



Σπουδαιότητα και ψυχο-φυσιολογικές

Ο φωτισμός είναι κάτι περισσότερο από ένα μέσο που απλά διευκολύνει την όραση των χρηστών, καθώς καθορίζει τη διάθεση και τους βιολογικούς μας ρυθμούς, διεγείρει, ηρεμεί και καθορίζει την αντίληψη του χωρικού περιβάλλοντος. Όλο και περισσότεροι ιδιοκτήτες και χρήστες συνειδητοποιούν τη σημασία ενός σύγχρονου ποιοτικού φωτισμού, και αυτό έχει σαν συνέπεια οι μελετητές φωτισμού να είναι προετοιμασμένοι να ανταποκριθούν στις νέες απαιτήσεις των χρηστών τους.

**Το παρόν άρθρο αποτελεί αποτέλεσμα της ομάδας εργασίας της TOTEE (Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) "Τεχνητός και φυσικός φωτισμός κτιρίων"*

Μια λέξη που μπορεί να χαρακτηρίσει σήμερα την κατάσταση στο φωτισμό, φυσικό και τεχνικό, είναι η «διεπιστημονικότητα». Αυτή η αλλαγή βασίζεται στη συμβιωτική σχέση μεταξύ τεχνολογικής ανάπτυξης και βελτίωσης του σχεδιασμού φωτισμού και, φυσικά, στην υιοθέτηση βιώσιμων αρχών σχεδιασμού. Η ψηφιοποίηση του φωτισμού σε συνδυασμό με την ευρεία χρήση της τεχνολογίας LED οδήγησε σε αυξημένη συνδεσιμότητα συσκευών μεταξύ τους, στη σύνδεση φωτιστικών σωμάτων με αισθητήρες κλπ., προσφέροντας ένα ευρύ φάσμα δυνατοτήτων. Τα παραδοσιακά φωτιστικά σώματα τείνουν να γίνουν έξυπνες συσκευές, ικανές να συνδεθούν σε ένα δίκτυο που μεταδίδει πληροφορίες. Καθώς το φως εμπλουτίζεται πλέον με πλη-

ροφορίες, είναι δυνατό όχι μόνο να αυξηθεί η εξοικονόμηση ενέργειας μέσω του ελέγχου, αλλά να συμπεριληφθούν πρόσθετες λειτουργίες, όπως είναι η δυνατότητα προσαρμογής της λειτουργίας του συστήματος φωτισμού σύμφωνα με τις προσδοκίες και τις ανάγκες ενός ανθρωποκεντρικού φωτισμού (Human Centric Lighting, HCL).

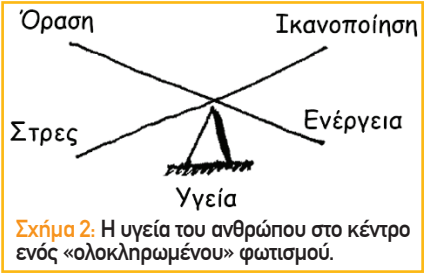
Η τεχνολογία πλέον επιτρέπει εκτός από τη ρύθμιση της φωτεινής ροής του φωτιστικού σώματος και κατ'επέκταση της συσχετισμένης θερμοκρασίας χρώματος της πηγής φωτός. Αυτή είναι και η βασική ιδέα του ανθρωποκεντρικού φωτισμού (Α.Φ) που επηρεάζει την υγεία, την ευεξία και την παραγωγικότητα των χρηστών, παρέχοντας κατάλληλο φωτισμό όταν και όπου απαιτείται.

Ως «ανθρωποκεντρικός φωτισμός» μπορεί να οριστεί ο φωτισμός που έχει πάντα πολύπλευρα αποτελέσματα στον άνθρωπο, όχι μόνο οπτικά αλλά και μη οπτικά. Στα μη οπτικά αποτελέσματα συμπεριλαμβάνεται η συναισθηματική και η βιολογική επίδραση του φωτισμού.

Ο φωτισμός με τα σημερινά δεδομένα έχει επίδραση στην υγεία, στην ευεξία και στην απόδοση των ανθρώπων με στοχευμένο και μακροπρόθεσμο τρόπο, μέσω της υιοθέτησης ενός ολιστικού σχεδιασμού και αξιοποιώντας κανείς τις οπτικές, συναισθηματικές και βιολογικές επιπτώσεις του φωτός. Τα οπτικά αποτελέσματα του φωτισμού αφορούν τα επίπεδα φωτισμού, την ομοιομορφία και τον περιορισμό της θάμβωσης σε ένα χώρο. Οι παράγοντες αυτοί έχουν καθοριστική επίδραση στο πόσο γρήγο-



Σχήμα 1: Βασικά χαρακτηριστικά ενός ποιοτικού φωτισμού σε ένα έργο φωτισμού.



Σχήμα 2: Η υγεία του ανθρώπου στο κέντρο ενός «ολοκληρωμένου» φωτισμού.

ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

ρα και επιτυχημένα μπορούν να εκτελεστούν οι οπτικές εργασίες στο χώρο αυτό. Η συναισθηματική επίδραση του φωτισμού εξαρτάται και από την οπτική άνεση (π.χ. μια άλλη παράμετρος είναι ο συμβολισμός) που επιτυγχάνεται μέσω της δημιουργίας μιας αρμονικής κατανομής φωτισμού σε κάθετες και οριζόντιες επιφάνειες, μέσω της αυξημένης χρωματικής απόδοσης των φωτεινών πηγών και φωτιστικών και μέσω του ελέγχου των αντανακλάσεων. Η οπτική άνεση δημιουργεί μια αίσθηση ευεξίας και συμβάλλει έτσι στην αύξηση της απόδοσης των χρηστών. Η κατεύθυνση του φωτισμού, οι σκιές και το χρώμα των πηγών καθορίζουν την επίδραση του φωτισμού σε ένα χώρο. Το σύνολο αυτών των παραμέτρων, που συχνά περιγράφεται και ως «οπτική ατμόσφαιρα», ουσιαστικά υπαγορεύει το πώς βιώνει ένας άνθρωπος την ατμόσφαιρα ενός χώρου. Τέλος, η βιολογική επίδραση του φωτισμού αφορά τα μήκη κύματος της ορατής ακτινοβολίας που έχουν βιολογική επίδραση στο ανθρώπινο σώμα. Η καλύτερη αναφορά είναι ο φυσικός φωτισμός (ΦΦ) με τη μεταβλητότητα στις εντάσεις, στο ρυθμό και στο φάσμα ακτινοβολίας. Αλλά και ο τεχνητός φωτισμός επηρεάζει το βιολογικό ρολόι του ανθρώπου, όπως για παράδειγμα το ρυθμό ύπνου - αφύ-

πνισης και πολλές άλλες λειτουργίες. Όταν εφαρμόζεται κατάλληλα, ο φωτισμός βασίζεται στη δυναμικά μεταβαλλόμενη φωτεινή ροή και σε διαφορετικά φάσματα κατά τη διάρκεια της ημέρας.

Ποιότητα φωτισμού

Η υψηλή ποιότητα φωτισμού (σχήμα 1) σχετίζεται κατά κύριο λόγο με τον κατάλληλο φωτισμό για το κατάλληλο μέρος. Τα επίπεδα φωτισμού για καθορισμένες οπτικές απαιτήσεις θα πρέπει να συνδυάζονται με την ευεξία, ενώ η κατανομή των λαμπροτήτων με τον ατομικό έλεγχο. Θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η ρύθμιση του φάσματος και της θερμοκρασίας χρώματος των φωτεινών πηγών των φωτιστικών, σε συνδυασμό με το χρόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Τα εξωτερικά ανοίγματα, ο εισερχόμενος φυσικός φωτισμός και η θέα δεν θα πρέπει να παραμελούνται στον αρχικό σχεδιασμό ενός έργου. Η βιωσιμότητα και η εξοικονόμηση ενέργειας θα πρέπει να αφορούν έναν «ολοκληρωμένο» φωτισμό (integrative lighting), ο οποίος συμπεριλαμβάνει τόσο τα οπτικά όσο και τα μη οπτικά αποτελέσματα, όπως αυτά περιγράφει παραπάνω. Η πολυπλοκότητα στις αποφάσεις ενός έργου φωτισμού αυξάνεται με:

- 1) Την παραδοσιακή διαμάχη μεταξύ της επιλογής να υπάρχει «πλεονάζον» φωτισμός και της συμμόρφωσης με τα ενεργειακά πρότυπα.
- 2) Τα μη οπτικά αποτελέσματα του φωτός.
- 3) Τη συμμετοχή σε αυτές των χρηστών, των ιδιοκτητών και των σχεδιαστών φωτισμού. Όλοι οι παράγοντες αυτοί, παίζουν σημαντικό ρόλο στον καθορισμό των αποτελεσμάτων και έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου (σχήμα 2). Την τελευταία δεκαετία, η προσοχή εστιασθηκε στην ενεργειακή αναβάθμιση, με τα κτίρια σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ενέργειας να αποτελούν την αιχμή του δόρατος αυτής της στρατηγικής, μετατοπίζοντας όμως ελαφρώς το επίκεντρο από τον άνθρωπο στο κτιριακό περιβάλλον. Όμως, τα τελευταία χρόνια, φαίνεται ότι στο επίκεντρο του σχεδιασμού φωτισμού επανέρχεται ο ανθρώπινος παράγοντας. Επιπλέον, η χρήση του τεχνητού φωτισμού στο δομημένο περιβάλλον μπορεί να επηρεάσει όχι μόνο την οπτική αντίληψη και την ευεξία των ανθρώπων αλλά και το περιβάλλον (φωτορύπανση, περιορισμένη ανακύκλωση).

Καθώς ο εξωτερικός φωτισμός εστιάζει στην ανάδειξη των κτιριακών προσώπων και των εξωτερικών χώρων, οι νέες οδηγίες και η εθνική νομοθεσία προσπαθούν να ελαχιστοποιήσουν τις αρνητικές επιπτώσεις της υπερβολικής χρήσης του τεχνητού φωτισμού στο εξωτερικό περιβάλλον. Οι ελλείψεις περιορισμών στο σχεδιασμό του φωτισμού και στην κατανάλωση ενέργειας για τις περιοχές στο εξωτερικό των κτιρίων (όπως είναι οι προσόψεις των κτιρίων, οι αθλητικοί χώροι, οι χώροι αναψυχής κλπ.) έχουν οδηγήσει σε κακό σχεδιασμό πολλών εγκαταστάσεων φωτισμού. Στο μέλλον, ο υφιστάμενος στατικός φωτισμός στον εσωτερικό ή στον εξωτερικό χώρο δεν θα πληροί τις προαναφερόμενες απαιτήσεις, και για αυτό θα πρέπει να αναμορφωθεί. Η σύγχρονη τεχνολογία φωτισμού, σε συνδυασμό με τους διεθνείς κανονισμούς, τις τεχνικές οδηγίες και τα ευρωπαϊκά πρότυπα μπορούν να προσφέρουν λύσεις και να παρέχουν μεγαλύτερη υποστήριξη από ποτέ.

Η μελέτη φωτισμού

Για να θεωρείται ολοκληρωμένη και ορθή μια μελέτη φωτισμού, θα πρέπει να ικανοποιεί τις ποσοτικές και ποιοτικές ανάγκες των χρηστών, που είναι:

- 1) Η οπτική άνεση, η οποία συμβάλλει στην επίτευξη υψηλής παραγωγικότητας και ποιότητας εργασίας.



2) Η οπτική απόδοση στη διατήρηση των ανωτέρω ακόμα και σε δύσκολες συνθήκες εργασίας, τόσο ποιοτικά όσο και χρονικά.


3) Η ασφάλεια, η οποία αν και αναφέρεται τελευταία είναι η σημαντικότερη.

Οι ανωτέρω ανάγκες χαρακτηρίζουν τη διαδικασία εκπόνησης μιας μελέτης φωτισμού, και για να επιτευχθούν θα πρέπει ο μελετητής να λάβει υπόψη του μια σειρά από παραμέτρους που συμβάλλουν στη δημιουργία ενός αποδοτικού περιβάλλοντος φωτισμού, συνοπολογίζοντας τόσο τον τεχνητό όσο και το φυσικό φωτισμό.

Παράμετροι φωτισμού

Οι σημαντικότερες παράμετροι που συμβάλλουν στη δημιουργία ενός αποδοτικού περιβάλλοντος φωτισμού, συνοπολογίζοντας τόσο τον τεχνητό όσο και το φυσικό φωτισμό, είναι:

- Η κατανομή της λαμπρότητας.
- Η ένταση φωτισμού.
- Η ομοιομορφία στην κατανομή της έντασης φωτισμού στον χώρο.
- Η μεταβλητότητα του φωτός (επίπεδα και χρώμα του φωτός).
- Η χρωματική απόδοση και εμφάνιση του φωτός.
- Η θάμβωση.
- Η φωτεινή μαρμαρυγή.

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται συνοπτικά τα βασικά βήματα μιας μελέτης φωτισμού. 

**Τα μέλη της ομάδας εργασίας της TOTEE (Τεχνικής Οδηγίας του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας) "Τεχνός και φυσικός φωτισμός κτιρίων" είναι (αλφαβητικά):*

Δούλος Λάμπρος, αναπληρωτής καθηγητής στο Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Κονταξής Παναγιώτης, λέκτορας Εφαρμογών στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.

Λάσκος Κωσταντίνος, γενικός συντονιστής για τη σύνταξη των Τεχνικών Οδηγιών του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας (TOTEE)

Τσαγκρανούλης Άρης, καθηγητής στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Τοπαλής Φραγκίσκος, καθηγητής στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.



Πίνακας 1: Συνοπτικά βήματα μελέτης φωτισμού

Βήματα μελέτης φωτισμού	Περιεχόμενο – περιγραφή βήματος
Φάση Α: προεργασία	
Αναγνώριση και καθορισμός των απαιτήσεων φωτισμού	Καθορισμός: α) Απαιτήσεων εργασίας - χρήσης (ένταση φωτισμού, λαμπρότητα, θάμβωση κ.λπ.) β) Ατμόσφαιρας του χώρου γ) Αντικειμένων που θα δοθεί έμφαση ή το αντίθετο. δ) Κατεύθυνση του φωτισμού και ε) Αλληλεπίδρασης φωτισμού με το χρήστη. Η επίσκεψη στο χώρο είναι επιθυμητή.
Καθορισμός των μεθόδων	Επιλογή τεχνικών φωτισμού (ομοιόμορφος και τεχνικών φωτισμού διάχυτος φωτισμός, εστιακός φωτισμός, τονισμού, υποβάθρου κλπ.).
Προεπιλογή φωτιστικών σωμάτων	Προεπιλογή φωτιστικών σωμάτων με βάση την τεχνική φωτισμού (άμεσος ή διάχυτος φωτισμός κ.λπ.), την τεχνολογία των φωτιστικών σωμάτων (LED, φθορισμού, κ.λπ.), την κατανομή φωτισμού, το διάγραμμα κώνου, τη φωτεινή απόδοση του φωτιστικού σώματος κλπ.
Επιλογή λογισμικού φωτισμού	Επιλογή λογισμικού που καλύπτει τις απαιτήσεις υπολογισμού του CIE 171.
Φάση Β: Υπολογισμοί	
Χρήση λογισμικού υπολογισμού φωτισμού	Εισαγωγή των απαραίτητων παραμέτρων στο υπολογιστικό λογισμικό.
Καθορισμός γεωμετρικών δεδομένων	Καθορισμός γεωμετρικών διαστάσεων χώρου, συντελεστών ανάκλασης, επιφανειών εργασίας περιβαλλουσών περιοχών, περιοχών υποβάθρου, ζωνών φυσικού φωτισμού, συντελεστή συντήρησης, εξωτερικών ανοιγμάτων κλπ.
Φωτομετρικοί υπολογισμοί με χρήση λογισμικού	Υπολογισμοί των υποχρεωτικών φωτομετρικών παραμέτρων με βάση το EN 12464, EN 12193, EN 13201 (Μέση ένταση φωτισμού ανά επιφάνεια εργασίας / περιβάλλουσας / υποβάθρου, τοίχους, οροφή, δείκτη UGR, ομοιομορφία, κυλινδρική ένταση φωτισμού κλπ.).
Επανελέγχος φωτομετρικών υπολογισμών	Γίνεται αναπροσαρμογή επιλογών των φωτιστικών σωμάτων και της τεχνικής φωτισμού ώστε να υπάρχει συμμόρφωση με τα πρότυπα και την ιδέα φωτισμού (concept) με τη χρήση του λογισμικού υπολογισμών.
Σύστημα ελέγχου φωτισμού	Γίνεται έλεγχος των χρήσεων των χώρων για να καθοριστεί η χρήση ή όχι συστήματος ελέγχου και επιλέγεται το καταλληλότερο εφόσον αυτό κρίνεται βιώσιμο.
Φωτισμός ασφαλείας	Επιλογή κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων και φωτομετρικοί υπολογισμοί με τη χρήση του λογισμικού υπολογισμού σύμφωνα με το EN 1838.
Φάση Γ: Τεκμηρίωση	
Τελική επιλογή φωτιστικών σωμάτων	Μετά τη χρήση του λογισμικού υπολογισμού και την τελική συμμόρφωση της μελέτης με τα πρότυπα, πραγματοποιείται η τελική επιλογή των φωτιστικών σωμάτων και της τεχνικής φωτισμού. Ενδεικτικά για όλα τα φωτιστικά σώματα που έχουν χρησιμοποιηθεί προδιαγράφεται η φωτεινή ροή (lm), η εγκατεστημένη ισχύς (W), η φωτεινή απόδοση του φωτιστικού σώματος (lm/W), η διάρκεια ζωής, οι διαστάσεις, η φωτεινή επιφάνεια, ο δείκτης UGR, η χρωματική απόδοση, τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά, το πρωτόκολλο επικοινωνίας για πιθανή χρήση συστήματος ελέγχου π.χ. DALI, η συμβατότητα με το υπάρχον ηλεκτρικό δίκτυο ή σύστημα ελέγχου κλπ. Καθοριστικής σημασίας είναι η συμμόρφωση των φωτιστικών σωμάτων με τις Οδηγίες της Ε.Ε., π.χ. LVD 2014/35/EU, EMC 2014/30/EU κλπ.
Δημιουργία παραδοτέων μελέτης φωτισμού	Δημιουργείται αναφορά με τα αποτελέσματα της φωτομετρικής ανάλυσης για κάθε ανεξάρτητο χώρο, λίστα των φωτιστικών σωμάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί, υπολογισμός της εγκατεστημένης ισχύος ανά επιφάνεια χώρου, σχέδιο τοποθέτησης φωτιστικών σωμάτων με αντίστοιχο υπόμνημα στο οποίο παρουσιάζεται ο τύπος των φωτιστικών που έχουν χρησιμοποιηθεί (ισχύς, τύπος, διαστάσεις κλπ.), φωτομετρικά αρχεία τύπου *.ldt ή *.ies όλων των φωτιστικών σωμάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί και το αρχείο υπολογισμών του προγράμματος που έχει χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη, το πρόγραμμα συντήρησης της εγκατάστασης και ο συντελεστής συντήρησης.