

Βιομηχανικός Φωτισμός & Παραγωγικότητα μέσα από την εργονομική παρέμβαση

Στη λειτουργία μιας εγκατάστασης, ο βιομηχανικός φωτισμός υπεισέρχεται ως ζήτημα σε διάφορους προβληματισμούς, όλοι εκ των οποίων έχουν οικονομική διάσταση, άμεση ή έμμεση. Οι τεχνολογικές εξελίξεις των τελευταίων ετών στο χώρο του φωτισμού δε, έχουν ανοίξει ένα νέο πεδίο βελτιστοποίησης, τόσο σε θέματα ενεργειακής απόδοσης, όσο και σε θέματα ποιότητας φωτισμού των σύγχρονων φωτιστικών σωμάτων.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι ο βιομηχανικός φωτισμός σχετίζεται με την παραγωγικότητα. Η βελτίωσή του αποτελεί μια επένδυση που “αποδίδει” και το προσδοκώμενο όφελος όπως θα παρουσιασθεί ακολούθως είναι σημαντικό τόσο σε απόλυτα οικονομικά μεγέθη, όσο και έμμεσα, μέσω της αύξησης της απόδοσης των εργαζομένων. Έντιούτοις, ο σχεδιασμός, η εγκατάσταση και η λειτουργία ενός φωτιστικού συστήματος δεν είναι μονοδιάστατο πρόβλημα. Απαιτεί ανάλυση των απαιτήσεων της εργασίας και σχεδιασμό, πέραν της απλής οικονομοτεχνικής μελέτης.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία που συνδέουν το βιομηχανικό φωτισμό με την παραγωγικότητα και περιγράφονται οι προϋποθέσεις ώστε μια τέτοια επένδυση να έχει το μεγαλύτερο δυνατό όφελος για όλους.

Ο Βιομηχανικός Φωτισμός είναι λειτουργικό κόστος που μπορεί να μειωθεί.

Το άμεσο κόστος του βιομηχανικού φωτισμού συνίσταται από τις εξής παραμέτρους:

- κόστος αγοράς της καταναλισκόμενης ενέργειας,
- κόστος συντήρησης και περιοδικής αντικατάστασης των φωτιστικών σωμάτων, και
- κόστος αγοράς ανταλλακτικών ή αποκατάστασης ζημιών,

ενώ υπάρχουν και έμμεσα κόστη, όπως το κόστος που συνεπάγεται η αδυναμία εκμετάλλευσης των παραγωγικών δυνατοτήτων του χώρου εξαιτίας των εργασιών συντήρησης ή αποκατάστασης βλαβών.

Η βελτίωση του συστήματος φωτισμού μπορεί να οδηγήσει σε μειώσεις στο κόστος λειτουργίας καθότι επεμβαίνει και στις τρεις παραπάνω παραμέτρους. Διατηρώντας τις ίδιες απαιτήσεις σε φωτεινή ένταση (Lumens), απλή αντικατάσταση των φωτιστικών σωμάτων με αντίστοιχα χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης (KWh) μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση του συντελεστή απόδοσης (luminous efficacy, σε Lm/KWh) και να επιφέρει σημαντικές μειώσεις στο κόστος. Επιπλέον, η επιλογή συστημάτων αυξημένης ενεργειακής απόδοσης μπορεί να επιφέρει πολλαπλάσιο χρόνο ζωής και να μειώσει έτσι αντίστοιχα το χρόνο συντήρησης τους, μειώνοντας αντίστοιχα το κόστος συντήρησης (που στην περίπτωση μιας βιομηχανίας μπορεί να είναι εργασία μεγάλου εύρους). Η μείωση αυτή μπορεί να είναι από 16-30% ή σε κάποιες περιπτώσεις και μεγαλύτερη, ανάλογα με το σχεδιασμό ή τη συν-εκμετάλλευση φυσικού φωτισμού κοκ. Αλλά ακόμα και στην περίπτωση που η παρέμβαση

έχει και βελτιωτικό χαρακτήρα απλά στο επίπεδα φωτεινής έντασης, έχει διαπιστωθεί ότι αύξηση φωτισμού στα 500 Lux με χρήση σύγχρονων φωτιστικών απαιτεί μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση από ότι λαμπτήρες παλαιότερης γενιάς που αποδίδουν 300 Lux.

Ο βιομηχανικός φωτισμός είναι αποδοτικότητα.

Η αποδοτικότητα των εργαζομένων σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον σχετίζεται με την ποιότητα του φωτισμού μέσα από μία αλυσίδα κλιμακωτών συσχετίσεων που διαμορφώνουν την ποιότητα, το ρυθμό και το τελικό αποτέλεσμα στην εκτέλεση ενός καθήκοντος. Βελτίωση του φωτισμού και προσαρμογή του στα χαρακτηριστικά του ανθρώπου και του εργασιακού καθήκοντος οδηγεί με βεβαιότητα σε αύξηση της απόδοσης και κατά συνέπεια σε αυξημένη παραγωγικότητα. Οι παράμετροι που καθορίζουν την απόδοση των εργαζομένων σε σχέση με το φωτισμό είναι:

(α) Η Οπτική Απόδοση

Όταν οι εργαζόμενοι μπορούν να δουν καλύτερα, αποδίδουν καλύτερα. Έρευνες στο πεδίο έχουν επισημάνει ότι βελτίωση στην οπτική απόδοση ενός εργαζομένου μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση από 7-30% στην παραγωγικότητα του καθήκοντος που επιτελεί αλλά και σε μείωση ποσοστού ελαττωματικών προϊόντων από 18-90% (!) ανάλογα με την υπάρχουσα κατάσταση.

Παρόλα αυτά, η αύξηση της έντασης φωτισμού δεν συνεπάγεται αυτόματα και αύξηση της οπτικής απόδοσης. Συγκεκριμένα καθήκοντα μπορούν να εκτελεστούν με μικρή σχετικά ένταση φωτός (π.χ. οδήγηση εντός αποθήκης) ενώ άλλα να απαιτούν μεγάλες τιμές φωτεινής έντασης (π.χ. χειρωνακτικές εργασίες συναρμολόγησης μικροεξαρτημάτων). Η ποιότητα άλλωστε του φωτός δεν είναι ταυτόσημη της έντασης καθώς εξαρτάται από τη διάχυση (σκληρές ή μη σκιές) και τα φασματικά χαρακτηριστικά (χρώμα) του φωτός. Επιπλέον, η οπτική απόδοση είναι εξατομικευμένος παράγοντας. Αυξανόμενης της ηλικίας ενός εργαζομένου, μειώνεται η οπτική του οξύτητα ενώ πιθανές οφθαλμολογικές παθήσεις (π.χ. αχρωματοψία, δαλτονισμός) διαμορφώνουν πρόσθετες απαιτήσεις στη βελτίωση της οπτικής απόδοσης.

Ο σχεδιασμός επομένως του φωτιστικού συστήματος, προκειμένου να οδηγήσει σε βέβαιη αύξηση της απόδοσης, πρέπει να είναι τέτοιος που να ξετάζει τον τρόπο εκτέλεσης της εργασίας (π.χ. στάσεις εργαζομένων, απαιτήσεις για μετακινήσεις κτλ), όσο και τα ατομικά χαρακτηριστικά τους, και να διασφαλίζει την βέλτιστη οπτική απόδοση για κάθε χώρο και για κάθε εργαζόμενο. Αυτή ακριβώς την ενσωμάτωση των συσχετιζόμενων παραγόντων προσφέρει η εργονομική ανάλυση εργασίας στο σχεδιασμό του βιομηχανικού φωτισμού. Ούσα συστημική προσέγγιση, δε βλέπει ξεχωριστά τον εργαζόμενο από το σύστημα εργασίας, και προσδιορίζει τις απαιτήσεις με βάση τον τρόπο που το περιβάλλον διαμορφώνει τον τρόπο εκτέλεσης κάθε καθήκοντος. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ενιαία και απρόσκοπτη αύξηση της οπτικής απόδοσης δίχως προβλήματα, η οποία οδηγεί σε αντίστοιχη αύξηση της απόδοσης στη εργασία.

(β) Οπτική Άνεση

Η απουσία επαρκούς ή κατάλληλου φωτισμού με βεβαιότητα οδηγεί σε οπτική κόπωση. Ως συνέπεια τούτου, μακροπρόθεσμα, μπορεί να επέλθει μείωση της οπτικής οξύτητας των εργαζομένων. Βραχυπρόθεσμα δε, οδηγεί σε ενοχλήσεις στα μάτια (τσούξιμο, πόνο), πονοκεφάλους αλλά και έλλειψη όρεξης για εργασία (πόσο περισσότερο δε και παράπονα, εντάσεις κτλ που διαταράσσουν το εργασιακό περιβάλλον). Σε καθήκοντα όπου εμπεριέχεται το στοιχείο της λεπτομέρειας (π.χ. συναρμολόγηση εξαρτημάτων, οπτικοί έλεγχοι ποιότητας, κα.) η μείωση τόσο της παραγωγικότητας (αριθμός ολοκληρωμένων προϊόντων στη μονάδα του χρόνου, ταχύτητα γραμμής παραγωγής) αλλά και της ποιότητας (εκτός προδιαγραφών προϊόντα, παραγωγή σκάρτων) είναι εμφανής.

Η πηγή της οπτικής κόπωσης μπορεί να αναζητηθεί σε μία σειρά παραγόντων που σχετίζονται με την ποιότητα του φωτισμού. Πέραν του προφανούς, που συνιστά η μικρότερη της απαιτούμενης φωτεινής έντασης, κακός φωτισμός μπορεί να οφείλεται σε ένα φωτιστικό σύστημα που δημιουργεί αντανάκλασεις, σκιές ή /και θαμβώσεις, αν η πηγή ή η αντανάκλαση του φωτός κατευθύνεται απευθείας στα μάτια των εργαζομένων.

Σε ειδικές δε εργασίες και δὴ σε καθήκοντα αυξημένων οπτικών απαιτήσεων, η οπτική κόπωση αναιρεί την ίδια την ικανότητα του εργαζομένου να εκτελέσει επαρκώς το καθήκον καθαυτό. Για παράδειγμα, στον οπτικό έλεγχο ποιότητας βαφής επιφανειών (τυπικός σε χαλυβουργίες, βιομηχανίες παραγωγής λευκών συσκευών, αυτοκινητοβιομηχανίες, κα.) όπου το καθήκον είναι τέτοιο που ο χειριστής εκμεταλλεύεται τις αντανάκλασεις επάνω σε μια επιφάνεια προκειμένου η διαφορά λαμπρότητας να του φανερώσει επιφανειακές ατέλειες, η οπτική κόπωση επέρχεται εκθετικά ως προς το χρόνο. Σε πολλές περιπτώσεις ο αριθμός των λαθών αυξάνεται σημαντικά έπειτα από δύο μόλις ώρες, και καθ' όλη την υπόλοιπη διάρκεια της βάρδιας, αυξανόμενος με το χρόνο. Βελτίωση της ποιότητας φωτισμού επιφέρει τόσο παράταση του παραγωγικού χρόνου εκτέλεσης του καθήκοντος, όσο και ουσιαστική βελτίωση του αποτελέσματος.

Συνολικά, η βελτίωση του φωτιστικού συστήματος προς την κατεύθυνση της οπτικής άνεσης μόνο θετικά αποτελέσματα μπορεί να έχει. Μία σωστά σχεδιασμένη παρέμβαση οδηγεί σε φωτισμό που είναι κατάλληλος για την απρόσκοπτη εκτέλεση κάθε καθήκοντος, αυξάνοντας το χρόνο παραγωγικής εργασίας και εξαλείφοντας όλους τους παραπάνω παράγοντες που επιφέρουν μειωμένη αποδοτικότητα, λάθη και προβλήματα ποιότητας.

(γ) Βιολογικοί Ρυθμοί

Οι βιολογικοί ρυθμοί αναφέρονται στις διακυμάνσεις που παρατηρούνται σε βασικές λειτουργίες του ανθρώπου, μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης ενεργοποίησής τους κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας. Μεταξύ αυτών είναι η θερμοκρασία του σώματος, η εγρήγορση και ο ρυθμός παραγωγής δύο πολύ βασικών ορμονών: της κορτιζόλης, που ελέγχει το στρες, και της μελατονίνης, που ελέγχει την υπνηλία. Η εναλλαγή ημέρας - νύχτας στην εργασία μέσα από ένα σύστημα βαρδιών μοιραία χαρακτηρίζεται από μία φάση

προσαρμογής, όπου ο εργαζόμενος πρέπει να καταβάλει μεγαλύτερη προσπάθεια τη νύχτα, καθότι οι παραπάνω διεργασίες βρίσκονται στη φάση της ελάχιστης ενεργοποίησής τους.

Αυτή η διαδικασία επιτάσσει διαφορετική εξέταση του φωτισμού για εργασία την ημέρα και τη νύχτα ή διαφορετικά, αναπροσαρμόζει τις ελάχιστες απαιτήσεις κατά το σχεδιασμό του φωτισμού. Αρκετές έρευνες πεδίου έχουν δείξει ότι η αύξηση των επιπέδων φωτισμού κατά τις νυχτερινές ώρες οδηγεί σε αύξηση της απόδοσης της εργασίας. Επιπλέον, συνεισφέρει στη διατήρηση της εγρήγορσης και τη μείωση της υπνηλίας, μέσω της διατήρησης της παραγωγής κορτιζόλης και μελατονίνης τις νυχτερινές ώρες, που οι βιολογικοί ρυθμοί θα προκαλούσαν τη φυσιολογική μείωσή τους. Ακόμη δε και την ημέρα, περισσότερο λαμπερός φωτισμός μόνο σε αύξηση της αποδοτικότητας μπορεί να οδηγήσει χωρίς βέβαια η λαμπρότητα να είναι ακραία (βλ. παρακάτω).

Ο συνυπολογισμός της επίδρασης της μεταβλητότητας των βιολογικών ρυθμών επιτυγχάνεται μέσα από την ανάλυση των απαιτήσεων του κάθε καθήκοντος. Η αντίστοιχη παρέμβαση στο σχεδιασμό του φωτισμού, πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε η οπτική απόδοση κατά την ημέρα να εξισορροπείται αντίστοιχα τη νύχτα, μέσα από την κατάλληλη προσαρμογή του.

(δ) Εγρήγορση, Κίνητρα & Εργασιακή Ικανοποίηση

Η επίδραση του λαμπερού φωτισμού στον άνθρωπο και η αίσθηση της ικανοποίησης και της ευεξίας είναι ένα γενικότερο συμπέρασμα που απαντάται εντός και εκτός εργασίας. Αυτό από μόνο του έχει ευθεία συνέπεια στη διάθεση για εργασία, στην αποδοτικότητα και στο κίνητρο που βρίσκεται εσωτερικά σε κάθε εργαζόμενο.

Επιπλέον, υπάρχουν ενδείξεις που συσχετίζουν την αυξημένη εγρήγορση με την επιμήκυνση του χρόνου πριν επέλθει η κόπωση. Όταν ο βιομηχανικός φωτισμός είναι επαρκής, η εγρήγορση των εργαζομένων είναι μεγαλύτερη σε διάρκεια, ενώ και η υπνηλία είναι σαφώς χαμηλότερη, κάτι που συνιστά μεγαλύτερη αποδοτικότητα.

Τέλος, ο αυξημένος φωτισμός έχει επίδραση στο εργασιακό στρες. Αν και το στρες οφείλεται πρωτίστως σε ψυχολογικούς παράγοντες, εντούτοις έχει παρατηρηθεί ότι η προσομοίωση σε συνθήκες λαμπρότητας καλοκαιρινού καιρού (δηλαδή ηλιοφάνειας) μπορεί να εξισορροπήσει σε κάποιο βαθμό τη διαφορά που παρατηρείται σε κλειστούς χώρους, ειδικά το χειμώνα. Εντούτοις, υψηλές τιμές λαμπρότητας, ανομοιόμορφος φωτισμός, σκληρές σκιές ή γυμνές φωτιστικές πηγές (άμεσα ορατές στο οπτικό πεδίο του εργαζομένου, ευθέως ή μεσσω αντανάκλασεων) μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση του στρες.

Επομένως, ο έλεγχος της εγρήγορσης μέσω του φωτισμού είναι επίσης μία παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και να αποτελεί περιορισμό στην όποια παρέμβαση. Αν όμως αποφευχθούν ακραίες τιμές, τότε οι επιπτώσεις στην αποδοτικότητα των εργαζομένων είναι πάντοτε θετικές.

Ο βιομηχανικός φωτισμός είναι ασφάλεια.

Στην Ασφάλεια της Εργασίας και κυρίως σε βιομηχανίες υψηλής επικινδυνότητας, πολλά ατυχήματα θα μπορούσαν να έχουν αποφευχθεί, αν υπήρχε καλύτερος φωτισμός. Για παράδειγμα, σε έρευνα που έγινε στη Γαλλία και σε δείγμα 81.000 εργατικών ατυχημάτων, διαπιστώθηκε ότι το 1/4 περίπου από αυτά είχε αποδοθεί στην κακή ποιότητα του φωτισμού.

Μεταξύ των κυρίων αιτιών ατυχημάτων που σχετίζονται με το φωτισμό, συναντάμε:

(α) Φωτισμός μειωμένης έντασης σε σχέση με τις απαιτήσεις του καθήκοντος σε ταχύτητα και λεπτομέρεια στην εκτέλεση

(β) Κακός φωτισμός που αφήνει “τυφλά σημεία”

(γ) Φωτισμός που δεν υποβοηθά και επιτείνει ζητήματα όπως η γήρανση του πληθυσμού ή η διατήρηση της οπτικής οξύτητας και της διέγερσης κατά τις βραδινές βάρδιες.

(δ) Κακός προσανατολισμός φωτός που αφήνει σκιές, δημιουργεί αντανακλάσεις ή θαμβώσεις, κα.

Μέσα από τη βελτίωση του φωτισμού, η πρόληψη είναι προφανής. Η μείωση των ατυχημάτων, όσο σοβαρά και να είναι, οδηγεί αυτόματα σε μείωση του απουσιασμού, ή των σταματημάτων στην παραγωγή και στη διατήρηση ενός ασφαλούς περιβάλλοντος εργασίας που μόνο θετικές επιπτώσεις έχει στην αποδοτικότητα των εργαζομένων.

Ο βιομηχανικός φωτισμός είναι σύμβολο εταιρικής εικόνας

Ο κατάλληλος φωτισμός είναι βασικό συστατικό για τη λήψη μιας καλής φωτογραφίας. Ο βιομηχανικός φωτισμός είναι το αποτύπωμα μιας επιχείρησης, όποιο και να είναι το μήνυμα που θέλει να περάσει, εντός ή / και εκτός των γεωγραφικών της ορίων. Η απουσία του δημιουργεί μια κακή εικόνα που λειτουργεί εις βάρος όλων: των εργαζομένων εξαιτίας μειωμένης αποδοτικότητας, διάθεσης ή ικανοποίησης, αλλά και της ίδιας της εταιρικής εικόνας, που προβάλλει μια “σκοτεινή πλευρά”, αδικώντας ίσως την ουσία.

Συμπεράσματα

Μέσα από την προηγούμενη παρουσίαση, καταλήγουμε στα παρακάτω συμπεράσματα:

(α) η βελτίωση του βιομηχανικού φωτισμού αυξάνει την παραγωγικότητα, καθότι οδηγεί σε:

- Μείωση λειτουργικού κόστους και συνεπώς μείωση της τιμής μονάδας καταναλισκόμενων πόρων ανά προϊόν. Αυτό συνεπάγεται αυξημένη παραγωγή ανά μονάδα λειτουργικού κόστους.
- Μείωση των σκάρτων ή των εκτός προδιαγραφών (rejected) προϊόντων, αλλά και βελτίωση του ποιοτικού ελέγχου μέσω της έγκαιρης εύρεσης ελαττωμάτων επί του προϊόντος. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μείωση των δαπανών απόσυρσης ή επισκευής προϊόντων, μεγαλύτερη απόδοση της γραμμής παραγωγής και μικρότερο κόστος, με συνέπεια την αύξηση της παραγωγικότητας.
- Αύξηση της απόδοσης των εργαζομένων εξαιτίας της βελτίωσης των συνθηκών εργασίας, με συνέπεια την ταχύτερη παραγωγή και συνεπώς την αυξημένη παραγωγικότητα.

- Μείωση απουσιασμού ή διακοπών στην παραγωγή εξαιτίας ατυχημάτων ή άλλων συμβάντων, αυξημένη αποδοτικότητα εξαιτίας της αίσθησης του ασφαλούς περιβάλλοντος και συνεπώς αυξημένη παραγωγικότητα.

Επιπλέον δε, αν και δε μπορεί να συσχετισθεί άμεσα με την παραγωγικότητα, η βελτίωση του βιομηχανικού φωτισμού οδηγεί σε βελτίωση της εταιρικής εικόνας, εντός και εκτός των ορίων της εγκατάστασης.

(β) Ο βιομηχανικός φωτισμός οφείλει να είναι προσαρμοσμένος στις ιδιαίτερες απαιτήσεις της εργασίας

Μια επιτυχημένη παρέμβαση βελτίωσης του φωτισμού θα πρέπει να ακολουθεί τη συστηματική προσέγγιση. Μια μακρά αλυσίδα αλληλο-συσχετιζόμενων κριτηρίων διαμεσολαβεί μεταξύ σχεδιασμού και προσδοκώμενου οφέλους, και πολλά από τα κριτήρια αυτά είναι αντικρουόμενα (π.χ. κόστος κτήσης έναντι μεγαλύτερης διάρκειας ζωής, παραγόμενα lumen / KWh έναντι ειδικών απαιτήσεων συγκεκριμένων καθηκόντων, κόστος συντήρησης έναντι διάρκειας ζωής, φωτεινή ένταση έναντι κινδύνου υπερδιέγερσης). Όλα δε τα κριτήρια καταλήγουν να έχουν άμεσο αντίκτυπο στον εργαζόμενο και τον τρόπο που κινείται, λειτουργεί και αξιοποιεί το φωτισμό προκειμένου να εκτελέσει συγκεκριμένα καθήκοντα.

Η απλή αντικατάσταση φωτιστικών με συστήματα μειωμένης ενεργειακής κατανάλωσης από μόνη της μειώνει το κόστος λειτουργίας αλλά συχνά έχει οδηγήσει σε περιβάλλοντα εργασίας με ανεπαρκή φωτισμό. Η μειωμένη ενεργειακή κατανάλωση, αν και είναι σημαντική παράμετρος, από μόνη της δε διασφαλίζει αυξημένη παραγωγικότητα. Μειωμένη ενεργειακή κατανάλωση, στην εξίσωση της παραγωγικότητας μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της αποδοτικότητας των εργαζομένων ή απλά να μην λύνει το πρόβλημα (ένας λαμπτήρας ενεργειακής απόδοσης μπορεί να προκαλεί τις ίδιες σκιές ή αντανακλάσεις με ένα LED).

Η εργονομική παρέμβαση στο σχεδιασμό ενός φωτιστικού συστήματος ενσωματώνει την ανθρώπινη δραστηριότητα στο ευρύτερο σύστημα εργασίας. Αναλύει τον τρόπο εκτέλεσης κάθε καθήκοντος και καθορίζει τις απαιτήσεις και τους περιορισμούς που πρέπει να ικανοποιούνται ώστε να υπάρχει ουσιαστική υποβοήθηση της εργασίας, παράλληλα με το οικονομικό όφελος από την εισαγωγή φωτιστικών αυξημένης ενεργειακής απόδοσης. Έτσι, επιτυγχάνεται η βελτιστοποίηση του συστήματος εργασίας και μέσω αυτής σημειώνεται η μέγιστη δυνατή αύξηση της παραγωγικότητας.

Όπως συχνά αναφέρεται, “ο σχεδιασμός φωτισμού είναι μαζί τέχνη και επιστήμη”.