιών**

Ένα τρίτο μέτρο που στοχεύει στην πηγή είναι η αποτροπή απελευθέρωσης βλαβερών ουσιών. Ένα παράδειγμα είναι η χρήση κλειστών, αντί των ανοικτών, συστημάτων μεταφοράς για το υλικό, αποτρέποντας κατά συνέπεια την απελευθέρωση των επιβλαβών χημικών ουσιών.

### **5.3 Εξαερισμός**

Τα μέτρα που στοχεύουν στη διαδρομή έκθεσης θα πρέπει να λαμβάνονται όταν εκείνα που στοχεύουν στην πηγή είναι ανεπαρκή. Σε αυτό το κεφάλαιο συζητούνται τα μέτρα που κατευθύνονται στη μεταφορά μεταξύ της πηγής και των ανθρώπων (εξαερισμός του αέρα). Το τμήμα που ακολουθεί

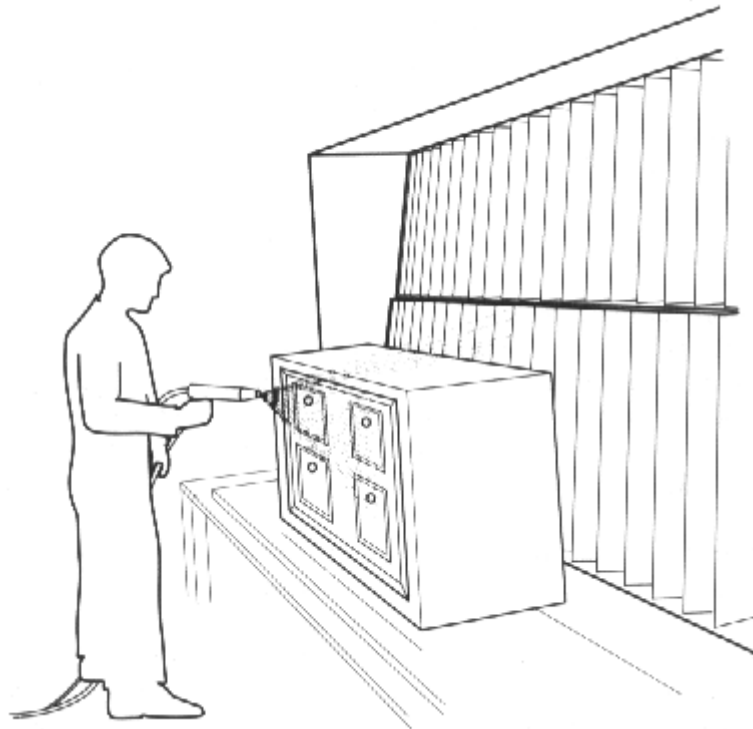


περιγράφει μέτρα που στοχεύουν στη μεμονωμένη έκθεση, όπως τα οργανωτικά μέτρα ή η χρήση προστατευτικού εξοπλισμού.

**α) Οι χημικές ουσίες πρέπει να εξαχθούν άμεσα στην πηγή**

Εάν δεν είναι δυνατό να αποτραπεί η απελευθέρωση των χημικών ουσιών, τότε οι επιβλαβείς ουσίες πρέπει να εξαχθούν άμεσα στην πηγή. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ο αφαιρούμενος αέρας απελευθερώνεται συχνά στο περιβάλλον χωρίς καθαρισμό. Εντούτοις, οι περιβαλλοντικοί νόμοι περιορίζουν την επιτρεπόμενη συγκέντρωση των χημικών ουσιών στον αέρα εξαγωγής και καθώς αυτοί οι νόμοι γίνονται πιο αυστηροί, αυτό υποκινεί τα μέτρα που στοχεύουν στην πηγή. Σημειώστε ότι εάν οι επιβλαβείς ουσίες στον αέρα μπορούν να αφαιρεθούν εν μέρει μέσω ενός συστήματος εξαγωγής, αυτό απαιτεί συγχρόνως να παρασχεθεί φρέσκος αέρας στον εργασιακό χώρο. Η εικ. 5-2, παρουσιάζει ένα παράδειγμα ενός συστήματος απαγωγής που χρησιμοποιείται στις αίθουσες ψεκασμού.

**Εικ 5-2. Χρήση ενός συστήματος εξαγωγής αέρα στις δραστηριότητες ψεκασμού, το οποίο αφαιρεί τα υπόλοιπα των χρωμάτων και τους διαλύτες από τον αέρα που εισπνέεται από τον εργαζόμενο.**



## β) Διασφαλίστε ένα αποτελεσματικό σύστημα εξαγωγής

Στην πράξη η απόδοση των συστημάτων απαγωγής αέρα είναι συχνά απογοητευτική λόγω λιγότερο ιδανικών συνθηκών, όπως η δυσμενής θέση, η ανεπαρκής συντήρηση ή οι βλάβες. Αποφεύγετε την εξαγωγή του αέρα μόνο από το υψηλότερο σημείο της αίθουσας, είναι προτιμότερο από τη ζώνη αναπνοής. Η κανονική συντήρηση είναι απαραίτητη για να αποτρέψει τη μείωση της αποδοτικότητας του συστήματος εξαιτίας των ρύπων.

## γ) Δώστε προσοχή στην επίδραση στο κλίμα κατά το σχεδιασμό της εξαγωγής του αέρα και του εξαερισμού

Η εξαγωγή του αέρα και ο εξαερισμός αυξάνουν την πιθανότητα δημιουργίας ρεύματος αέρα. Αυτό στη συνέχεια επηρεάζει το βαθμό θερμικής άνεσης. Είναι επίσης σημαντικό να προθερμαίνεται ο φρέσκος αέρας.

### Πίνακας 5-2. Συνιστώμενος βέλτιστος χώρος και εναλλαγές αέρα.

| Φύση της εργασίας | Όγκος ανά άτομο (m <sup>3</sup> ) | Ποσοστά παροχής φρέσκου αέρα (m <sup>3</sup> /hr) |
|-------------------|-----------------------------------|---|
| Πολύ ελαφριά      | 10                                | 30  |
| Ελαφριά           | 12                                | 35  |
| Μέτρια            | 15                                | 50  |
| Βαριά             | 18                                | 60  |

## δ) Παρέχετε επαρκείς εναλλαγές του αέρα

Τα εσωτερικά περιβάλλοντα πρέπει επίσης να αερίζονται επαρκώς ακόμα κι αν δεν είναι παρούσα καμία επικίνδυνη ουσία. Ο απαραίτητος όγκος του φρέσκου αέρα ανά άτομο και ο ρυθμός εναλλαγής αέρα εξαρτώνται φυσικά από το βαθμό δυσκολίας της εργασίας (πίν. 5-2).

## 5.4 Μέτρα σε ατομικό επίπεδο

Τα μέτρα για να μειωθεί η επίδραση των χημικών ουσιών σε ατομικό επίπεδο είναι είτε οργανωτικά, όπου τα άτομα εκτίθενται για όσο το δυνατόν μικρότερο χρόνο στις ουσίες, είτε περιλαμβάνουν τη χρήση ατομικού προστατευτικού εξοπλισμού.

### α) Εφαρμόστε τα οργανωτικά μέτρα

Τα διάφορα οργανωτικά μέτρα είναι δυνατόν να μειώσουν την έκθεση των ανθρώπων. Οι άνθρωποι πρέπει να ξοδεύουν όσο το δυνατόν μικρότερο χρόνο στα δωμάτια με μολυσμένο αέρα, και επιπλέον,

πρέπει να περιοριστεί ο αριθμός των ανθρώπων που εκτίθενται σε αυτόν τον αέρα. Οι δραστηριότητες όπου απελευθερώνονται χημικές ουσίες μπορούν, παραδείγματος χάριν, να διαχωριστούν από τις άλλες δραστηριότητες με τον περιορισμό τους σε ένα χωριστό δωμάτιο. Είναι επίσης εφικτό να πραγματοποιούνται αυτές οι δραστηριότητες εκτός κανονικών ωρών απασχόλησης. Το πλεονέκτημα είναι ότι εκτίθενται λιγότεροι άνθρωποι στις ουσίες. Εντούτοις, πρέπει να ληφθούν άλλες προφυλάξεις για να προστατεύσουν εκείνους που, παρόλα αυτά, εκτίθενται.

### **β) Χρήση προσωπικού προστατευτικού εξοπλισμού**

Εάν τα μέτρα που στοχεύουν στην πηγή ή την έκθεση δεν είναι εφικτά ή επαρκή, τότε πρέπει να χρησιμοποιηθεί ο προσωπικός προστατευτικός εξοπλισμός, ακόμα κι αν οι περισσότεροι χρήστες θεωρούν αυτόν τον εξοπλισμό ενοχλητικό.

Στις έκτακτες ανάγκες είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ειδικές μάσκες εξοπλισμένες με φίλτρα, δεδομένου ότι αυτά μπορούν να παρέχουν προστασία ενάντια σε διάφορα αέρια. Οι ειδικές μάσκες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ενάντια στη λεπτή σκόνη. Οι μάσκες πρέπει να εφαρμόζουν στο σχήμα του προσώπου και να έχουν πολύ καλή επαφή με το δέρμα. Η παροχή οδηγιών για την χρήση των μασκών είναι ουσιαστική.

### **γ) Χρησιμοποιείτε μάσκες σκόνης για προστασία μόνον ενάντια στην χοντρόκοκκη σκόνη**

Οι μάσκες σκόνης δεν προσφέρουν καμία προστασία ενάντια στα αέρια. Μπορούν να κατακρατούν μέρος των χονδροειδών, χημικά αβλαβών μορίων σκόνης, αλλά είναι ανεπαρκείς στις υψηλές συγκεντρώσεις (παραδείγματος χάριν, εάν ένα νέφος αιωρείται στο δωμάτιο).

### **δ) Χρήση προστατευτικής εξάρτησης και γαντιών**

Ο επαρκής προστατευτικός εξοπλισμός, όπως τα γάντια και οι ποδιές πρέπει να φοριέται όταν δουλεύουμε με υγρά που μπορούν να απορροφηθούν μέσω του δέρματος. Τα γάντια θεωρούνται συχνά μια ενόχληση, αλλά απ' την άλλη, η προστατευτική επίδραση των ειδικών κρεμών για το δέρμα δεν έχει αποδειχτεί.

### **ς) Εξασφαλίστε υψηλά πρότυπα προσωπικής υγιεινής**

Αλλά είδη μέτρων που μπορούν να ληφθούν για να μειώσουν την απορρόφηση των χημικών ουσιών

μέσω του δέρματος:

- τακτικός καθαρισμός των βρώμικων γαντιών και ρούχων
- μην χρησιμοποιείτε βρώμικα πανιά για καθάρισμα
- καθαρίζετε το δέρμα τακτικά με σαπούνι και νερό
- εξασφαλίστε γρήγορη θεραπευτική αγωγή των τραυματισμών του δέρματος

## 6. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ ΤΗΣ ΕΡΓΟΝΟΜΙΑΣ <sup>2</sup>

### 6.1 Εισαγωγή

Ένας από τους σαφέστερους τρόπους να σκιαγραφηθεί μια επιστημονική περιοχή είναι από τη μοναδική τεχνολογία της. Πρόσφατα η ομάδα εργασίας στρατηγικού σχεδιασμού, της ΕΑΠΕ [Εταιρία Ανθρώπινων Παραγόντων και Εργονομίας (HFES)] όπως και άλλοι διεθνώς, σημείωσε ότι η τεχνολογία των ανθρώπινων παραγόντων / εργονομία είναι τεχνολογία της αλληλεπίδρασης ανθρώπου και συστημάτων. Κατά συνέπεια, ο τομέας των ανθρώπινων παραγόντων μπορεί να οριστεί ως η ανάπτυξη και η εφαρμογή της τεχνολογίας αλληλεπίδρασης ανθρώπου-συστήματος.

Η τεχνολογία αλληλεπίδρασης ανθρώπου-συστήματος εξετάζει την αλληλεπίδραση μεταξύ των ανθρώπων και των άλλων συστατικών του συστήματος, συμπεριλαμβανομένου του υλικού, του λογισμικού, του περιβάλλοντος, των εργασιών, των οργανωτικών δομών και των διαδικασιών. Όπως και η τεχνολογία άλλων επιστημών που σχετίζονται με το σχεδιασμό, περιλαμβάνει τις προδιαγραφές, τις οδηγίες, τις μεθόδους και τα εργαλεία. Όπως σημειώνεται από την ομάδα εργασίας στρατηγικού σχεδιασμού, χρησιμοποιούμε την τεχνολογία του επιστημονικού πεδίου μας για τη βελτίωση της ποιότητας της ζωής, συμπεριλαμβανομένης της υγείας, της ασφάλειας, της άνεσης, της δυνατότητας χρησιμοποίησης και της παραγωγικότητας. Σαν επιστήμη μελετάμε τις ανθρώπινες ικανότητες, τους περιορισμούς και άλλα χαρακτηριστικά με σκοπό την ανάπτυξη της τεχνολογίας που μελετά την αλληλεπίδραση μεταξύ του ανθρώπινου παράγοντα και των συστημάτων. Σαν πρακτική, εφαρμόζουμε την τεχνολογία αλληλεπίδρασης ανθρώπου-συστημάτων στην ανάλυση, το σχεδιασμό, την αξιολόγηση, την τυποποίηση και τον έλεγχο των συστημάτων. Αυτή η τεχνολογία είναι που μας καθορίζει ξεκάθαρα ως μοναδική, αυτόνομη επιστημονική περιοχή, που προσδιορίζει ποιοι είμαστε, τι κάνουμε και τι προσφέρουμε για τη βελτίωση της κοινωνίας.

Αν και μπορούν να προέλθουν από ποικίλα επαγγελματικά υπόβαθρα, όπως η ψυχολογία, η μηχανολογία, η ασφάλεια, τα επαγγέλματα αποκατάστασης ή η ιατρική, είναι η επαγγελματική εκπαίδευση και η κατάρτισή τους στην τεχνολογία αλληλεπίδρασης ανθρώπου-συστημάτων που καθιστά κάποιους επαγγελματίες της εργονομίας. Πράγματι, η επιστημονική περιοχή χρειάζεται και το εύρος και την αφθονία αυτών των επαγγελματικών υποβάθρων καθώς επίσης και την εκπαίδευση και την κατάρτιση στη μοναδική τεχνολογία της εργονομίας.

Οι επαγγελματίες εργονόμοι έχουν αναγνωρίσει από καιρό την τεράστια δυνατότητα της για τη βελτίωση της υγείας, της ασφάλειας και της άνεσης των ανθρώπων και της παραγωγικότητας ανθρώπων και συστημάτων. Πράγματι, μέσω της εφαρμογής της μοναδικής τεχνολογίας

---

<sup>2</sup> H .W. Hendrick

αλληλεπίδρασης ανθρώπου-συστήματος, έχουμε τη δυνατότητα να κάνουμε πραγματικότητα μια αλλαγή προς το καλύτερο στην ποιότητα ζωής ουσιαστικά για όλους τους λαούς πάνω στην γη. Στην πραγματικότητα, δεν ξέρω κανένα επάγγελμα όπου μια τόσο μικρή ομάδα επαγγελματιών έχει τέτοια τεράστια δυνατότητα για να κάνει αληθινά μια αλλαγή.

Λαμβάνοντας υπόψη τη δυνατότητά μας, γιατί συμβαίνει, λοιπόν, πολλές επιχειρήσεις με ισχυρή ανάγκη να εξασφαλίσουν δέσμευση των εργαζομένων, να μειώσουν τις δαπάνες και να αυξήσουν την παραγωγικότητα, να μην χτυπούν την πόρτα μας για βοήθεια ή να μην δημιουργούν θέσεις εργονόμων πέρα από τις δυνατότητες μας να τις καλύψουμε; Γιατί οι ομοσπονδιακές και πολιτειακές υπηρεσίες δεν πιέζουν για νομοθεσία που θα εξασφαλίζει ότι οι εργονομικοί παράγοντες θα λαμβάνονται υπόψιν συστηματικά στο σχεδιασμό προϊόντων για χρήση από ανθρώπους και εργασιακών χώρων για εργαζομένους; Γιατί συμβαίνει και οι βιομηχανικές ενώσεις και τα μέλη του Κογκρέσου να μας βλέπουν μερικές φορές μόνον σαν επιπρόσθετη επιβαρυντική δαπάνη που έτσι αυξάνει το κόστος παραγωγής και μειώνει την ανταγωνιστικότητα; Από την εμπειρία μου τέσσερις λόγοι έρχονται στο μυαλό μου ως απάντηση σ' αυτά τα ερωτήματα.

Κατ' αρχάς, ορισμένοι από αυτούς τους ανθρώπους και τους οργανισμούς έχουν εκτεθεί στην κακή εργονομία - ή αυτό, που σε ένα πρόσφατο άρθρο σχετικά με αυτό το θέμα, ο Ian Chong ονομάζει "εργονομία βουντού"- είτε υπό τη μορφή προϊόντων ή περιβάλλοντος εργασίας τα οποία δηλώνονται ως εργονομικώς σχεδιασμένα αλλά δεν είναι, είτε στην αποκαλούμενη εργονομία η οποία όμως εφαρμόστηκε από αναρμόδια πρόσωπα. Αυτή, πράγματι, είναι μια ανησυχία για τους επαγγελματίες, ιδιαίτερα όταν πρόσωπα που στερούνται κάποιας επαγγελματικής κατάρτισης σε σχέση με τους εργονόμους, θεωρούν τις υπηρεσίες τους ως πανάκεια σχεδόν για τα πάντα. Είναι ένας από τους σημαντικότερους λόγους που η καθιέρωση εκπαιδευτικών προτύπων για την επαγγελματική εκπαίδευση και πιστοποίηση των επαγγελματιών της εργονομίας έχει γίνει ζήτημα κορυφαίας προτεραιότητας για τη Διεθνή Εργονομική Ένωση και πράγματι, πολλών εθνικών συλλόγων εργονομίας και κυβερνητικών ομάδων, όπως η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Ένας άλλος λόγος, γνωστός καλά σε μας, είναι το ότι "ο καθένας είναι χειριστής" (Mallett, 1995). Ο καθένας σήμερα "χρησιμοποιεί" συστήματα σε καθημερινή βάση, όπως ένα αυτοκίνητο, ένας υπολογιστής, μια τηλεόραση, ένα τηλέφωνο και κατά συνέπεια, είναι πολύ εύκολο να θεωρηθεί αφελώς από την εμπειρία μας ως χειριστών ότι η εργονομία δεν είναι τίποτα περισσότερο από "κοινή λογική". Οι περισσότεροι έμπειροι εργονόμοι έχουν τον προσωπικό τους κατάλογο αποφάσεων μηχανολογικού σχεδιασμού "κοινής λογικής" που έχει οδηγήσει σε σοβαρά ατυχήματα, μοιραία

---

Αναδημοσίευση από τα πρακτικά της 40<sup>ης</sup> ετήσιας συνάντησης της ΕΑΠΕ, 1996.

περιστατικά ή απλώς στην φτώχη χρησιμοποίησιμότητα.

Τρίτον, πιστεύω ότι μερικές φορές προσδοκούμε από τους υπεύθυνους για τη λήψη αποφάσεων των οργανισμών να υποστηρίξουν ενεργά τους επαγγελματίες εργονόμους απλά επειδή αυτό είναι το σωστό. Όπως είναι δύσκολο να αμφισβητηθεί οτιδήποτε μπορεί να βελτιώσει τις συνθήκες για τους ανθρώπους και έτσι αυτό από μόνο θα έπρεπε να είναι ένα επιτακτικό επιχείρημα για την ενεργή υποστήριξη της χρήσης της επιστημονικής μας περιοχής. Στην πραγματικότητα, οι διευθυντές πρέπει να είναι σε θέση να δικαιολογήσουν οποιαδήποτε επένδυση από την άποψη των συγκεκριμένων οφελών για την επιχείρηση-για τη δυνατότητα της επιχείρησης να είναι ανταγωνιστική και να επιβιώσει. Ότι κάτι "είναι το σωστό πράγμα που πρέπει να γίνει" είναι, από μόνο του ένας εξαιρετικός αλλά αναμφισβήτητος ανεπαρκής λόγος για τους διευθυντές να το κάνουν πραγματικά.

Τέλος και ίσως το σημαντικότερο, είναι ότι ως ομάδα, δεν έχουμε κάνει αρκετή δουλειά για την τεκμηρίωση και την διαφήμιση του κόστους - και του οφέλους της καλής εργονομίας - για την διάδοση του ότι τις περισσότερες φορές, η σωστή εργονομία είναι καλά οικονομικά. Στην πραγματικότητα, ότι η εργονομία των οικονομικών είναι τα οικονομικά της εργονομίας.

Σαν μια προσπάθεια να αποκατασταθεί αυτή η κατάσταση, θέλω να μοιραστώ μαζί σας ένα ευρύ φάσμα εργονομικών εφαρμογών τις οποίες ο προκάτοχός μου Tom Eggemeier ως Πρόεδρος της ΕΑΠΕ, και εγώ έχουμε συγκεντρώσει στις Ηνωμένες Πολιτείες και αλλού, στις οποίες τεκμηριώνονται οι δαπάνες και τα οικονομικά οφέλη.

## **6.2 Εργονομικές Εφαρμογές**

### **6.2.1 Βιομηχανία δασοκομίας**

Η πρώτη ομάδα παραδειγμάτων αναφέρεται στη δασοκομία. Το τμήμα Δασικής Τεχνολογίας του πανεπιστημίου Stellenbosch και η Ergotech - η μόνη αληθινή συμβουλευτική εταιρία εργονομίας στη Νότια Αφρική - ανέλαβαν μια σειρά συντονισμένων κοινών προγραμμάτων για τη βελτίωση της ασφάλειας και της παραγωγικότητας στη βιομηχανία δασοκομίας της Ν. Αφρικής.

**Προστατευτικά καλύμματα ποδιών.** Σε ένα πρόγραμμα, πραγματοποιήθηκε μια ανθρωπομετρική έρευνα σε ένα πολύ ετερογενές εργατικό δυναμικό για να παρέξει τα βασικά στοιχεία για τον επανασχεδιασμό προστατευτικών καλυμμάτων για τα πόδια των δασοκόμων. Η νοτιοαφρικανική βιομηχανία δασοκομίας επανδρώνεται από μια μεγάλη ποικιλία εθνικών ομάδων οι οποίες έχουν ποικίλες ανθρωπομετρικές μετρήσεις. Το αρχικό κάλυμμα, που προέρχονταν από τη Βραζιλία, τροποποιήθηκε για να βελτιώσει εργονομικά τους τύπους των κουμπωμάτων με βάση τις

ανθρωπομετρικές διαστάσεις, καθώς επίσης και για να ενσωματωθούν βελτιωμένα υλικά. Η διαδικασία τροποποίησης του εργονομικού σχεδιασμού περιελάμβανε μια εκτενή σειρά δοκιμών για την χρησιμοποίησιμότητα για μια περίοδο μεγαλύτερη του ενός εξαμήνου.

Στη συνέχεια, σε μια καλά σχεδιασμένη δοκιμή πεδίου, αυτά τα εργονομικά τροποποιημένα προστατευτικά καλύμματα ποδιών εισήχθησαν σε μια φυτεία ευκαλύπτων προς χρήση από τους αρμοδίους για την κοπή των κλαδιών με τσεκούρια. Μεταξύ των 300 εργατών, εμφανιζόταν ένας μέσος όρος δέκα τραυματισμών ανά ημέρα με μια μέση άδεια για λόγους υγείας πέντε ημερών ανά τραυματισμό. Κατά την περίοδο της δοκιμής για ένα έτος, δεν συνέβη ούτε ένας τραυματισμός ποδιών με αποτέλεσμα όχι μόνο σημαντική σωτηρία ανθρώπινου πόνου και ταλαιπωρίας αλλά και άμεση καθαρή εξοικονόμηση κόστους στην επιχείρηση κατά 250.000 δολάρια. Με την χρήση των προστατευτικών καλυμμάτων για τα πόδια σε όλη τη βιομηχανία δασοκομίας σκληρού ξύλου της Ν. Αφρικής υπολογίζεται πως εξοικονομούνται 4 εκατομμύρια δολάρια ετησίως (Warkotsch, 1994).

**Επανασχεδιασμός ελκυστήρων - ρυμουλκούμενων.** Μια δεύτερη μελέτη είχε ως σκοπό να βελτιώσει εργονομικά τη διάταξη των θέσεων και την ορατότητα από 23 ελκυστήρες - ρυμουλκούμενα μιας επιχείρησης ξυλείας, με μια επένδυση 300 \$ ανά μονάδα. Αυτό οδήγησε σε μια πιο λειτουργική θέση για τη φόρτωση, βελτίωση της ορατότητας και παράλληλα βελτιωμένη άνεση για το χειριστή. Κατά συνέπεια οι νεκροί χρόνοι που προκαλούνταν από τυχαίες ζημιές στους υδραυλικούς σωλήνες, σε διάφορα εξαρτήματα κλπ. μειώθηκαν κατά 2.000 \$ ετησίως ανά μονάδα και η καθημερινή εξαγωγή σκληρού ξύλου αυξήθηκε κατά ένα φορτίο ανά ημέρα ανά όχημα. Τελικά, για την συνολική επένδυση των 6.900 δολαρίων, επιτεύχθηκε μείωση ενός ανελαστικού κόστους κατά 65.000 δολάρια ετησίως - μια αναλογία κόστους - οφέλους 1 προς 9,1 (Warkotsch, 1994).

**Άλλες καινοτομίες.** Άλλες καινοτομίες από αυτήν την ίδια συνεργασία μεταξύ του πανεπιστημίου Stellenbosch, της Ergotech και διάφορων επιχειρήσεων δασοκομίας περιλαμβάνουν (α) την ανάπτυξη ενός μοναδικού, ελαφρού και φιλικού προς το περιβάλλον τύπου αγωγών πτώσης ξυλείας για αποδοτικότερη και πιο ασφαλή μεταφορά των ακατέργαστων κορμών σε μεγάλες κλίσεις (β) τον επανασχεδιασμό τρίτροχων φορτωτών υδροστατικής μετάδοσης για να μειωθούν οι υπερβολικές δονήσεις σε ολόκληρο το σώμα και ο θόρυβος (γ) την ταξινόμηση διαφορετικών συνθηκών του εδάφους - συμπεριλαμβανομένης της κλίσης του εδάφους, της τραχύτητας και άλλων συνθηκών - και καθορισμό του πιο αποτελεσματικού συστήματος συγκομιδής δέντρων (μέθοδος και εξοπλισμός) για κάθε μια ξεχωριστά και (δ) την ανάπτυξη εργονομικών πινάκων ελέγχου και μελετών του περιβάλλοντος εργασίας προσαρμοσμένων στη δασική βιομηχανία. Όλα αυτά αναμένεται να οδηγήσουν σε σημαντική μείωση του κόστους, καθώς επίσης και σε μεγαλύτερη ικανοποίηση των εργαζομένων και βελτιωμένη ποιότητα ζωής στην εργασία (Warkotsch, 1994).



Πιστεύω ότι αυτό είναι ένα καλό παράδειγμα για το πώς η εργονομία μπορεί ενδεχομένως να συμβάλει σε οποιαδήποτε βιομηχανία όταν υπάρχει πραγματική προσπάθεια για συνεργασία και δέσμευση.

## **6.2.2 Αεροσκάφος μεταφορών C- 141**

Πριν από 35 έτη περίπου, απασχολήθηκα στο γραφείο του προγράμματος ανάπτυξης συστημάτων του αεροσκάφους C-141 της Πολεμικής Αεροπορίας των Η.Π.Α. ως μηχανικός έργου και για την εργονομία και για την εξασφάλιση εναλλακτικών αποστολών. Τα C- 141 επρόκειτο να σχεδιαστούν έτσι ώστε το διαμέρισμα φορτίου τους, μέσω της εγκατάστασης εναλλακτικών εξαρτήσεων της κάθε αποστολής, να μπορεί να μετατραπεί για εναέρια παράδοση φορτίου, μεταφορά και πτώση αλεξιπτωτιστών, μεταφορά επιβατών ή ιατρική εκκένωση. Όπως διαμορφώθηκε αρχικά, οτιδήποτε δεν ήταν απαραίτητο να περιληφθεί στα αεροσκάφη τοποθετήθηκε σε μια από τις εναλλακτικές εξαρτήσεις αποστολής, καθιστώντας τις βαριές και σύνθετες και απαιτούσε σημαντικό χρόνο και προσπάθεια για να εγκατασταθεί.

Στη συνάντηση με τους μελλοντικούς χρήστες, τη διοίκηση της πολεμικής αεροπορίας για την αερομεταφορά υλικών, έγινε συζήτηση για την οργανωτική σχεδίαση, την διαχείριση και την πραγματική εκμετάλλευση των αεροσκαφών, μπόρεσα να προσδιορίσω τα πολυάριθμα τμήματα των εξαρτήσεων που σπανίως θα αφαιρούνταν από το αεροπλάνο. Χρησιμοποιώντας αυτά τα στοιχεία, συνεργάστηκα με τους μηχανικούς σχεδιασμού της Lockheed για να αναδιαμορφώσω τις εξαρτήσεις να αφαιρέσω αυτά τα εξαρτήματα και άντ' αυτού, να τα εγκαταστήσω μόνιμα στα αεροσκάφη. Όπως τεκμηριώνεται από τις προτάσεις μηχανολογικών αλλαγών, αυτή η προσπάθεια απλοποίησε πολύ το σύστημα και μείωσε το πραγματικό επιχειρησιακό βάρος του αεροσκάφους και επομένως, τις σχετικές δαπάνες λειτουργίας και συντήρησης για περισσότερα από 200 αεροσκάφη κατά τη διάρκεια των προηγούμενων 35 ετών. Οι αλλαγές μείωσαν επίσης το χρόνο και τον κόπο εγκατάστασης και τις απαιτήσεις αποθήκευσης των εξαρτήσεων. Επιπλέον, εξοικονομήθηκαν πάνω από 2 εκατομμύρια δολάρια στο αρχικό κόστος του στόλου των αεροσκαφών. Πιστεύω ότι αυτό είναι μια καλή απεικόνιση για το πώς οι μακροεργονομικές εκτιμήσεις μπορούν να οδηγήσουν σε πολύ οικονομικώς αποδοτικές βελτιώσεις μικροεργονομικού σχεδιασμού των συστημάτων.

Αυτές και άλλες πολυάριθμες εργονομικές εκτιμήσεις κόστους - οφέλους και βελτιώσεις στο σχεδιασμό των C- 141 πλησίασαν το συνολικό κόστος λιγότερο από 500.000 \$ επαγγελματικής εργονομικής προσπάθειας και οδήγησαν σε μείωση του κόστους πάνω από 5.000.000 \$ αναλογία κόστους - οφέλους καλύτερη από ένα προς δέκα. Πιστεύω ότι η καταγεγραμμένη αληθινή εξαιρετική ασφάλεια των αεροσκαφών και η ανυπολόγιστη εξοικονόμηση που μπορεί να αποφευχθεί από την

απώλεια των αεροσκαφών, τουλάχιστον εν μέρει, να αποδοθεί στην υγιή προσπάθεια εργονομικής ανάπτυξης.

### **6.2.3 Συστήματα διακίνησης υλικών**

Μια ομάδα που κάνει μια κάπως καλύτερη εργασία τεκμηρίωσης των δαπανών και των κερδών των εργονομικών επεμβάσεων είναι το Τμήμα Επιστημών Ανθρώπινης Εργασίας στο Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο της Lulea στη Σουηδία. Τα ακόλουθα παραδείγματα είναι από την εργασία του τομέα Περιβαλλοντικής Τεχνολογίας στη χαλυβουργία. Η βασική προσέγγιση στην εργονομική ανάλυση και τον επανασχεδιασμό σε αυτά τα προγράμματα ήταν να εμπλακούν οι εκπρόσωποι των εργαζομένων μαζί με την Επιστημονική ομάδα της Lulea. Για κάθε πρόγραμμα, υπολογίστηκε η περίοδος "εξόφλησης" σε συνεργασία με τη διοίκηση της εταιρίας.

#### **Διακίνηση χαλύβδινων σωλήνων και ράβδων & σύστημα διαφύλαξης αποθεμάτων.**

Επανασχεδιάστηκε εργονομικά ένα ημιαυτόματο σύστημα διακίνησης υλικών και διαφύλαξης αποθεμάτων για σωλήνες και ράβδους από χάλυβα. Ο επανασχεδιασμός μείωσε το επίπεδο θορύβου στην περιοχή από 96 dB σε 78 dB, αύξησε την παραγωγή κατά 10 %, μείωσε την απόρριψη από 2,5 % σε 1 % και έκανε απόσβεση των δαπανών για τον επανασχεδιασμό και την ανάπτυξη σε περίπου 18 μήνες. Μετά από αυτό το διάστημα, όλα ήταν κέρδος.

**Σύστημα διακίνησης και αποθήκευσης βιομηχανίας σωλήνων.** Κατά την βιομηχανική κατασκευή σωλήνων, το σύστημα διακίνησης και αποθήκευσης τους είχε ένα απαράδεκτα υψηλό επίπεδο θορύβου και ένα υψηλό ποσοστό απόρριψης από ζημιές, απαιτήσεις για ανύψωση βαρέων αντικειμένων, ανεπαρκή οργάνωση των προϊόντων και φτωχά μέτρα ασφάλειας. Ο εργονομικός επανασχεδιασμός εξάλειψε τις ζημιές στα αποθέματα και βελτίωσε την οργάνωση τους, μείωσε τις δυνάμεις ανύψωσης σε ένα αποδεκτό επίπεδο, μείωσε το επίπεδο θορύβου από τα 20 dB και μέχρι σήμερα, έχει οδηγήσει σε μηδενικό αριθμό ατυχημάτων και σε αύξηση της παραγωγικότητας με μια περίοδο απόσβεσης 15 μηνών μόνο.

**Συγκρότημα χειρισμού σφυρηλατικής μηχανής.** Το παλαιό συγκρότημα χειρισμού αντικαταστάθηκε από νέο, το οποίο που έχει μια εργονομικά σχεδιασμένη καμπίνα και ένα γενικά καλύτερο σχεδιασμό της θέσης εργασίας. Σε σύγκριση με το παλαιό, μειώθηκε η δόνηση ολόκληρου του σώματος, ο θόρυβος κατά 18 dB, οι άδειες για λόγους υγείας των χειριστών ελαττώθηκαν από 8 % σε 2 %, βελτιώθηκε η παραγωγικότητα και οι δαπάνες συντήρησης μειώθηκαν κατά 80 %.

### **6.2.4 Σχεδιασμός ή επανασχεδιασμός προϊόντων**

Το οικονομικό όφελος του εργονομικού σχεδιασμού ή του επανασχεδιασμού ενός προϊόντος μπορεί να αξιολογηθεί με διάφορους τρόπους, για παράδειγμα, από τον αντίκτυπό του (α) στην αξία του αποθέματος της επιχείρησης, (β) στις πωλήσεις, (γ) στην παραγωγικότητα ή (δ) στις μειώσεις των ατυχημάτων. Εδώ παρέχονται τέσσερα πολύ διαφορετικά είδη προϊόντων ως παραδείγματα κάθε μιας από αυτές τις ευεργετικές οικονομικές επιδράσεις.

**Αντικατάσταση για τις γραμμές παραγωγής περονοφόρων ανυψωτικών οχημάτων.** Ο Alan Hedge και οι συνάδελφοί του στο εργαστήριο εργονομίας στο πανεπιστήμιο Cornell συμμετείχαν με την επιχείρηση βιομηχανικού σχεδιασμού Pelican Design της Νέας Υόρκης και την εταιρία Raymond στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη μιας νέας γενιάς περονοφόρων ανυψωτικών οχημάτων για να αντικαταστήσουν τις δύο υπάρχουσες γραμμές προϊόντων της Raymond. Δόθηκε πρωταρχική σημασία στις αρχές του εργονομικού σχεδιασμού και υιοθετήθηκε μια "μέσα-έξω" ανθρωποκεντρική μέθοδος προσέγγισης, με τη μορφή του οχήματος να κατασκευάζεται γύρω από τις ανάγκες του χειριστή. Ο στόχος ήταν να μεγιστοποιηθεί η άνεση των χειριστών, να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι ατυχημάτων και να μεγιστοποιηθεί η παραγωγικότητα με τη βελτιστοποίηση του χρόνου για κάθε κύκλο εργασίας. Την εποχή που άρχισε το έργο ανάπτυξης, το μερίδιο αγοράς της Raymond είχε μειωθεί από την προηγούμενη κυρίαρχη θέση στην αγορά πάνω από 70 % των πωλήσεων σε περίπου 30 %, και συνεχώς συρρικνωνόταν.

Οι νέες γραμμές οχημάτων στενής νησίδας και αιώρησης εισήχθησαν στις Ηνωμένες Πολιτείες το 1992 και στην Ευρώπη το 1993. Τα βιβλία παραγγελιών της Raymond είναι γεμάτα και η επιχείρηση άλλη μια φορά απολαμβάνει την επιτυχία. Η μετοχή της Raymond έχει ανέλθει από περίπου 6 \$ ανά μερίδιο στην έναρξη του προγράμματος σε περίπου 21 \$ σήμερα (Alan Hedge, προσωπική επικοινωνία).

**Τηλεχειριστήρια τηλεόρασης και μαγνητοσκοπίων (βίντεο).** Η εταιρία Thomson Consumer Electronic αρχικά ανέπτυξε την ιδιαίτερα επιτυχή προσέγγισή στο σχεδιασμό με κέντρο τον χρήστη όταν ανέπτυξε το System Link, ένα εργονομικά προσανατολισμένο τηλεχειριστήριο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους τύπους προϊόντων διαφορετικών κατασκευαστών. Το σχέδιο του αρχικού τηλεχειριστηρίου της Thomson διέφερε λίγο από αυτά των ανταγωνιστών : ένα ορθογώνιο κουτί με σειρές μικρών, ίδιων κουμπιών.

Χρησιμοποιώντας την προσέγγιση ανθρωποκεντρικού σχεδιασμού της εταιρίας, το αρχικό σχέδιο αντικαταστάθηκε με νέο εργονομικό, το οποίο μεταξύ άλλων, ήταν πιο εύκολο στο κράτημα, χρησιμοποιήθηκαν χρωματιστά λαστιχένια κουμπιά μαλακής αφής με διακριτά μεγέθη και σχήματα και διαχωρίστηκαν τα κουμπιά για το βίντεο από αυτά της τηλεόρασης επάνω και κάτω από το

αριθμητικό πληκτρολόγιο. Όταν το 1988, βγήκε στην αγορά αυτό το νέο, εργονομικά σχεδιασμένο τηλεχειριστήριο System Link έκανε άλμα κερδών σε σχέση με τον ανταγωνισμό και η Thomson έχει πωλήσει από τότε εκατομμύρια τεμάχια. Ως αποτέλεσμα αυτής της επιτυχίας, ο εργονομικός σχεδιασμός με κέντρο τον χρήστη έχει γίνει μια βασική πτυχή όλων των νέων αναπτυξιακών έργων της Thomson (Μάρτιος, 1994).

**Σύστημα DSS.** Ένα πιο πρόσφατο, ιδιαίτερα επιτυχές παράδειγμα, είναι το δορυφορικό ψηφιακό τηλεοπτικό σύστημα RCA DSS της Thomson. Σε όλες τις πτυχές, συμπεριλαμβανομένης της προβολής επί της οθόνης και του τηλεχειρισμού, χρησιμοποιήθηκε σχεδιασμός με κέντρο το χρήστη και δόθηκε εκτεταμένη εργονομική προσοχή (Μάρτιος, 1994).

**Οθόνη καθοδικού σωλήνα CRT.** Η εικόνα στην οθόνη που χρησιμοποιούσαν οι υπάλληλοι που εργάζονταν στις πληροφορίες καταλόγου της Ameritech (μιας περιφερειακής τηλεφωνικής εταιρίας των Ηνωμένων Πολιτειών) ξανασχεδιάστηκε εργονομικά από τους Scott Lively, Richard Omanson και Arnold Lund για να επιτευχθεί ο στόχος μείωσης του μέσου χρόνου επεξεργασίας της κλήσης. Ο επανασχεδιασμός περιέλαβε αντικατάσταση των κεφαλαίων γραμμμάτων με μια οθόνη που περιείχε και μικρά ανάλογα με την περίπτωση και την προσθήκη ενός χαρακτηριστικού φωτεινού τονισμού για τη λίστα που επέλεγε ο υπάλληλος στην κάθε περίπτωση. Με βάση εκτενείς μετρήσεις πριν και μετά την εισαγωγή της εργονομικά ξανασχεδιασμένης εικόνας της οθόνης, τα αποτελέσματα παρουσίασαν μείωση κατά 600 ms του μέσου χρόνου της κλήσης. Αν και φαινομενικά μικρή, αυτή η μείωση αντιπροσωπεύει ετήσια εξοικονόμηση περίπου 2,94 εκατομμυρίων δολαρίων για μια περιοχή πέντε πολιτειών, οι οποίες εξυπηρετούνται από την Ameritech.

**Επανασχεδιασμός συστήματος εκπαίδευσης.** Σε μια σχετική προσπάθεια, που έγινε μαζί με το Ινστιτούτο για την Εκμάθηση των Επιστημών του Northwestern, η παραδοσιακή διάλεξη και η πρακτική εκπαίδευση για νέους τηλεφωνητές αντικαταστάθηκε από ένα εργονομικά σχεδιασμένο πρόγραμμα με τη βοήθεια υπολογιστή, το οποίο ενσωματώνει έναν εξομοιωτή του περιβάλλοντος εργασίας και κάνει ανατροφοδότηση των σφαλμάτων. Ως αποτέλεσμα, ο χρόνος κατάρτισης των χειριστών έχει μειωθεί από πέντε ημέρες σε μιάμιση ημέρα.

**Οπίσθιος λαμπτήρας πέδησης αυτοκινήτου τοποθετημένος ψηλά στο κέντρο.** Ο τοποθετημένος πίσω ψηλά στο κέντρο λαμπτήρας πέδησης (CHML center high-mounted automobile lamp) είναι ίσως η πιο γνωστή εργονομική βελτίωση σε ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο καταναλωτικό προϊόν. Στη δεκαετία του '70, η Εθνική Υπηρεσία Ασφάλειας Κυκλοφορίας Εθνικών Οδών (NHTSA= National Highway Traffic Safety Administration) χρηματοδότησε δύο ερευνητικά προγράμματα πεδίου που κατέδειξαν τη δυνατότητα προσθήκης ενός CHML για να μειωθούν οι χρόνοι αντίδρασης των οδηγών που ακολουθούν και επομένως, να αποφευχθούν ατυχήματα. Στα μέσα της δεκαετίας του '70,

αυτή η εργονομική καινοτομία και τρεις άλλες διαμορφώσεις εγκαταστάθηκαν σε 2.100 ταξί στην περιοχή της Ουάσιγκτον DC. Η διάταξη των CHML οδήγησε σε μια μείωση κατά 50 % αφ' ενός των μετόπισθεν συγκρούσεων και αφετέρου της δριμύτητας της πρόσκρουσης. Μετά από διάφορες πρόσθετες μελέτες πεδίου, το Ομοσπονδιακό Πρότυπο Ασφάλειας Μηχανοκίνητων Οχημάτων 108 τροποποιήθηκε και απαιτεί όλα τα νέα επιβατικά αυτοκίνητα που κατασκευάστηκαν μετά από το 1985 να έχουν CHMLs.

Με βάση αναλύσεις και των πραγματικών δαπανών παραγωγής για τα CHMLs και των πραγματικών στοιχείων ατυχημάτων για το 1986 και το 1987 για τα εξοπλισμένα με CHML αυτοκίνητα, η Εθνική Υπηρεσία Ασφάλειας Κυκλοφορίας Εθνικών Οδών (NHTSA) υπολόγισε ότι όταν όλα τα αυτοκίνητα είναι εξοπλισμένα με CHML (1997), θα αποφευχθούν ετησίως 126.000 αναφερόμενες συγκρούσεις με εξοικονόμηση υλικών ζημιών ύψους 910 εκατομμυρίων δολαρίων ετησίως. Αν προσθέταμε και την εξοικονόμηση ιατρικών δαπανών, φυσικά, αυτός ο αριθμός θα αυξάνονταν αρκετά. Το τελικό κόστος όλου του ερευνητικού προγράμματος ήταν 2 εκατομμύρια δολάρια και του ρυθμιστικού προγράμματος 3 εκατομμύρια δολάρια (Σώμα Έρευνας Μεταφορών, Εθνικό Ερευνητικό Συμβούλιο, 1989 Η.Π.Α.). Μια επένδυση 5 εκατομμυρίων δολαρίων για μια προσδοκώμενη ετήσια εξοικονόμηση 910 εκατομμυρίων δολαρίων : καθόλου κακή εργονομική επένδυση από την ομοσπονδιακή κυβέρνηση!

**Μαχαίρι ξεκοκάλισματος πουλερικών.** Ένας συνηθισμένος τύπος μαχαιριού χρησιμοποιούνταν για το ξεκοκάλισμα κοτόπουλων και γαλοπούλων σε ένα συσκευαστήριο πουλερικών. Το μαχαίρι έκανε κακής ποιότητας ξεκοκάλισμα και ένα υψηλό ποσοστό περιστατικών καρπικού συνδρόμου, τενοντίτιδας και φλεγμονών τένοντα οδήγησε σε αύξηση κατά 100.000 δολάρια ανά έτος των αποζημιώσεων των εργαζομένων.

Ένα νέο, εργονομικά σχεδιασμένο μαχαίρι σε σχήμα πιστολιού εισήχθη από τον εργονόμο Ian Chong, προϊστάμενο της Ergonomics Inc στο Σιάτλ, Ουάσιγκτον. Σχεδόν αμέσως αναφέρθηκε μικρότερος πόνος και «ευτυχέστερες» ομάδες κοπής. Κατά τη διάρκεια μιας πενταετούς περιόδου, οι σχετικές με την εργασία μυοσκελετικές διαταραχές των άνω άκρων μειώθηκαν κατά πολύ, οι ταχύτητες των γραμμών αυξήθηκαν κατά 2 % ως 6 %, τα κέρδη αυξήθηκαν λόγω του αποδοτικότερου ξεκοκάλισματος και εξοικονομήθηκαν 500.000 δολάρια από αποζημιώσεις των εργαζομένων (Ian Chong, προσωπική επικοινωνία). Αυτό είναι ένα καλό παράδειγμα για το πώς μια απλή, φθηνή εργονομική λύση μπορεί μερικές φορές να έχει μια πολύ υψηλή αποπληρωμή κόστους-οφέλους.

### 6.2.5 Επανασχεδιασμός θέσεων εργασίας

**Πάγκοι σερβιρίσματος τροφίμων.** Χρησιμοποιώντας μια συμμετοχική εργονομική προσέγγιση με το προσωπικό υπηρεσιών τροφίμων, ο συνάδελφος μου Andy Imada από το USC και ο George Stawowy, ένας επισκέπτης σπουδαστής από το πανεπιστήμιο του Aachen της Γερμανίας που κάνει το διδακτορικό του στην εργονομία, ξανασχεδίασαν τους δυο πάγκους σερβιρίσματος τροφίμων στο στάδιο Dodger του Λος Άντζελες (Imada και Stawowy, 1996). Το συνολικό κόστος ήταν 40.000 δολάρια. Εκτενείς μετρήσεις πριν και μετά έδειξαν μια μείωση του μέσου χρόνου συναλλαγής με τους πελάτες κατά περίπου 8 δευτερόλεπτα. Από άποψη χρημάτων, η αύξηση στην παραγωγικότητα για τους δυο πάγκους ήταν περίπου 1.200 δολάρια ανά παιχνίδι μπίζ-μπολ, με συνέπεια μια περίοδο απόσβεσης 33 παιχνιδιών ή 40 % μιας μεμονωμένης περιόδου μπίζ-μπολ. Η τροποποίηση αυτών των δυο πάγκων ήταν σχετικά δαπανηρή, καθώς επρόκειτο για ανάπτυξη των πρωτότυπων, καταναλώθηκε υπερβολικά μεγάλος χρόνος και προσπάθεια. Η τροποποίηση των άλλων 50 πάγκων στο στάδιο Dodger μπορεί τώρα να γίνει με κόστος 12.000 \$ ανά πάγκο και με περίοδο απόσβεσης μόνο 20 παιχνιδιών. Ενδεχομένως, οι προκύπτουσες αυξήσεις παραγωγικότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να μειώσουν τον χρόνο αναμονής των πελατών, αυξάνοντας επίσης με αυτόν τον τρόπο την ικανοποίηση των πελατών (Andrew Imada, προσωπική επικοινωνία).

Αυτή η προσπάθεια τροποποίησης είναι μόνο ένα μέρος ενός μακροεργονομικού προγράμματος επέμβασης για να βελτιωθεί η παραγωγικότητα. Ο Imada προβλέπει ότι η τρέχουσα εργασία για να βελτιωθεί η διαδικασία ολόκληρου του συστήματος -συμπεριλαμβανομένης της συσκευασίας, της αποθήκευσης, της παράδοσης των τροφίμων και των προμηθειών και των διοικητικών διαδικασιών, τελικά θα οδηγήσει σε μια πολύ μεγαλύτερη αύξηση της παραγωγικότητας.

**Θέσεις εργασίας λεπτής συναρμολόγησης.** Οι τυπικές θέσεις εργασίας σε μεγάλες εγκαταστάσεις συναρμολόγησης ηλεκτρονικών οδηγούν σε μη σωστές στάσεις και στις επακόλουθες σχετικές με την εργασία μυοσκελετικές διαταραχές. Ο Valery Venda του πανεπιστημίου της Manitoba έχει σχεδιάσει έναν νέο τύπο θέσης λεπτής συναρμολόγησης που χρησιμοποιεί μια κάμερα τηλεόρασης και μια οθόνη. Η κάμερα τηλεόρασης παρέχει όχι μόνο μια πολύ διευρυμένη εικόνα της εργασίας συναρμολόγησης, αλλά επιτρέπει στον εργαζόμενο να διατηρήσει μια καλύτερη στάση αλλά και πιο δυναμική κίνηση.

Με βάση εκτενείς συγκριτικές δοκιμές των παλαιών και των νέων θέσεων εργασίας, με τους νέους επιτυγχάνεται 15 % υψηλότερη παραγωγικότητα. Σύμφωνα με εκθέσεις του Venda η μέση αξία των προϊόντων συναρμολόγησης ανά εργαζόμενο ανά βάρδια σε αυτούς τους τύπους θέσεων εργασίας ποικίλλει μεταξύ 15.000 και 20.000 δολαρίων. Κατά συνέπεια, η πρόσθετη αξία που παράγεται από έναν εργαζόμενο που χρησιμοποιεί το νέο σταθμό εργασίας θα είναι 2.250 έως 3.000 δολάρια ανά

ημέρα. Αν και είναι πάρα πολύ νωρίς για να το πει ακριβώς, ο Venda προβλέπει ότι οι νέοι σταθμοί εργασίας τελικά θα μειώσουν τους επαγγελματικούς τραυματισμούς για αυτές τις εργασίες κατά 20 % (Valery Venda, προσωπική επικοινωνία).

#### **6.2.6 Μείωση μυοσκελετικών διαταραχών που σχετίζονται με την εργασία.**

Λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία αυτού του ζητήματος και την αξιοσημείωτη προσοχή και συζητήσεις που έχουν προκύψει από την εισαγωγή των προτεινόμενων εργονομικών κανονισμών στους εργασιακούς χώρους και σε ομοσπονδιακό και πολιτειακό (π.χ., Καλιφόρνια) επίπεδο και σε δύο Καναδικές επαρχίες, έχω περιλάβει πέντε παραδείγματα, ιδιαίτερα επιτυχών προγραμμάτων εργονομικής παρέμβασης.

**AT & T.** Η εταιρεία AT & T Συνολικές Λύσεις Πληροφορικής στο Σαν Ντιέγκο της Καλιφόρνιας, απασχολεί 800 άτομα και κατασκευάζει υπολογιστές μεγάλης ισχύος. Μετά από τις αναλύσεις 200 αρχείων επαγγ. ασθένειας, η εταιρία προσδιόρισε τρεις τύπους τραυματισμών που συνέβαιναν συχνότερα : ανύψωση, στερέωση και πληκτρολόγηση. Η εταιρία διεξήγαγε έπειτα εκτενείς αναλύσεις πεδίου για να προσδιορίσει τις εργονομικές ανεπάρκειες. Ως αποτέλεσμα, η εταιρία έκανε εργονομικές βελτιώσεις των θέσεων εργασίας και παρείχε κατάλληλη εκπαίδευση για ανύψωση σε όλους τους υπαλλήλους. Στο πρώτο έτος μετά από τις αλλαγές, οι απώλειες από αποζημιώσεις για τους εργαζομένους μειώθηκαν περισσότερο από το 75 %, δηλαδή από 400.000 σε 94.000 \$.

Σε έναν δεύτερο κύκλο αλλαγών, αντικαταστάθηκαν τα συστήματα μεταφορικών ταινιών με μικρές ατομικές πλατφόρμες με ανυψωτικά ψαλίδια και οι βαρέως τύπου πνευματικοί κινητήρες με ελαφρύτερους ηλεκτρικούς αυτό ακολουθήθηκε από αλλαγή από τη διαδικασία γραμμής συναρμολόγησης σε μία όπου ο κάθε εργαζόμενος κατασκευάζει σε ένα ολόκληρο θάλαμο, με τη δυνατότητα να αλλάξει εύκολα θέση από όρθιος σε καθιστός. Μια περαιτέρω μείωση των απωλειών λόγω αποζημιώσεων προς τους εργαζομένους είχε σαν αποτέλεσμα κέρδος 12.000 δολαρίων. Από την άποψη των χαμένων ημερών εργασίας λόγω τραυματισμών, το 1990 υπήρξαν 298, το 1993 και το 1994 δεν υπήρξε καμία (κέντρο πληροφοριών υγείας εργασιακών χώρων, 1995 α). Συμπερασματικά, αυτές οι εργονομικές αλλαγές έχουν μειώσει τις δαπάνες αποζημιώσεων των εργαζομένων στην AT & T κατά τη διάρκεια της περιόδου 1990-1994 κατά 1,48 εκατομμύρια δολάρια. Οι δαπάνες για αυτές τις εργονομικές βελτιώσεις αντιπροσωπεύουν μόνο ένα μικρό μέρος αυτής της εξοικονόμησης.

**Υποδήματα Red Wing.** Ξεκίνησε το 1985 με (α) την έναρξη ενός προγράμματος ενημέρωσης για

την ασφάλεια το οποίο περιλάμβανε τη βασική οργάνωση και τη λειτουργία των μηχανών, τις αρχές ασφάλειας και την μηχανική του σώματος, τις σωρευτικές τραυματικές διαταραχές (ΣΤΔ) [CTD (cumulative trauma disorder)] και μηνιαίες συναντήσεις για την ασφάλεια (β) πρόγραμμα ασκήσεων έκτασης και διατήρησης τη φυσικής κατάστασης (γ) τη μίσθωση ενός συμβούλου εργονομίας και (δ) την εξειδικευμένη κατάρτιση στην εργονομία και στην οργάνωση των θέσεων εργασίας για τους εργαζομένους στη συντήρηση των μηχανών και τους μηχανικούς παραγωγής. Η υποδηματοποιία Red Wing στη Minnesota ανέλαβε μια δέσμευση για τη μείωση των ΕΜΥΔ (Εργασιακές Μυοσκελετικές Διαταραχές) [WMSD (Work related Musculoskeletal Disorder)] μέσω της εργονομίας. Η επιχείρηση αγόρασε ρυθμιζόμενες εργονομικές καρέκλες για όλους τους χειριστές που εκτελούσαν καθιστική εργασία και αντικοπωτικά χαλιά για όλες τις εργασίες που εκτελούνταν σε όρθια στάση, καθιέρωσε συνεχή ροή παραγωγής (που περιέλαβε και τους χειριστές που εργάζονται κατά ομάδες), εκπαίδευση σε διαφορετικά αντικείμενα και εναλλασσόμενη εργασία, πραγματοποίησε εργονομικό επανασχεδιασμό επιλεγμένων μηχανών και σταθμών εργασίας για ευελιξία και την εξάλειψη των άβολων θέσεων για μεγαλύτερη ευκολία στην λειτουργία και τροποποίησε τις διαδικασίες παραγωγής για την μείωση των καταπονήσεων από σωρευτικά τραύματα. Ως αποτέλεσμα αυτών των διάφορων εργονομικών επεμβάσεων, τα ασφάλιστρα για αποζημιώσεις στους εργαζομένους μειώθηκαν κατά 70 % από το 1989 ως το 1995, με συνέπεια αποταμίευση 3,1 εκατομμυρίων δολαρίων. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, ο αριθμός των χαμένων ημερών λόγω τραυματισμών που δηλώνονται σύμφωνα με την υπηρεσία ΕΑΥ (Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγιεινής, OSHA) μειώθηκε από μια αναλογία 75 ανά 100 υπαλλήλους που απασχολούνται σε ένα έτος σε 19 ανά 100. Η επιτυχία αυτού του προγράμματος αποδίδεται στην υποστήριξη της ανώτερης διοίκησης, την εκπαίδευση και την κατάρτιση των υπαλλήλων και στο ότι ο καθένας είναι αρμόδιος για το συντονισμό της εργονομίας. Επίσης θα σημειώνα την προοπτική αυτής της προσπάθειας για το συνολικό σύστημα (Κέντρο Πληροφοριών Υγείας Εργασιακών Χώρων, 1995 β).

**Εργονομική εκπαίδευση και παρακολούθηση της εφαρμογής.** Το 1992, ο Bill Brough της εταιρίας Washington Ergonomics διεξήγαγε ένα ημερήσιο σεμινάριο για τις δια-τμηματικές ομάδες των μηχανικών, για το προσωπικό διαχείρισης ανθρώπινων πόρων για τα μέλη των επιτροπών εργονομίας και ασφάλειας από επτά κατασκευαστικές επιχειρήσεις που ασφαλίστηκαν από τις εταιρείες Tokyo Marine και την Fire Insurance Company. Το σεμινάριο δίδαξε τις βασικές αρχές της εργονομίας και παρείχε τα υλικά για να εφαρμοστεί μια συμμετοχική εργονομική διαδικασία. Η εκπαίδευση εστιάστηκε στις τεχνικές που εμπλέκουν τους εργαζομένους, στην αξιολόγηση των συνθηκών των εργασιακών χώρων και στην πραγματοποίηση οικονομικώς αποδοτικών βελτιώσεων. Τα υλικά της τάξης παρείχαν τα εργαλεία για την εδραίωση μιας βασικής γραμμής, την θέσπιση των στόχων για βελτίωση, και την μέτρηση των αποτελεσμάτων.

Σε έξι από τις επιχειρήσεις, τα στοιχεία και τα υλικά του σεμιναρίου χρησιμοποιήθηκαν από τις



ομάδες για να εφαρμόσουν ένα συμμετοχικό πρόγραμμα εργονομίας με τους εργαζομένους και έλαβαν και χρηματοδότηση από τη διεύθυνση και υποστήριξη από τους εργαζομένους. Η έβδομη επιχείρηση δεν συμμετείχε στην εφαρμογή της εκπαίδευσης.

Για τις έξι επιχειρήσεις που συμμετείχαν, οι αναφερόμενοι τραυματισμοί που οφείλονταν σε καταπόνηση ελαττώθηκαν σταδιακά από τους 131 στους έξι μήνες πριν από την εκπαίδευση σε 42 για το εξάμηνο που τελείωνε 18 μήνες αργότερα. Το κόστος αυτών των τραυματισμών για τους προηγούμενους έξι μήνες ήταν 688.344 δολάρια. Για το εξάμηνο που τελείωσε ύστερα από 18 μήνες, οι δαπάνες για τραυματισμούς είχαν μειωθεί σε 72.600 \$, μια καθαρή αποταμίευση πάνω από 1.348.748 \$ για 18 μήνες, χρησιμοποιώντας το αρχικό εξάμηνο ως βάση.

Η συμμετοχή των εργαζομένων σύμφωνα με αναφορές μεγάλωσε τον ενθουσιασμό και ενθάρρυνε το κάθε άτομο να αναλάβει μέρος της ευθύνης για την επιτυχία του προγράμματος. Σύμφωνα με τον Brough, η μείωση των τραυματισμών προέκυψε από τη δέσμευση για συνεχή βελτίωση και επιτεύχθηκε από πολλές μικρές αλλαγές και όχι από ένα μοναδικό σημαντικό γεγονός. Για την επιχείρηση που δεν συμμετείχε στην εφαρμογή της εκπαίδευσης, ο αριθμός των αναφορών για τραυματισμούς λόγω καταπόνησης ήταν 12 για τους έξι μήνες πριν από την κατάρτιση και 10, 16 και 25, αντίστοιχα, για τα τρία επόμενα εξάμηνα. Εν ολίγοις, τα πράγματα χειροτέρεψαν αντί να βελτιωθούν (Bill Brough, προσωπική επικοινωνία και υποστηρικτική τεκμηρίωση).

Σε συνδυασμό με την ενεργή υποστήριξη διοίκησης και εργαζομένων η εταιρεία Tokyo Marine ανάγει τις μειώσεις των τραυματισμών λόγω καταπόνησης στις έξι επιχειρήσεις που συμμετείχαν κατ' ευθείαν στο πρόγραμμα συμμετοχικής κατάρτισης στην εργονομία του Brough και το σχετικό υλικό. Αυτό είναι ένα καλό παράδειγμα για το τι μπορεί να συμβεί όταν συνδεθεί η συνεργατική δέσμευση διοίκησης - εργαζομένων με την επαγγελματική εργονομία.

**Deere & Σια.** Ένα από τα πιο γνωστά επιτυχή προγράμματα εργονομίας για βιομηχανική ασφάλεια είναι αυτό της εταιρείας Deere & Σια του μεγαλύτερου κατασκευαστή γεωργικού εξοπλισμού στη Βόρεια Αμερική. Το 1979, η Εταιρεία αναγνώρισε ότι οι παραδοσιακές επεμβάσεις όπως εκπαίδευση των υπαλλήλων στις ανυψώσεις και η συντηρητική ιατρική διαχείριση από μόνες τους, ήταν ανεπαρκείς για να μειώσουν τους τραυματισμούς. Έτσι η επιχείρηση άρχισε να χρησιμοποιεί εργονομικές αρχές για να επανασχεδιάσει και να μειώσει τις φυσιολογικές εντάσεις της εργασίας.

Τελικά, διορίστηκαν εργονομικοί συντονιστές σε όλα τα εργοστάσια, χυτήρια και τα κέντρα διανομής της Deere στις Η.Π.Α. και στον Καναδά. Αυτοί οι συντονιστές, που επιλέχθηκαν από τα τμήματα βιομηχανικής μηχανολογίας και ασφάλειας, εκπαιδεύθηκαν στην εργονομία. Σήμερα, οι

αξιολογήσεις και οι αναλύσεις της εργασίας γίνονται μέσα στην επιχείρηση από εργονομικούς συντονιστές μερικής απασχόλησης και από ομάδες και επιτροπές μισθωτών υπαλλήλων για εργονομικά θέματα. Η επιχείρηση έχει αναπτύξει δικούς της εργονομικούς καταλόγους και χάρτες. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει εκτεταμένη συμμετοχή των υπαλλήλων.

Από το 1979, η Deere έχει καταγράψει μια μείωση κατά 83 % της επίπτωσης των τραυματισμών στην πλάτη και μέχρι το 1984 είχε μειώσει τις δαπάνες για αποζημιώσεις στους εργαζομένους κατά 32 %. Σύμφωνα με τον Gary Lovestead, κάθε έτος εφαρμόζονται εκατοντάδες έως χιλιάδες εργονομικών βελτιώσεων και σήμερα, η εργονομία είναι ενσωματωμένη στην κουλτούρα λειτουργίας της Deere (Κέντρο Πληροφοριών Υγείας Εργασιακών Χώρων, 1995c).

**Εταιρία σιδηροδρόμων Union Pacific (Η.Π.Α.).** Στις αρχές της δεκαετίας του '80, το εργοστάσιο επισκευής αμαξών Palistine κοντά στο Ντάλας του Τέξας, είχε τις χειρότερες στατιστικές ασφάλειας μεταξύ όλων των εργοστασίων της Εταιρείας. Αξιοσημείωτη ήταν η ιδιαίτερα υψηλή συχνότητα τραυματισμών της πλάτης. Παραδείγματος χάριν, το 1985, 9 από τους 13 τραυματισμούς με απώλειες χρόνου ήταν τραυματισμοί της πλάτης και συσσωρεύτηκαν 579 χαμένες ημέρες εργασίας και 194 περιορισμένης εργασίας. Αυτό το έτος επισκευάστηκαν μόνο 1.564 άμαξες και η συστηματική αποχή από την εργασία έφτασε στο 4 % (Ένωση Αμερικανικών Σιδηροδρόμων, 1989).

Το υπολογιστικό μοντέλο για την συμπίεση της πλάτης του Κέντρου εργονομίας του Πανεπιστημίου του Μίσιγκαν τροποποιήθηκε και επεκτάθηκε για εύκολη εφαρμογή στο περιβάλλον του σιδηροδρόμου και “συσκευάστηκε” ως πακέτο λογισμικού από την Ένωση Αμερικανικών Σιδηροδρόμων. Το μοντέλο πλάτης της ΕΑΣ πρωτοπαρουσιάστηκε στο εργοστάσιο Palestine για να προσδιορίσει τις δραστηριότητες της εργασίας που υπερέβαιναν τις αποδεκτές τιμές συμπίεσης της πλάτης και ξανασχεδιάστηκε ο εξοπλισμός που υποστηρίζει τις διάφορες εργασίες που απαιτούν ανύψωση αντικειμένων. Παραδείγματος χάριν, ένα τραπέζι αποθήκευσης αρθρώσεων διωστήρων σχεδιάστηκε για την αποθήκευση των βάρους 90 lb αρθρώσεων. Στο παρελθόν, στοιβάζονταν με τα χέρια στο έδαφος και έπειτα ανυψώνονταν από εκεί. Επιπλέον, υιοθετήθηκε ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα για τους τραυματισμούς της πλάτης, με την ονομασία “Pro-Back” και κάθε εργαζόμενος διδάχθηκε πώς να σκύβει και να σηκώνει ακίνδυνα διάφορα αντικείμενα. Τέλος, η στάση της διοίκησης και οι προτεραιότητες για την ασφάλεια μεταβιβάστηκαν μέσω εβδομαδιαίων συνεδριάσεων με τους υπευθύνους για την ασφάλεια εργασίας από κάθε περιοχή εργασίας και σε τριμηνιαίες συνεδριάσεις όπου συμμετείχαν όλοι οι υπάλληλοι του εργοστασίου.

Από το 1985 ως το 1988, τα συνολικά επεισόδια τραυματισμών έπεσαν από τα 33 στα 12, οι τραυματισμοί της πλάτης από 13 σε 0, οι χαμένες ημέρες από 579 σε 0, οι ημέρες περιορισμένης

εργασίας από 194 έως 40 (όλες από τους δευτερεύουσας σημασίας τραυματισμούς εκτός της πλάτης) και η συστηματική αποχή από την εργασία από το 4 % στο 1 %. Ο αριθμός των αμαξών που επισκευάστηκαν ετησίως έφτασε από 1.564 το 1985 σε 2.900 το 1988, μια αύξηση σε χρηματική αξία κατά 3,96 εκατομμύρια δολάρια. Η Union Pacific υπολογίζει την αναλογία κόστους - οφέλους κατά προσέγγιση 1 προς 10 (Ενωση Αμερικανικών Σιδηροδρόμων, 1989).

**IBM.** Αμέσως μετά που η εταιρία IBM άρχισε την αποστολή του προϊόντος της Displaywriter στους πελάτες της, μια έκθεση έδειξε ότι η συναρμολόγηση του προϊόντος από τους πελάτες αποτύγχανε. Η παρακολούθηση του προβλήματος από τον εργονόμο Daniel Kolar, πρόεδρο της Info Xfer, μιας εταιρίας συμβούλων για την χρησιμοποίησιμότητα στο Austin του Τέξας, κατέληξε στο ότι το πρόβλημα ήταν στα συχνά λάθη στη γραμμή συσκευασίας. Οι συσκευαστές δεν είχαν ιδέα για το τι έκαναν επειδή είχαν ανεπαρκή πληροφόρηση σχετικά με την συγκεκριμένη εργασία. Ο Daniel διεξήγαγε μια ανάλυση εργασίας και έπειτα την χρησιμοποίησε για να αναπτύξει έναν έντονα εικονογραφημένο πίνακα που απεικόνιζε με λεπτομέρεια τα συγκεκριμένα βήματα της συσκευασίας σε κάθε θέση.

Μετά από την εγκατάσταση του εικονογραφημένου πίνακα, το ποσοστό λάθους στις φορτώσεις ελαττώθηκε από 35 % σε λιγότερο από 1 % . Η IBM υπολόγισε αποταμίευση ύψους 2 εκατομμυρίων δολαρίων κατά τη διάρκεια μιας περιόδου δυο ετών (Kolar, προσωπική επικοινωνία).

### **6.2.7 Δοκιμή και αξιολόγηση ανθρώπινων παραγόντων**

Μια από τις περιφερειακές τηλεφωνικές εταιρίες των Η.Π.Α., η NYNEX, ανέπτυξε μια νέα θέση εργασίας για τους χειριστές τηλεφωνικών κέντρων, η εργασία των οποίων είναι να βοηθούν τους πελάτες στην ολοκλήρωση των κλήσεων τους και να καταγράφουν την σωστή κοστολόγηση. Το αρχικό κίνητρο πίσω από την ανάπτυξη της νέας θέσης εργασίας ήταν να δώσει τη δυνατότητα στους χειριστές να μειώσουν το μέσο χρόνο απασχόλησης ανά πελάτη με την εξασφάλιση ενός αποτελεσματικότερου σχεδιασμού των θέσεων εργασίας. Ο προηγούμενος σταθμός εργασίας ήταν σε χρήση για αρκετά χρόνια και χρησιμοποιούσε οθόνη 300-baud (1 baud=1 bit/sec), προσανατολισμένη σε χαρακτήρες και ένα πληκτρολόγιο πάνω στο οποίο τα σχετικά λειτουργικά πλήκτρα ήταν κωδικοποιημένα με χρώμα και ομαδοποιημένα χωροταξικά. Αυτή η λειτουργική ομαδοποίηση συχνά απομάκρυνε τις κοινές ακολουθίες πλήκτρων σε μεγάλη απόσταση πάνω στο πληκτρολόγιο. Αντίθετα, ο προτεινόμενος σταθμός εργασίας ήταν σχεδιασμένος εργονομικά λαμβάνοντας υπ' όψιν και τη διαδοχή και τη λειτουργία. Ενσωματώθηκε μια οθόνη γραφικών, υψηλής ευκρίνειας, 1200-baud, χρησιμοποιήθηκαν εικονίδια και γενικά είναι ένα καλό παράδειγμα ενός γραφικού

περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης με τον χρήστη οι σχεδιαστές του οποίου έδωσαν ιδιαίτερη προσοχή στα ζητήματα αλληλεπίδρασης ανθρώπου-υπολογιστή.

Με το όνομα 'Πρόγραμμα Ernestine', ο Wayne Gray και ο Michael Atwood του κέντρου επιστήμης και τεχνολογίας της NYNEX και ο Bonnie John του πανεπιστημίου Carnegie Mellon (1993) σχεδίασαν και διεξήγαγαν μια συγκριτική δοκιμή πεδίου, αντικαθιστώντας 12 από τους υπάρχοντες σταθμούς με 12 από τους προτεινόμενους. Επιπλέον, διεξήγαγαν ανάλυση στόχων χειριστών, μεθόδων και κανόνων επιλογής (GOMS ) (Card, Moran, & Newell, 1980) στην οποία αναπτύχθηκαν κι χρησιμοποιήθηκαν μοντέλα GOMS των δύο σταθμών εργασίας βασισμένα και σε παρατηρήσεις αλλά και σε προδιαγραφές.

Αντίθετα με τις προσδοκίες, η δοκιμή πεδίου απέδειξε ότι ο μέσος χρόνος των χειριστών ήταν 4% πιο αργός με τον προτεινόμενο σταθμό εργασίας απ' ότι με τον υπάρχοντα. Περαιτέρω, οι αναλύσεις GOMS προέβλεψαν επακριβώς αυτή την έκβαση, καταδεικνύοντας κατά συνέπεια την αξία των μοντέλων GOMS στην αποτελεσματική και οικονομική αξιολόγηση σταθμών εργασίας τηλεφωνητών. Αν η δοκιμή και η αξιολόγηση δεν είχαν γίνει και ο προτεινόμενος, πιθανώς αποδοτικότερος σταθμός εργασίας είχε υιοθετηθεί και για τους 100 χειριστές, το κόστος μείωσης της απόδοσης θα ήταν ετησίως 2,4 εκατομμύρια δολάρια. Ένα καλό παράδειγμα για την αξία προσεκτικών δοκιμών και αξιολόγησης πριν την αγορά (Gray 1993).

## 6.2.8 Μακροεργονομία

**Επιχείρηση διανομής πετρελαίου.** Αρκετά χρόνια πριν, ο Andy Imada του Πανεπιστημίου της Νότιας Καλιφόρνιας άρχισε ένα πρόγραμμα μακροεργονομικής ανάλυσης και επέμβασης για να βελτιώσει την ασφάλεια και την υγεία σε μια επιχείρηση παρασκευής και διανομής πετρελαιοειδών. Τα βασικά συστατικά αυτής της επέμβασης περιέλαβαν, μια οργανωτική εκτίμηση η οποία παρήγαγε ένα στρατηγικό σχέδιο για τη βελτίωση της ασφάλειας, αλλαγές του εξοπλισμού για τη βελτίωση των συνθηκών εργασίας και την αύξηση της ασφάλειας και τρεις μακροεργονομικές κατηγορίες στοιχείων δράσης. Αυτά τα στοιχεία περιέλαβαν τη βελτίωση της συμμετοχής και της επικοινωνίας των υπαλλήλων και την ένταξη της ασφάλειας στην ευρύτερη οργανωτική κουλτούρα.

Το πρόγραμμα χρησιμοποίησε μια συμμετοχική εργονομική προσέγγιση που εμπλέκει όλα τα επίπεδα διοίκησης και επίβλεψης, το προσωπικό των τερματικών σταθμών και των σταθμών πλήρωσης καθώς επίσης και τους οδηγούς των φορτηγών. Κατά τη διάρκεια αρκετών ετών, πολλές πτυχές του οργανωτικού σχεδιασμού και της δομής των διαδικασιών του συστήματος διοίκησης εξετάστηκαν από μια μακροεργονομική προοπτική και σε μερικές περιπτώσεις τροποποιήθηκαν. Έγιναν εργονομικές τροποποιήσεις σε ορισμένο τμήμα του εξοπλισμού με πρωτοβουλία των εργαζομένων, εφαρμόστηκαν και νέες μέθοδοι και δομές εκπαίδευσης στην ασφάλεια σχεδιασμένες από τους εργαζομένους και δόθηκε στους εργαζόμενους μεγαλύτερος ρόλος στην επιλογή νέων εργαλείων και εξοπλισμού σχετικών με τις εργασίες τους.

Δύο χρόνια μετά από την αρχική εγκατάσταση του προγράμματος, τα εργατικά ατυχήματα μειώθηκαν κατά 54 %, τα ατυχήματα με οχήματα κατά 51 %, οι εκτός χώρου εργασίας τραυματισμοί κατά 84 % και οι χαμένες ημέρες από την εργασία κατά 94 %. Ύστερα από τέσσερα έτη, εμφανίστηκαν επιπλέον μειώσεις για όλα τα ατυχήματα εκτός από τους τραυματισμούς εκτός χώρου εργασίας, που συρρικνώθηκαν κατά 15 % σε μια 69 % διατηρούμενη βελτίωση (Nagamachi & Imada, 1992).

Ο επιχειρησιακός διευθυντής περιοχής της επιχείρησης αναφέρει ότι συνεχίζει να εξοικονομεί το μισό του ενός τοις εκατό του ετήσιου κόστους παράδοσης πετρελαίου κάθε έτος ως άμεσο αποτέλεσμα του προγράμματος μακροεργονομικής επέμβασης. Αυτό ανέρχεται σε καθαρή αποταμίευση περίπου 60.000 \$ ετησίως για τα προηγούμενα τρία έτη ή 180.000 \$ και αναμένεται να συνεχιστεί (Andrew Imada, προσωπική επικοινωνία). Ο Imada αναφέρει ότι ίσως ο σπουδαιότερος λόγος για αυτές τις διατηρούμενες βελτιώσεις είναι η επιτυχής υιοθέτηση της ασφάλειας ως τμήμα της κουλτούρας της επιχείρησης. Από την από πρώτο χέρι παρατήρηση μου αυτής της επιχείρησης κατά τη διάρκεια των προηγούμενων ετών, θα πρέπει να συμφωνήσω.

**Εφαρμογή Διοίκησης Ολικής Ποιότητας (TQM) στην εταιρία L.L. Bean.** Οι Rooney, Morency και Herrick (1993) έχουν αναφέρει σχετικά με τη χρήση της μακροεργονομίας ως προσέγγιση και μεθοδολογία για την εισαγωγή της διαχείρισης ολικής ποιότητας (TQM) στην εταιρία L. L. Bean, που είναι γνωστή διεθνώς για την υψηλή ποιότητα των προϊόντων ένδυσης της. Χρησιμοποιώντας μεθόδους παρόμοιες με εκείνες που περιγράφηκαν παραπάνω για την επέμβαση του Imada, αλλά με την ΔΟΠ ως σκοπό, επιτεύχθηκε μείωση των ατυχημάτων και των τραυματισμών κατά 70 % εντός μιας περιόδου δυο ετών στα τμήματα παραγωγής και διανομής της επιχείρησης. Επιτεύχθηκαν και οφέλη, όπως η μεγαλύτερη ικανοποίηση των υπαλλήλων και οι βελτιώσεις στα πρόσθετα ποιοτικά μέτρα. Λαμβάνοντας υπόψη την παρούσα έμφαση πολλών επιχειρήσεων στην εφαρμογή του ISO 9000, τα αποτελέσματα αυτά αποκτούν ακόμα μεγαλύτερη σημασία.

### 6.3 Συμπέρασμα

Τα παραπάνω δεν είναι παρά μόνο ένα δείγμα της ποικιλίας των εργονομικών παρεμβάσεων που οι επαγγελματίες εργονόμοι μπορούν να κάνουν για να βελτιωθεί η κατάσταση για τον ανθρώπινο παράγοντα. Από τα 35 έτη παρατήρησης και εμπειρίας μου, σπάνια μόνο οι αληθινά καλές εργονομικές επεμβάσεις δεν είναι ευεργετικές από την άποψη των κριτηρίων που χρησιμοποιούνται από τους διευθυντές στην αξιολόγηση της κατανομής των πόρων τους.

Όπως υποδηλώνουν πολλές από τις ανωτέρω εργονομικές επεμβάσεις, η εργονομία προσφέρει ένα θαυμάσιο κοινό έδαφος για την συνεργασία εργαζομένων και διοίκησης, αφού μπορεί σταθερά να ωφελήσει και τις δυο πλευρές - τη διοίκηση, από την άποψη των μειωμένων δαπανών και της βελτιωμένης παραγωγικότητας, τους εργαζομένους από την άποψη της βελτίωσης της ασφάλειας, της υγείας, της άνεσης, της δυνατότητας χρησιμοποίησης των εργαλείων και του εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένου του λογισμικού, και της βελτιωμένης ποιότητας της εργασιακής ζωής. Φυσικά και οι δύο ομάδες ωφελούνται από την αυξανόμενη ανταγωνιστικότητα και την επακόλουθη αυξανόμενη πιθανότητα της μακροπρόθεσμης οργανωτικής επιβίωσης.

Σαφώς, για να επιτρέψουμε στο επάγγελμά μας να προσεγγίσει το τεράστιο δυναμικό του για την ανθρωπότητα, εμείς, η επαγγελματική κοινότητα της εργονομίας, πρέπει να τεκμηριώσουμε καλύτερα το κόστος και τα οφέλη των προσπαθειών μας και να μοιραστούμε ενεργά αυτά τα στοιχεία με τους συναδέλφους, τους υπεύθυνους για τη λήψη αποφάσεων στις επιχειρήσεις και τους υπεύθυνους για λήψη αποφάσεων στην κυβέρνηση. Είναι ένα αναπόσπαστο τμήμα της διαχείρισης του επαγγέλματος μας. Έτσι, εξαρτάται από μας να τεκμηριωθεί και να διαδοθεί η θέση ότι η σωστή εργονομία ΕΙΝΑΙ σωστή οικονομία!

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- |                             |   |  |      |
|-----------------------------|---|--|------|
| 1 M. Helender,              | <b>A guide to ergonomics of manufacturing,</b>    | Taylor & Francis,                      | 2001 |
| 2 Eastman Kodak Company,    | <b>Ergonomic design for people at work,</b>       | Van Nostrand Reinhold,                 | 1986 |
| 3 J. Dul, B. Weerdmeester,  | <b>Ergonomics for beginners,</b>                  | Taylor & Francis,                      | 1998 |
| 4 H.W. Hendrick,            | <b>Good ergonomics is good economics,</b>         | HFES, 40 <sup>th</sup> annual meeting, | 1996 |
| 5 K.C. Parsons,             | <b>Human thermal environments,</b>                | Taylor & Francis,                      | 2003 |
| 6 E.N. Corlett, T.S. Clark, | <b>The ergonomics of workspaces and machines,</b> | Taylor & Francis,                      | 1995 |
| 7 I. Galer, Α. Λάιος,       | <b>Εγχειρίδιο εφαρμοσμένης εργονομίας,</b>        | ΕΛΚΕΠΑ,                                | 1991 |



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

|  |     |
|--|-----|
| <b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....   | 2   |
| <b>2. ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ (ΔΟΝΗΣΕΙΣ)</b> .....                   | 3   |
| 2.1 Θόρυβος .....  | 3   |
| 2.1.1 Κριτήρια για την έκθεση στον θόρυβο.....                       | 4   |
| 2.1.2 Επίδραση του θορύβου στις επιδόσεις .....                      | 12  |
| 2.1.3 Μέθοδοι μείωσης του θορύβου στον εργασιακό χώρο .....          | 14  |
| 2.1.4 Ιδιαίτερες σκέψεις .....                                       | 14  |
| 2.2 Δόνηση .....   | 16  |
| 2.2.1 Επιδράσεις στο σώμα .....                                      | 17  |
| 2.2.2 Τρόποι μείωσης της έκθεσης σε δόνηση.....                      | 20  |
| <b>3. ΦΩΤΙΣΜΟΣ - ΧΡΩΜΑ</b> .....                                     | 22  |
| 3.1 Φωτισμός.....  | 22  |
| 3.1.1. Συνιστώμενα επίπεδα φωτός για διαφορετικές εργασίες .....     | 23  |
| 3.1.2 Επιλογή πηγών φωτός υψηλής αποδοτικότητας .....                | 26  |
| 3.1.3 Άμεσος και έμμεσος φωτισμός .....                              | 27  |
| 3.1.4 Φωτισμός εργασίας .....  | 28  |
| 3.1.5 Ελαχιστοποίηση της θάμβωσης .....                              | 29  |
| 3.1.6 Φωτισμός ειδικής χρήσης.....                                   | 33  |
| 3.1.7 Οδηγίες για την ένταση του φωτός .....                         | 40  |
| 3.1.8 Οδηγίες για τις διαφορές φωτεινότητας.....                     | 41  |
| 3.1.9 Βελτιωμένος φωτισμός.....                                      | 42  |
| 3.2 Χρώμα .....  | 44  |
| <b>4. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ – ΥΓΡΑΣΙΑ</b> .....                                | 47  |
| 4.1 Ισοζύγιο της θερμότητας του σώματος .....                        | 48  |
| 4.2 Η ζώνη άνεσης .....  | 50  |
| 4.2.1 Ορισμός της ζώνης άνεσης .....                                 | 50  |
| 4.2.2 Παράγοντες που επηρεάζουν το αίσθημα άνεσης μέσα στη ζώνη..... | 51  |
| 4.3 Η ζώνη δυσφορίας.....  | 58  |
| 4.4 Ζώνη κινδύνου για την υγεία .....                                | 75  |
| 4.5 Εργασία σε υγρά περιβάλλοντα .....                               | 82  |
| 4.6 Θερμοκρασίες επιφανειών .....                                    | 84  |
| 4.7 Σύνοψη των οδηγιών για τη θερμική άνεση.....                     | 87  |
| 4.8 Οδηγίες για τη θερμότητα και το κρύο .....                       | 89  |
| 4.9 Έλεγχος κλίματος.....  | 90  |
| <b>5. ΧΗΜΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ</b> .....                                       | 92  |
| 5.1 Οδηγίες για τις χημικές ουσίες.....                              | 92  |
| 5.2 Μέτρα που λαμβάνονται στην πηγή.....                             | 94  |
| 5.3 Εξαερισμός.....  | 95  |
| 5.4 Μέτρα σε ατομικό επίπεδο.....                                    | 97  |
| <b>6. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΛΕΥΡΑ ΤΗΣ ΕΡΓΟΝΟΜΙΑΣ</b> .....                     | 100 |
| 6.1 Εισαγωγή.....  | 100 |
| 6.2 Εργονομικές Εφαρμογές .....                                      | 102 |
| 6.2.1 Βιομηχανία δασοκομίας.....                                     | 102 |
| 6.2.2 Αεροσκάφος μεταφορών C- 141 .....                              | 104 |
| 6.2.3 Συστήματα διακίνησης υλικών .....                              | 105 |
| 6.2.4 Σχεδιασμός ή επανασχεδιασμός προϊόντων .....                   | 106 |

|   |            |
|---|------------|
| 6.2.5 Επανασχεδιασμός θέσεων εργασίας.....                                | 109        |
| 6.2.6 Μείωση μυοσκελετικών διαταραχών που σχετίζονται με την εργασία .... | 111        |
| 6.2.7 Δοκιμή και αξιολόγηση ανθρώπινων παραγόντων .....                   | 115        |
| 6.2.8 Μακροεργονομία.....   | 116        |
| 6.3 Συμπέρασμα .....  | 118        |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>   | <b>119</b> |