



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΛΕΙΦΟΡΙΚΟΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

THE IMPACT OF THE ENERGY EFFICIENCY IN THE LIGHTING DESIGN

Η επίδραση των ενεργειακών
κανονισμών στο σχεδιασμό
φωτισμού (Lighting Design)

Επιβλέπων Καθηγητής: Λάμπρος Δούλος

Μυρσίνη- Λουλούδη Καρδιόλακα

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΑΕΙΦΟΡΙΚΟΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

THE IMPACT OF THE ENERGY EFFICIENCY IN THE LIGHTING DESIGN

UNIVERSITY OF WEST ATTICA

SCHOOL OF APPLIED ARTS AND CULTURE POSTGRADUATE STUDIES

DEPARTMENT OF INTERIOR ARCHITECTURE

Thesis Supervisor: Lambros Doulos

Mirsini – Louloudi Kardiolaka

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

© ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ, 2022

Copyright © Μυρσίνη – Λουλούδη Καρδιόλακα, 2022 Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

All rights reserved.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Μυρσίνη – Λουλούδη Καρδιόλακα με αριθμό μητρώου ssd19008 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών « Αρχιτεκτονική Εσωτερικών Χώρων / Αειφορικός και Κοινωνικός Σχεδιασμός » του Τμήματος Εσωτερικής Αρχιτεκτονικής της Σχολής Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

Μυρσίνη Λουλούδη Καρδιόλακα

**«Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού
(Lighting Design)»
«The impact of the energy efficiency in the Lighting Design»**

Μυρσίνη Λουλούδη Καρδιόλακα

Επιβλέπων Καθηγητής: Λάμπρος Δούλος

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι εξεταστική επιτροπή:

| A/A | ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ | ΒΑΘΜΙΔΑ/ ΙΔΙΟΤΗΤΑ | ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ |
|-----|---------------------|-----------------------|------------------|
| 1 | Λάμπρος Δούλος | Αναπληρωτής Καθηγητής | |
| 2 | Νικόλαος Κουρνιατής | Αναπληρωτής Καθηγητής | |
| 3 | Στέλλα Τσόκα | Διδάκτωρ του Α.Π.Θ. | |

Αθήνα, Φεβρουάριος 2022

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο φωτισμός αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας του ατόμου, αν σκεφτεί κανείς ότι το άτομο εξυπηρετεί τις καθημερινές του ανάγκες υπό το φως . Οι ανάγκες φωτισμού οδηγούν σε μεγάλα ποσοστά κατανάλωσης ενέργειας με αποτέλεσμα η Ευρωπαϊκή Ένωση να ορίζει κανόνες ενεργειακού σχεδιασμού όπου ακολουθούνται από όλα τα κράτη μέλη της , καθώς και την Ελλάδα.

Επειδή τα κτίρια γραφείων αποτελούσαν το 4,4% του συνόλου των ελληνικών κατασκευών στην πιο πρόσφατη απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ, γεγονός που τα κατέτασσε στην τρίτη θέση μεταξύ όλων των κτιρίων αποκλειστικής χρήσης, αποφασίστηκε να διεξαχθεί η έρευνα σε περιβάλλον γραφείων. Η πρώτη φάση αυτού του έργου ξεκίνησε με την έρευνα για τις μοναδικές απαιτήσεις φωτισμού αυτών των χώρων. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι για την εξέταση ενός χώρου εργασίας. Η πρώτη απευθύνεται αυστηρά στον σχεδιασμό φωτισμού σύμφωνα με τους ενεργειακούς κανονισμούς, ενώ η δεύτερη απευθύνεται στον σχεδιασμό φωτισμού (lighting design) με βασικό κριτήριο το αισθητικό. Τα ευρήματα αυτών των μεθοδολογιών συγκρίθηκαν στη συνέχεια μεταξύ τους.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

| | |
|---------------------------------|------------|
| Ανθρωποκεντρικός Σχεδιασμός | ASHRAE |
| Ευρωπαϊκά Πρότυπα - Κανονισμοί | LEED |
| Ενεργειακός Σχεδιασμός Φωτισμού | WELL-BEING |
| Κιρκάδιος Σχεδιασμός | |
| Μελανοπικός Φωτισμός | |
| Μελέτη Φωτισμού | |

ABSTRACT

Every person serves his daily needs in light so lighting is an integral part of a person's daily life. The lighting needs lead to large percentages of energy consumption, so the European Union sets energy planning rules that are followed by all its member states as well as Greece.

As office buildings accounted for 4,4% of all Greek constructions in the latest ELSTAT inventory, which ranked them third among buildings for exclusive use., it was decided to conduct the survey in an office environment. The first phase of this project began with research into the unique lighting requirements of these spaces. Next two methods were used to examine a workplace. The first method is strictly addressed to the lighting design according to the energy regulations, while the second is addressed to the lighting design with the basic criterion of aesthetics. The results of these methodologies were then compared with each other.

KEY WORDS

Energy Lighting Design, Human-centered Design, European Standards - Regulations

Human-centred Design

ASHRAE

European Standards - Regulations

LEED

Energy Lighting Design

WELL-BEING

Κιρκάδιος Σχεδιασμός

Μελανοπικός Φωτισμός

Μελέτη Φωτισμού

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|----|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | 7 |
| ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ | 7 |
| ABSTRACT | 8 |
| KEY WORDS | 8 |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 12 |
| ΟΡΟΛΟΓΙΣ | 13 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 | 13 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 | 15 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 | 16 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 | 17 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 | 17 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ | 18 |
| 1.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΣΧΕΔΟΝ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (κτήρια nZeb) | 18 |
| 1.2 ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ..... | 19 |
| 1.3 ΤΥΠΟΙ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ | 19 |
| 1.3.1 Λαμπτήρας πυρακτώσεως | 19 |
| 1.3.2 Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού (CFL)..... | 19 |
| 1.3.3 Λαμπτήρας LED..... | 20 |
| 1.4 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ | 21 |
| 1.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ | 22 |
| 1.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ | 23 |
| 1.6.1 ΧΡΟΝΟΔΙΑΚΟΠΤΗΣ | 23 |
| 1.6.2 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ | 24 |
| 1.6.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΣΥΖΕΥΞΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ - ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ | 24 |
| 1.6.4 DIMMER..... | 25 |
| 1.6.5 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΞΥΠΝΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ ΜΕΣΩ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ | 26 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ | 27 |
| 2.1 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ | 27 |
| 2.1.1 ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ | 29 |
| 2.1.2 ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ..... | 30 |
| 2.1.3 ΧΡΩΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ..... | 30 |
| 2.1.4 ΘΑΜΒΩΣΗ (Unified Glare Rating) - UGR..... | 31 |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

| | |
|---|-----------|
| 2.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΟΙΠΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ | 35 |
| 2.3 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΣΤΑΘΜΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ | 37 |
| 2.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΓΝΩΜΟΝΑ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ..... | 39 |
| 2.4.1 ΚΙΡΚΑΔΙΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΣ | 39 |
| 2.4.2 ΑΝΘΡΩΠΟΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ | 40 |
| 2.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ - ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ LiDo's | 44 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ | 46 |
| 3.1 ΟΡΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ | 46 |
| 3.2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ | 48 |
| 3.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟΝ ΦΩΤΙΣΜΟ | 49 |
| 3.3.1 ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΟΝ ΛΑΜΠΗΤΗΡΑ..... | 49 |
| 3.3.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΟ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ | 50 |
| 3.4 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ DALI..... | 50 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ | 51 |
| 4.1 Richard Kelly's – Τα τρία δόγματα σχεδιασμού φωτισμού - Three Tenets of Lighting Design | 51 |
| 4.1.1 Ambient Luminescence (Φωτισμός περιβάλλοντος)..... | 52 |
| 4.1.2 Focal Glow (Εστιακός φωτισμός) | 53 |
| 4.1.3 Play of Brilliants (Παιχνίδι Φωτός)..... | 54 |
| 4.2 ΨΥΧΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ | 55 |
| 4.2.1 ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ | 58 |
| 4.2.2 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΑ ΑΤΟΜΑ..... | 59 |
| Κεφάλαιο 5 ΕΛΕΓΧΟΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟΝ ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ | 63 |
| 5.1 LEED (LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN)..... | 64 |
| 5.2 ASHRAE (AMERICA SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS) | 68 |
| 5.3 WELL BUILDING STANDARD | 70 |
| 5.4 ΜΕΛΑΝΟΠΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ | 75 |
| 5.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΡΑΦΕΙΟΥ Helvar Espoo | 79 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΓΡΑΦΕΙΩΝ | 80 |
| 6.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1 ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ | 81 |
| 6.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2 ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΑΝΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ | 85 |
| 6.3 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 3 ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΒΑΣΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΑΙΣΘΗΣΗΣ | 94 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ | 98 |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

| | |
|--|-----|
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ | 101 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ | 109 |
| ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΑ - ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ | 109 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία αυτή πραγματεύεται το θέμα της επίδρασης των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)», βασιζόμενη κυρίως σε κανονισμούς και πρότυπα, όπως τον ΚΕΝΑΚ, την ΤΟΤΕΕ καθώς και το EN12464-1 και EN12462-2. Μέσα από αυτά θα κατανοηθεί το πώς μπορεί να φωτιστεί κατάλληλα ένας χώρος τόσο ενεργειακά όσο κι αισθητικά, αλλά και αν ο ενεργειακός κανονισμός επηρεάζει στον τρόπο σχεδιασμού και σε τι βαθμό ως προς το αισθητικό κομμάτι μιας μελέτης φωτισμού.

Στο **πρώτο** κεφάλαιο γίνεται λόγος για το περιεχόμενο του ενεργειακού σχεδιασμού φωτισμού και συγκεκριμένα για χώρους γραφείων όπου θα μελετηθούν αργότερα. Παρουσιάζονται οι τεχνολογίες λαμπτήρων καθώς και το ποιοι είναι οι καταλληλότεροι για αυτούς τους χώρους.

Στο **δεύτερο** κεφάλαιο εξηγείται ο τρόπος σχεδιασμού φωτισμού, έτσι ώστε να μην υπάρχουν προβλήματα ως προς τους χρήστες. Αναφέρονται δηλαδή οι επιτρεπόμενες τιμές των δεικτών ομοιομορφίας και θάμβωσης (UGR), καθώς κι ένα πολύ σημαντικό και καινοτόμο θέμα στον σχεδιασμό φωτισμού, αυτό που έχει ως επίκεντρο το άτομο (ανθρωποκεντρικός σχεδιασμός).

Στο **τρίτο** κεφάλαιο αναφέρονται οι ενεργειακοί κανονισμοί που επηρεάζουν τον σχεδιασμό, καθώς και των προτύπων που ακολουθούνται για την επιλογή λαμπτήρα και φωτιστικού σώματος.

Το επόμενο κεφάλαιο, **το τέταρτο**, αναφέρεται στις 3 θεωρίες του Richard Kelly's, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο ο φωτισμός επηρεάζει την ψυχολογία του ανθρώπου, ενώ στο **Κεφάλαιο 5** παρουσιάζονται οι πιστοποιήσεις LEED, ASHRAE, καιWELL καθώς και οι ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιηθούν για την παροχή πιστοποίησης.

Τέλος, στο **Κεφάλαιο 6** παρουσιάζονται 3 διαφορετικές μελέτες φωτισμού σε χώρο γραφείων. Ο χώρος γραφείων, επιλέχθηκε λόγω του ότι στην Ελλάδα, σύμφωνα με την τελευταία απογραφή της ΕΛΣΤΑΤ του 2011¹, τα κτήρια γραφείων ως κύρια χρήση καταλάμβαναν το 4.4% του συνόλου των κτηρίων, κατατάσσοντάς τα τρίτα στην θέση κτηρίων αποκλειστικής χρήσης.

Αρχικά σε πρώτη φάση εξετάσθηκε μόνο το **ενεργειακό** κομμάτι, ενώ στην συνέχεια μελετήθηκε το **ποιοτικό** αποτέλεσμα. Η Τρίτη μελέτη φωτισμού, σχεδιάστηκε με βάση το **αισθητικού** αποτέλεσμα όπου ένας μελετητής φωτισμού θα ήθελε να επιτύχει. Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε μία σύγκριση των αποτελεσμάτων για αυτούς τους τρόπους προσέγγισης.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται για την πραγματοποίηση της συγκεκριμένης ερευνητικής διπλωματικής εργασίας είναι η "Ερευνα πεδίου βασισμένη σε παραδείγματα", με τη βοήθεια του φωτομετρικού προγράμματος ReLux.

¹ [https://www.statistics.gr/documents/20181/1204362/A1601_SKT01_DT_DC_00_2011_01_F_GR.pdf/33bc3e1f-
ea63-47ec-93b8-a96179b2ee59](https://www.statistics.gr/documents/20181/1204362/A1601_SKT01_DT_DC_00_2011_01_F_GR.pdf/33bc3e1f-
ea63-47ec-93b8-a96179b2ee59) σελ.4

ΟΡΟΛΟΓΙΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Φωτεινή Ροή(Luminous flux Φ) [lm]

Είναι η ακτινοβόλος φωτεινή ενέργεια που εκπέμπει μια φωτεινή πηγή στη μονάδα του χρόνου. Μονάδα μέτρησης το lumen (lm).

Ορίζεται σε σχέση με την Candela ως: $1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$

Φωτεινή ισχύς ανά περιοχή (Illuminance E) [lx]

Είναι η μονάδα SI (International System)(Μετρικό Σύστημα) του φωτισμού και φωτεινής εκπομπής. Χρησιμοποιείται στην φωτομετρία ως μέτρο της έντασης του φωτός, που πέφτει ή διέρχεται σε μία επιφάνεια, ανά τετραγωνικό μέτρο, όπως αυτή γίνεται αντιληπτή από το ανθρώπινο μάτι.

Ορίζεται από την σχέση: $1 \text{ lux} = \text{lm}/\text{m}^2$

Φωτεινή ένταση (Luminous intensity I cd)

Είναι ο λόγος της φωτεινής ροής $d\Phi$, που εκπέμπει μία φωτεινή πηγή μέσα σε μία στοιχειώδη στερεά γωνία ($d\omega$), προς αυτή τη γωνία.

Λαμπρότητα (Luminance L) [cd/m²]

Είναι η εκπεμπόμενη φωτεινή ένταση μιας φωτιζόμενης(ετερόφωτης) ή μιας φωτεινής (αυτόφωτης) πηγής προς την επιφάνεια αυτή, όπως γίνεται αντιληπτή από το «μέσο μάτι».

Ορίζεται από τον τύπο: $L=I/S$

όπου I η φωτεινή ένταση και S το εμβαδόν της φαινόμενης φωτιστικής επιφάνειας

Μονάδα μέτρησης το $\text{nit} = \text{cd}/\text{m}^2$. Και για τους λαμπτήρες το $\text{stilb} = \text{cd}/\text{cm}^2$.

Φωτεινή απόδοση (Luminous efficacy) (lm/W)

Με τον όρο φωτεινή απόδοση λαμπτήρων, νοείται το ποσό της φωτεινής ροής που αποδίδεται από κάποιον λαμπτήρα για κάθε watt καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ισχύος (lm/W).

Συντελεστής συντήρησης του συστήματος φωτισμού (fm)

Είναι ο λόγος της φωτεινής ροής σε βάθος χρόνου που απαιτείται με βάση το πρόγραμμα συντήρησης που καθορίζει ο μελετητής φωτισμού προς την αρχική φωτεινή ροή κατά την εγκατάσταση του συστήματος.

Σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 20701-7/2021 υπολογισμός του συντελεστής συντήρησης f_m γίνεται από τον τύπο:

$$f_m = f_{LF} \cdot f_s \cdot f_{LM} \cdot f_{SM} \text{ όπου}$$

f_m [-] ο συντελεστής συντήρησης του συστήματος φωτισμού

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

$f_{LF}[-]$ ο συντελεστής διατήρησης φωτεινής ροής (luminous flux factor)

$f_S[-]$ ο συντελεστής επιβίωσης (survival factor)

$f_{LM}[-]$ ο συντελεστής συντήρησης των φωτιστικών σωμάτων (luminaire maintenance factor)

$f_{SM}[-]$ ο συντελεστής συντήρησης των επιφανειών των χώρων (surface maintenance factor).

Συστήματα Ελέγχου Φωτισμού

Πρόκειται για συσκευές που ρυθμίζουν τη λειτουργία του συστήματος φωτισμού σε συνάρτηση με ένα εξωτερικό σήμα (χειροκίνητη επαφή, ανίχνευση παρουσίας, χρονοδιακόπτης).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Θάμβωση

Ο δείκτης θάμβωσης, UGR (Unified Glare Rating) αποτελεί μία μέθοδο υπολογισμού της αίσθησης θάμβωσης

λόγω διαφοράς λαμπρότητας μεταξύ οπτικού πεδίου και προσαρμογής οφθαλμών.

Βοηθά στην παρατήρηση της πιθανότητας ενός φωτιστικού να προκαλεί δυσφορία στους χρήστες και κυμαίνεται με τιμές από 5 ως 40, με τις χαμηλότερες τιμές να χαρακτηρίζονται από χαμηλό έντονο φωτισμό.

Ο δείκτης UGR υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$UGR = 8 \log \left[\frac{0.25}{L_b} \sum \left(\frac{L^2 \omega}{r^2} \right) \right]$$

Όπου:

L= Η τιμή λαμπρότητας του φωτιστικού]

L_b = Η τιμή του περιβάλλοντος χώρου. Ορίζεται ως «η ομοιόμορφη λαμπρότητα του περιβάλλοντος η οποία παράγει την ίδια ένταση φωτισμού πάνω σε ένα κάθετο επίπεδο στο οφθαλμό του παρατηρητή όπως το υπό εξέταση οπτικό πεδίο μη λαμβάνοντας υπόψη τις πηγές θάμβωσης».

ω = Η σταθερή στερεά γωνία του φωτιστικού που βλέπει ο θεατής

p = Ο δείκτης Guth ή αλλιώς Visual Comfort Probability, αποτελεί το μέτρο της γωνιακής απόστασης από το κέντρο της οπτικής γωνίας του θεατή ως το φωτιστικό.²

Σ = άθροισμα των τιμών που υπολογίζει ο λόγος.

Ανθρωποκεντρικός φωτισμός (HCL) Ο ανθρωποκεντρικός φωτισμός εστιάζει στους ανθρώπους και την ανάγκη τους για φυσικό φως. Ευέλικτα, διεγερτικά και αποτελεσματικά. Δημιουργεί ένα εργασιακό περιβάλλον που προσομοιώνει τις αλλαγές στο φυσικό φως ημέρας με τις οπτικές, βιολογικές και συναισθηματικές του επιπτώσεις.

Κιρκάδιος ρυθμός ορίζεται ως ο ημερήσιος κύκλος που επηρεάζει μια σειρά από βιοχημικούς δείκτες (μελατονίνη, κορτιζόλη, σεροτονίνη κ.α.), οι οποίοι διαδραματίζουν σπουδαίο ρόλο στην φυσική λειτουργία του ατόμου.

Κιρκάδιος φωτισμός είναι εναρμονισμένος με τον φυσικό κύκλο φωτός - σκότους της ηλιακής ημέρας.

Δείκτης χρωματικής απόδοσης (CRI) Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης Ra ή CRI είναι ένας μέσος λόγος σύγκρισης που εκφράζει το πόσο πιστά αποδίδονται 8 τυπικά χρώματα



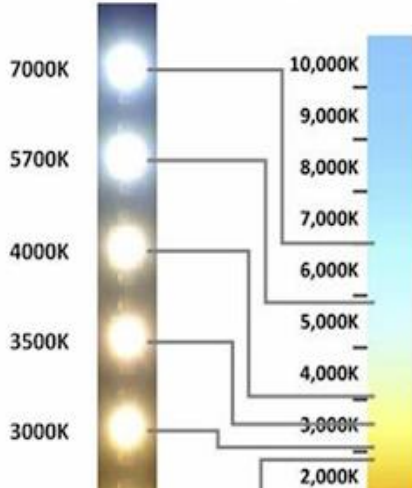
Εικόνα1 Δείγματα χρωμάτων για τις δοκιμές των φασμάτων φωτεινών πηγών και του καθορισμού του δείκτη Ra ή CRI όπως έχουν καθοριστεί από τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού (CIE) με τη χρήση 8 βασικών χρωμάτων (α), TOTEE σελ.37



Εικόνα 1 Δείγματα χρωμάτων για τις δοκιμές των φασμάτων φωτεινών πηγών και του καθορισμού του δείκτη Ra ή CRI όπως έχουν καθοριστεί από τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού (CIE) με τη χρήση 8 βασικών χρωμάτων (β), TOTEE σελ.37

² <https://www.nvcuk.com/technical/what-is-ugr/529.htm>

Ομοιομορφία (U₀) όπως ορίζεται στην ΤΟΤΕΕ, είναι ο λόγος της ελάχιστης προς τη μέση ένταση φωτισμού μιας συγκεκριμένης περιοχής και περιγράφει τις διακυμάνσεις της έντασης φωτισμού ενός χώρου. Σε ορισμένες περιπτώσεις ως ομοιομορφία ορίζεται ο λόγος της ελάχιστης έντασης φωτισμού σε κάποιο σημείο της επιφάνειας αναφοράς (π.χ. στην έδρα ενός γραφείου) προς τη μέση ένταση φωτισμού της επιφάνειας αυτής. Σε αυτή τη περίπτωση αναφέρεται αναλυτικά ο λόγος των εντάσεων φωτισμού.



Εικόνα 2 Αποχρώσεις φωτός ανά Kelvin
<http://graficnotes.blogspot.com/2016/04/blog-post.html>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Συσχετισμένη Θερμοκρασία χρώματος (Corelated Color Temperature CCT)

Η συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος υποδεικνύεται σε μονάδες που καλούνται Kelvin και η τιμή της καθορίζει εάν οι λαμπτήρες παράγουν θερμό ή ψυχρό φως.

Δείκτης Προστασίας Φωτιστικού (IP)

Το IP είναι ένας δείκτης που ουσιαστικά μας πληροφορεί για τον βαθμό προστασίας του κάθε φωτιστικού από το φυσικό περιβάλλον. Το πρώτο ψηφίο (I) αναφέρεται στην προστασία από στερεά αντικείμενα όπως σκόνη ενώ το δεύτερο (P) ορίζει την αδιαβροχοποίηση, δηλαδή τον βαθμό στεγανότητας σε περίπτωση

που το φωτιστικό έρθει σε επαφή με το νερό. Συνδυάζοντας τα δύο ψηφία έχουμε τον συνολικό βαθμό προστασίας IP.

Το **πρώτο ψηφίο**, ορίζει την προστασία έναντι στερεών αντικειμένων.

0 Χωρίς προστασία.

1 Προστασία έναντι στερεών αντικειμένων μεγαλύτερων από 50mm.

2 Προστασία έναντι στερεών αντικειμένων μεγαλύτερων από 12mm.

3 Προστασία έναντι στερεών αντικειμένων μεγαλύτερων από 2,5mm

4 Προστασία έναντι στερεών αντικειμένων μεγαλύτερων από 1,0mm

5 Προστασία έναντι σκόνης. (δεν αποτρέπεται η είσοδος της σκόνης χωρίς όμως να εισέρχεται σε μεγάλη ποσότητα).

6 Αδιαπέραστο από σκόνη.

Το **δεύτερο ψηφίο**, ορίζει την προστασία έναντι υγρών.

0 Χωρίς προστασία. (καμιά προστασία).

1 Προστασία από στάλες νερού.

2 Προστασία από στάλες νερού υπό γωνία 15°.

3 Προστασία από ερχόμενο νερό υπό γωνία 60°.

4 Προστασία από πιτσίλισμα νερού.

5 Προστασία από εκτοξευόμενο νερό από μάνικα από οποιαδήποτε κατεύθυνση.

6 Προστασία από νερό που εκτοξεύεται με δύναμη.

7 Προστασία από εμβάπτιση σε νερό. (υπό συνθήκες πίεσης και χρόνου).

8 Προστασία από κατάδυση σε νερό. (υπό συνθήκες που ορίζει ο κατασκευαστής).

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Φωτισμός Περιβάλλοντος Πρόκειται για τον γενικό φωτισμό ενός χώρου, εξακριβώνοντας ότι τα αντικείμενα καθώς και οι χρήστες που βρίσκονται σε αυτόν γίνονται αντιληπτοί.

Εστιακός Φωτισμός Πρόκειται για τον άμεσο φωτισμό σε σημεία που χρήζουν ανάγκη να φωτιστούν.

Παιχνίδι φωτός Δημιουργία εφέ φωτισμού μέσα στον χώρο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

LEED³ (LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN)

Πρόκειται για Παγκόσμια Πιστοποίηση που περιέχει και το κομμάτι του φωτισμού. Διαθέτει 4 βαθμίδες αξιολόγησης.

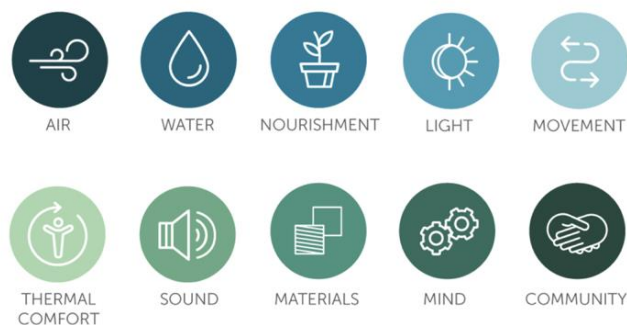
ASHRAE⁴ (AMERICA SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS)

Ένωση μηχανικών που δημιουργεί τεχνικές οδηγίες και κανονισμούς.

WELL BUILDING STANDARD⁵

Πρόκειται για Πιστοποίηση που περιλαμβάνει τις καταγεγραμμένες επιδόσεις, την πιστοποίηση και την παρακολούθηση των χαρακτηριστικών του δομημένου περιβάλλοντος που επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία και ευημερία, μέσω του αέρα, του νερού, της διατροφής, του φωτός, της φυσικής κατάστασης, της άνεσης και τις λειτουργίες του εγκεφάλου.

TEN CONCEPTS



Copyright© 2018 by International WELL Building Institute PBC. All rights reserved.

Εικόνα 3 WELL Building standard

³ <https://www.usgbc.org/help/what-leed>

⁴ <https://www.ashrae.org/professional-development/ashrae-certification/certification-types>

⁵ <https://www.usgbc.org/articles/what-well>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Η κατανάλωση ενέργειας για φωτισμό, σήμερα, αντιπροσωπεύει σημαντικό ποσοστό της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης σε παγκόσμιο επίπεδο (19% της ηλεκτρικής κατανάλωσης), με ολοένα αυξητική τάση⁶, ενώ για την Ελλάδα, αντιπροσωπεύει το 14%, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή "Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος"⁷, παρόλο που το ποσοστό αυτό θα μπορούσε να είναι πολύ χαμηλότερο, χάρη στην γεωγραφική θέση της Ελλάδας και τις ώρες ηλιοφάνειας.

Πολλές φορές, ο φωτισμός που χρησιμοποιείται δεν μελετάται σωστά, με αποτέλεσμα την κατανάλωση περισσότερης ενέργειας από ότι πραγματικά χρειάζεται. Έτσι λοιπόν μια νέα έννοια έρχεται να συμβάλει θετικά στον σχεδιασμό φωτισμού, αυτή του Ενεργειακού Σχεδιασμού. Με τον όρο **Ενεργειακό Σχεδιασμό Φωτισμού**, νοείται ο σχεδιασμός που σκοπό έχει την ποσοτική και ποιοτική βελτίωση των συνθηκών χρήσης ενέργειας για τη βέλτιστη λειτουργία των κτηρίων, τη μείωση της καταναλωμένης ενέργειας των αντίστοιχων ρύπων αλλά και του φορτίου αιχμής, συνδράμοντας παράλληλα στη δημιουργία οπτικής άνεσης για τους χρήστες.

1.1 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΤΗΡΙΩΝ ΣΧΕΔΟΝ ΜΗΔΕΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (κτήρια nZeb)

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η συνεχόμενη αύξηση κατανάλωσης ενέργειας για τις ανάγκες φωτισμού, οδήγησε σε νέες απαιτήσεις της μελέτης φωτισμού. Πρόκειται για την δημιουργία κτηρίων σχεδόν μηδενικής κατανάλωσης ή αλλιώς κτήρια nZEB (no Zero Energy Building). Το άρθρο 2, παράγραφος 1, της κοινοτικής Οδηγίας της Ε.Ε⁸, ορίζει ως:

"Κτήριο με σχεδόν μηδενική κατανάλωση ενέργειας" είναι ένα κτήριο με πολύ υψηλή ενεργειακή απόδοση του οποίου η σχεδόν μηδενική ή πολύ χαμηλή ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την κάλυψη των ενεργειακών του αναγκών, καλύπτεται σε πολύ μεγάλο βαθμό από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της ενέργειας που παράγεται επιτόπου ή πλησίον του κτηρίου.

Για να γίνει πιο συγκεκριμένη η μελέτη, ο όρος αυτός χωρίζεται σε 4 υπό – κατηγορίες:

- Κτήρια καθαρής ενέργειας μηδέν / κτήρια ενέργειας Plus
- Κτήρια σχεδόν μηδενικής ενέργειας (NZEB) σύμφωνα με τους εθνικούς ορισμούς
- Κτήρια με ενεργειακή απόδοση καλύτερη από τις εθνικές απαιτήσεις του 2012
- Κτήρια που κατασκευάστηκαν / ανακαινίστηκαν σύμφωνα με τις εθνικές ελάχιστες απαιτήσεις το 2012

⁶ http://www.cre.s.gr/energyhubforall/2.3.7.html?fbclid=IwAR3JthU1A3tNi4WNWftCHRlh0-iiNjN6R3mnnny1ItSuO3_0h4aeO-EUfGil

⁷ Έκθεση μακροπρόθεσμης στρατηγικής για την κινητοποίηση επενδύσεων για την ανακαίνιση του αποτελούμενου από κατοικίες και εμπορικά κτίρια, δημόσια και ιδιωτικά, εθνικού κτιριακού αποθέματος | <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/20142207.78-93.pdf> | σελ.54

⁸ https://ec.europa.eu/energy/content/nzeb-24_en

1.2 ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Συνεπώς σε ένα κτήριο προκειμένου να πραγματοποιηθεί μία σωστή μελέτη φωτισμού με σκοπό όσο γίνεται περισσότερο την μείωση κατανάλωσης ενέργειας, ένας μελετητής φωτισμού θα πρέπει να λάβει υπόψη του το ποσό κατανάλωσης lm/W , δηλαδή την **φωτεινή απόδοση** του κάθε λαμπτήρα. Βέβαια σημαντικό είναι και ο τρόπος με τον οποίο θα φωτιστεί ένας χώρος ή ένα σημείο, προκειμένου να μην καταναλώνεται περισσότερη ενέργεια (ο τρόπος αυτός θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο).

1.3 ΤΥΠΟΙ ΛΑΜΠΤΗΡΩΝ

Η ενέργεια που καταναλώνεται εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως οι τύποι των λαμπτήρων ή των φωτιστικών που θα επιλεγθούν καθώς και τα επί μέρους χαρακτηριστικά τους. Στην αγορά μπορεί κανείς να βρει αμέτρητες επιλογές λαμπτήρων και φωτιστικών σωμάτων. Σε πρώτο στάδιο είναι σημαντικό να επιλεγεί ο κατάλληλος τύπος λαμπτήρα. Σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ 3η έκδοση, ο διακανονισμός επιτρέπει ως ελάχιστη απόδοση του συστήματος φωτισμού τα 60 lm/W , ενώ για το κτήριο αναφοράς τα 55 lm/W . Στην νέα ΤΟΤΕΕ⁹ ορίζονται τα όρια της μέσης φωτεινής απόδοσης των φωτιστικών σωμάτων, για τις νέες εγκαταστάσεις να είναι μεγαλύτερα από 90 lm/W . Το γεγονός αυτό καθιστά ακατάλληλη την επιλογή κάποιων λαμπτήρων.

Πιο συγκεκριμένα, οι λαμπτήρες πυράκτωσης έχουν πολύ μικρό συντελεστή απόδοσης γιατί ένα πολύ μεγάλο μέρος της ενέργειας που καταναλώνουν "χάνεται" σε θερμότητα. Καθώς στην Ευρώπη έχουν καταργηθεί σταδιακά οι λαμπτήρες πυράκτωσης¹⁰, αντικαθίστανται από νέες, ενεργειακά αποδοτικές και φιλικές προς το περιβάλλον τεχνολογίες φωτισμού. Ο φωτισμός στερεάς κατάστασης (Solid State Lighting, SSL) είναι η πιο πρωτοποριακή τεχνολογία που αναδύεται στην αγορά. Βασίζεται σε φως εκπεμπόμενο από ημι-αγώγιμα υλικά, τα οποία μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε φως, και περιλαμβάνει τις διόδους φωτισμού LED και OLED¹¹.



1.3.1 Λαμπτήρας πυρακτώσεως

Οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες καθώς και οι λαμπτήρες αλογόνου, παράγουν υψηλή θερμότητα, συνεπώς δεν αποτελούν την καλύτερη οικονομική λύση, αφού «σπαταλάνε» περισσότερη ενέργεια.



1.3.2 Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού (CFL)

Ο συγκεκριμένος τύπος λαμπτήρα είναι συνήθως σπειροειδής. Επιλέγεται κυρίως για εσωτερικούς χώρους με ανάγκες έντονου φωτισμού. Το μειονέκτημά τους όμως είναι ο υδράργυρος που περιέχουν. Επομένως τις καθιστά αναγκαία ανακυκλώσιμες.



⁹ <https://web.tee.gr/wp-content/uploads/TOTEE-20701-7-2021.pdf> σελ.79

¹⁰ Κανονισμός (ΕΚ) 244/2009 της Επιτροπής. Η σταδιακή κατάργηση θα έχει ολοκληρωθεί μέχρι την 1η Σεπτεμβρίου 2012. Τα προσεχή έτη αναμένεται να αντικατασταθούν περίπου οκτώ δισεκατομμύρια λαμπτήρες στα σπίτια των ευρωπαίων πολιτών.

¹¹ LED (Light Emitting Diode) = δίοδος φωτοεκπομπής, OLED (organic LED) = οργανική δίοδος φωτοεκπομπής



1.3.3 Λαμπτήρας LED

Αποτελεί το είδος λαμπτήρα με τη μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση σε σχέση με όλους τους υπόλοιπους. Σε αντίθεση με τις λάμπες φθορισμού, οι λάμπες LED δεν περιέχουν υδράργυρο, επομένως, δεν χρειάζονται ειδική ανακύκλωση. Αυτό σε συνδυασμό με τη χαμηλή τους κατανάλωση, τις καθιστά τον τύπο λαμπτήρα που είναι πιο φιλικός προς το περιβάλλον.

Επομένως συνίσταται η μελέτη του παρακάτω πίνακα¹²¹³, στον οποίο αναγράφονται οι τυπικές τιμές ανά τεχνολογία λαμπτήρα.

Πίνακας 1 ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΛΑΜΠΤΗΡΑ https://www.ledcity.gr/article?article_id=1

| ΤΥΠΟΣ ΛΑΜΠΤΗΡΑ | ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ lm/W |
|---|----------------------|
| Απλός πυράκτωσης (έχει καταργηθεί) | 10-15 |
| Πυράκτωσης Αλογόνου | 15-25 |
| Ατμών Υδραργύρου (έχει καταργηθεί) | 40-60 |
| Συμπαγής Φθορισμού (Συμπεριλαμβανομένου του ενσωματωμένου Ballast) | 50-70 |
| Γραμμικός Φθορισμός (T8 ή T5) | 60-100 |
| Ατμών μεταλλικών αλογονιδίων | 65-100 |
| Ατμών νατρίου υψηλής πίεσης | 70-110 |
| Φωτοдиодοι LED (Chip όχι φωτιστικό σώμα) | 90-160 |

¹² http://www.ashrae.gr/Estak2018/EinB-NH2018_Presentation_Doulos.pdf Διαφ.13

¹³ http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/files/TOTEE_20701-1_2017_TEE_1st_Edition.pdf σελ.151

1.4 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Ο συντελεστής συντήρησης του συστήματος φωτισμού (fm), αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την επιλογή ενός λαμπτήρα. Σε περίπτωση που η τιμή αυτή είναι μικρή αυτό μπορεί να οδηγήσει στην κατανάλωση περισσότερης ενέργειας και στην αγορά περισσότερων φωτιστικών απ' όσων κρίνεται αναγκαίο.

Η συγκεκριμένη τιμή επηρεάζεται από 4 συντελεστές. Από τον :

$f_s[-]$ συντελεστή επιβίωσης (survival factor)

$f_{LM}[-]$ συντελεστή συντήρησης των φωτιστικών σωμάτων (luminaire maintenance factor)

$f_{SM}[-]$ συντελεστή συντήρησης των επιφανειών των χώρων (surface maintenance factor) και τον

$f_{LF}[-]$ συντελεστή διατήρηση φωτεινής ροής (luminous flux factor)

Αυτό σημαίνει ότι, καθώς μειώνεται η φωτεινή ροή, μειώνεται και ο συντελεστής συντήρησης του συστήματος φωτισμού. Συνεπώς οι λαμπτήρες που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, πέραν από την εξέταση της φωτεινής τους απόδοσης (lm/W), θα πρέπει να μελετάται και η διάρκεια ζωής τους.

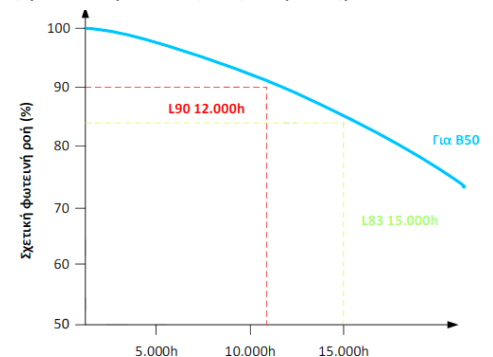
Όπως αναγράφεται στην TOTEE 2021, για τους συμβατικούς λαμπτήρες π.χ. αλογόνου, CFL, γραμμικοί φθορισμού ο δηλωμένος από τον κατασκευαστή χρόνος ζωής αντιστοιχεί σε ώρες λειτουργίας όπου το 50% των συνολικών δειγμάτων θα έχουν τεθεί εκτός λειτουργίας¹⁴ (χρόνος ημίσειας ζωής), σε ιδανικές συνθήκες εργαστηρίων, και εκτός των φωτιστικών σωμάτων που επιβαρύνουν την λειτουργία τους. Δεν ισχύει όμως το ίδιο για τους λαμπτήρες **τύπου LED**, οι οποίοι αν τοποθετηθούν σε ιδανικό τύπο φωτιστικού σώματος, δηλαδή σώμα που φέρει την επιγραφή CE, τότε ο λαμπτήρας αυτός μπορεί να μην τεθεί ποτέ εκτός λειτουργίας, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι η φωτεινή ροή θα εξακολουθεί να διατηρείται με τον χρόνο στα ίδια επίπεδα φωτισμού. Για τον λόγο αυτό αναγράφεται σε κάθε λαμπτήρα LED ο χρόνος ζωής τους.

Για παράδειγμα στην διπλανή εικόνα διαγραμματίζεται η διάρκεια ζωής LED καθώς μειώνεται η φωτεινή ροή (L90 και L83, φωτεινή ροή στο 90% και 83% αντίστοιχα) στην διάρκεια του χρόνου για πλήθος λαμπτήρων 50% του συνολικού αριθμού (B50). Η αντίστοιχη καμπύλη για διαφορετικό πλήθος π.χ. B10 θα είναι διαφορετική για το ίδιο προϊόν LED.

Συνεπώς οι λαμπτήρες τύπου Led , πέρα από την υψηλή τιμή φωτεινής ροής στην διάρκεια του χρόνου διαθέτουν και υψηλό συντελεστή συντήρησης βοηθώντας τόσο στο ενεργειακό αποτέλεσμα όσο και στο ότι η επιλογή αυτή θα αποτελέσει μακροπρόθεσμα την οικονομικότερη λύση.

Ο χώρος γραφείων καθώς λειτουργεί τα 2/3 της ημέρας χρειάζεται φωτισμό με υψηλή φωτεινή απόδοση, αλλά και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας .

Συγκριτικά με τις υπόλοιπες λάμπες του εμπορίου, η επιλογή των LED κρίνεται η καταλληλότερη.



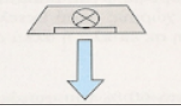
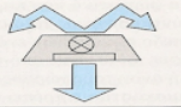
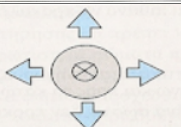
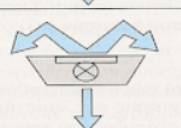

Εικόνα 4 TOTEE 20701-7/2021 Φωτεινή ροή λαμπτήρων LED συναρτήσεως του χρόνου λειτουργίας τους.

¹⁴ ΤΕΧΝΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΑΣ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021 ΤΕΧΝΗΤΟΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΚΤΙΡΙΩΝ | Α ΕΚΔΟΣΗ , σελ.25

1.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΥ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ

Βέβαια, προκειμένου να επιτευχθεί ένας σωστά ενεργειακός φωτισμός δεν αρκεί μόνο η σωστή επιλογή του λαμπτήρα , αλλά και αυτή του φωτιστικού σώματος. Στην αγορά υπάρχουν χιλιάδες τύποι φωτιστικών, οι οποίοι επιλέγονται ανά την περίπτωση. Ένα κατάλληλο φωτιστικό σώμα θα πρέπει να είναι ασφαλές στην λειτουργία του καθώς και η διαμόρφωση – μεταβολή – κατανομή της φωτεινής ροής των λαμπτήρων να υλοποιείται χωρίς σημαντικές απώλειες και χωρίς να προκαλεί θάμβωση στον χώρο. Επίσης είναι αναγκαίο η τοποθέτηση και η συντήρηση να γίνονται εύκολα, καθώς και το λειτουργικό κόστος, με το κόστος εγκατάστασης να είναι σχετικά χαμηλά. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται διάφοροι τύποι φωτιστικών με διαφορετικές κατευθύνσεις ροής το καθένα.

Πίνακας 2 Τύποι φωτιστικών https://oedhlectrologoi.blogspot.com/2016/11/blog-post_25.html

| Τύπος ροής φωτιστικού σώματος | Μορφή φωτιστικού σώματος | Ποσοστό % φωτεινής ροής με κατεύθυνση πάνω | Ποσοστό % φωτεινής ροής με κατεύθυνση κάτω |
|-------------------------------|---|--|--|
| Άμεσο |  | 0-10% | 90-100% |
| Ημιάμεσο |  | 10-40% | 60-90% |
| Διάχυτος |  | 40-60% | 40-60% |
| Ημιέμμεσο |  | 60-90% | 10-40% |
| Έμμεσο |  | 90-100% | 0-10% |



Εικόνα 5 Μορφές Φωτισμού

https://eclass.aegean.gr/modules/document/file.php/511244/07.%20%CE%8C%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B7_%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82.pdf Σελ.18

Στα συστήματα φωτισμού γραφειακών χώρων, το ποσοστό της φωτεινής ροής προς τα πάνω δεν πρέπει να είναι >30%.¹⁵

¹⁵ <https://web.tee.gr/wp-content/uploads/TOTEE-20701-7-2021.pdf> σελ.120

1.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

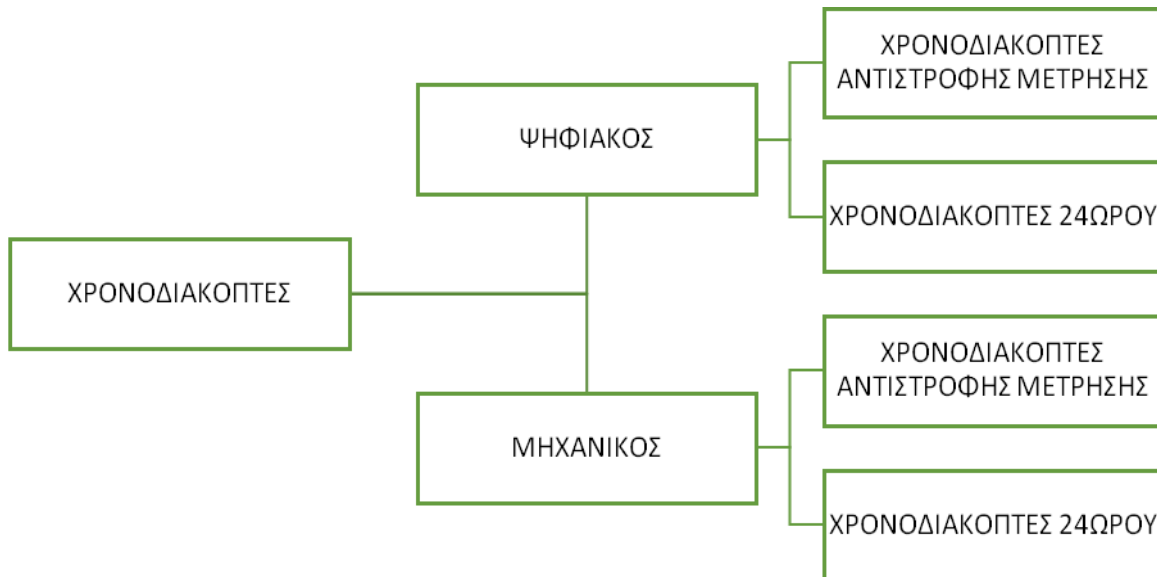
Κάθε σύγχρονο κτήριο έχει την ανάγκη από έξυπνα συστήματα διαχείρισης και τηλε-διαχείρισης, ικανά να βελτιώσουν την ποιότητα του επαγγελματικού φωτισμού, να διευκολύνουν τη διαχείριση της υφιστάμενης εγκατάστασης και να ικανοποιήσουν τις ανάγκες του περιβάλλοντος.

Ο φωτισμός γραφείων και βιομηχανικών χώρων έχει σημαντική επίδραση στην ευεξία, την παραγωγικότητα και την ζωτικότητα των εργαζομένων. Μέσω των Συστημάτων Ελέγχου, παρέχεται η δυνατότητα προσαρμογής του φωτισμού ανάλογα με το περιβάλλον, εξασφαλίζεται έλεγχος κατανομής φωτισμού και έντασης, δημιουργώντας ένα περιβάλλον πιο ευχάριστο ως προς τους χρήστες, εξοικονομώντας παράλληλα ενέργεια. Σίγουρα για κάθε μελέτη έργου θα πρέπει πρώτα να αναλυθούν οι ανάγκες για φωτισμό ξεχωριστά και στην συνέχεια ο μελετητής να προβεί στην επιλογή κάποιων πιθανών λύσεων όπως:

1.6.1 ΧΡΟΝΟΔΙΑΚΟΠΤΗΣ

Ένας χώρος γραφείων λειτουργεί συγκεκριμένες ώρες. Έτσι για τον σωστό έλεγχο φωτισμού των χώρων αυτών συστήνεται η τοποθέτηση χρονοδιακόπτη όπου ρυθμίζονται εύκολα οι ώρες λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων.

Υπάρχουν πολλά είδη χρονοδιακοπών προκειμένου να καλύψουν και τις πιο πολύπλοκες διαδικασίες προγράμματος. Ο γενικός διαχωρισμός τους χωρίζεται σε 2 μεγάλες κατηγορίες **ο ψηφιακός χρονοδιακόπτης** και **ο μηχανικός χρονοδιακόπτης**. Οι δύο αυτές κατηγορίες διαθέτουν τους χρονοδιακόπτες αντίστροφης μέτρησης και του 24ώρου.



Σχήμα 1 Είδη χρονοδιακοπών

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Στην περίπτωση που οι χώροι αυτοί λειτουργούν συγκεκριμένες ώρες για τις μέρες π.χ. Δευτέρα, Τετάρτη συνίσταται μόνο ο ψηφιακός χρονοδιακόπτης, ο οποίος έχει την δυνατότητα να προγραμματίζεται ξεχωριστά για κάθε μέρα της εβδομάδας.

Οι εβδομαδιαίοι χρονοδιακόπτες δίνουν την δυνατότητα προγραμματισμού για **κάθε μέρα** της εβδομάδας ενώ αντίστοιχα οι 24ωροι την δυνατότητα προγραμματισμού **μόνο μέσα σε ένα 24ωρο**.

Για να γίνει πιο κατανοητή η διαφορά αυτή, έστω ότι στον χώρο όπου μελετάται έχει τοποθετηθεί 24ωρος μηχανισμός. Αυτό σημαίνει ότι όσο διαρρέεται από ρεύμα, για κάθε μέρα θα λειτουργεί το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα όπου προγραμματίστηκε, πχ 9.00-18.00 .

Εάν όμως ένας χώρος λειτουργεί διαφορετικά χρονικά διαστήματα μέσα στην εβδομάδα τότε στον εβδομαδιαίο μηχανισμό δίνεται η δυνατότητα ρύθμισης των ημερών. Για παράδειγμα Δευτέρα , Τετάρτη 19.00-18.00 και Τρίτη, Πέμπτη, Παρασκευή 10.00-19.00



Εικόνα 6 Ψηφιακός Χρονοδιακόπτης
<https://www.a-store.gr/psifiakos-xronodiakoptis-me-chroniki-leitourgia-enos-deuteroleptou-kai-ano-16a-220v-ac>

1.6.2 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Τα οφέλη από την τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης είναι πολλά και διαφορετικά, για κτήρια όπως οι χώροι γραφείων. Παρέχεται άνεση στους χρήστες, αφού δεν χρειάζεται να ψάχνουν που βρίσκονται οι διακόπτες στον κάθε χώρο, ασφάλεια αφού ανάβουν την στιγμή που ο χρήστης τα έχει ανάγκη και κυρίως συμβάλλουν στην εξοικονόμηση ενέργειας., καθώς όταν δεν υπάρχει ανθρώπινη παρουσία στον χώρο, ο φωτισμός απενεργοποιείται . Για κτήρια γραφείων όπου οι χρήστες είναι πολλοί, οι συγκεκριμένοι τύποι αισθητήρων συνιστώνται σε χώρους όπου η διάρκεια παραμονής είναι μικρής διάρκειας, όπως χώροι WC ή αποθήκη.



Εικόνα 7 Αισθητήρας κίνησης
<https://ledmagonisstore.gr/light-motion-sensors/807-dome-light-12w-sensor>

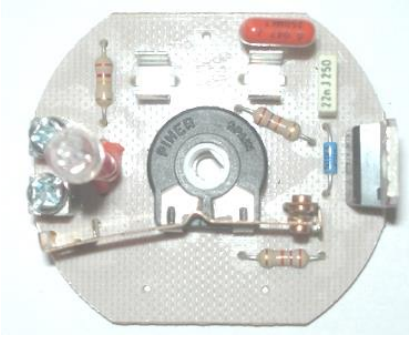
1.6.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΣΥΖΕΥΞΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ - ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Ένας χώρος γραφείου λειτουργεί από το πρωί ως και τις απογευματινές ώρες. Κατά την διάρκεια αυτή το φυσικό φως μεταβάλλεται , επηρεάζοντας παράλληλα και τον εσωτερικό φωτισμό του χώρου. Οι αισθητήρες ρύθμισης φωτός, συμβάλλουν στη δημιουργία ενός φωτισμού σε ικανοποιητικά επίπεδα για κάθε χρονική **στιγμή**. Τα συστήματα ρύθμισης φωτεινής ροής εξασφαλίζουν πάντα την απαιτούμενη στάθμη της ποσότητας συνολικού φωτισμού στην οποία είναι ρυθμισμένα, ώστε αν η στάθμη αυτή δεν καλύπτεται με τον φυσικό φωτισμό να συμπληρώνεται με τον τεχνητό και αν ο φυσικός φωτισμός επαρκεί να διακόπτεται η ροή από τον τεχνητό φωτισμό. Με τον τρόπο αυτό οι ενεργειακές απαιτήσεις μειώνονται σε αναλογία με τη μείωση του φωτός. Για παράδειγμα 50% λιγότερη ροή του τεχνητού φωτισμού συνεπάγεται με 50% λιγότερη κατανάλωση. Το γεγονός αυτό επηρεάζει θετικά και την διάρκεια ζωής των συνδεδεμένων λαμπτήρων. Με αυτόν τον τρόπο, οι χρήστες των κτηρίων έχουν μεγαλύτερο όφελος .



Εικόνα 8 Universal ρυθμιστής φωτισμού KNX, 1 x 300W TXA661A

1.6.4 DIMMER



Εικόνα 9 Εσωτερικό ενός dimmer

Ο συγκεκριμένος μηχανισμός Dimmer, όπως και ο αισθητήρας σύζευξης φυσικού - τεχνητού φωτισμού, είναι σχεδιασμένος για να ρυθμίζει την ένταση φωτισμού σε έναν χώρο. Έτσι οι χρήστες έχουν τον έλεγχο κάθε φορά να ρυθμίζουν χειροκίνητα τα επιθυμητά επίπεδα φωτεινότητας. Το γεγονός αυτό για ένα χώρο γραφείου προσφέρει: παραγωγικότητα, ευελιξία, καθώς και εξοικονομείται ενέργεια χάρη στην λιγότερη κατανάλωση ρεύματος. Εσωτερικά το dimmer παρουσιάζεται στην εικόνα 10.

Τα πρώτα dimmer ελέγχονταν μηχανικά και είχαν ένα σκοπό, να ελέγχουν τη φωτεινότητα μιας λάμπας μειώνοντας την τάση του ρεύματος. Τα σύγχρονα όμως έχουν και άλλες λειτουργίες όπως:

- Αυτόματη ενεργοποίηση και απενεργοποίηση.
- Έλεγχος εξ' αποστάσεως με φωνητική εντολή, μέσω ραδιοφωνικού καναλιού ή υπέρυθρων ή κάποιου θορύβου.
- Μέσω αφής οι λάμπες σβήνουν ομαλά και αποφεύγεται η υπέρταση που έχει ως αποτέλεσμα το κάψιμο των λαμπτήρων.
- Με ειδικό πρόγραμμα προσομοιάζουν την παρουσία και ανάβουν ή σβήνουν αυτόματα τα φώτα σε διαφορετικούς χώρους δίνοντας την εντύπωση πως υπάρχει άνθρωπος, για λόγους ασφαλείας.

1.6.5 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΕΞΥΠΝΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ ΜΕΣΩ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

Η ιδέα ενός δικτύου με μηχανήματα και συσκευές που μιλούν μεταξύ τους, προτάθηκε για πρώτη φορά το 1999. Το Internet of Things στην ουσία συνδέει διάφορες συσκευές του χώρου όπως, Η/Υ, ηλεκτρικές συσκευές, φωτιστικά, θερμοστάτες κ.α. και ο χρήστης κατέχει τον έλεγχό τους ανά πάσα στιγμή μέσα από εφαρμογές που μπορούν εύκολα να εγκατασταθούν στο κινητό/tablet/pc . Ένα τέτοιο δίκτυο μπορεί να επιτρέψει ακόμα και στις μεγαλύτερες ηλικιακές ομάδες ή στα άτομα με αναπηρία να διατηρήσουν την ανεξαρτησία τους και την άνεση του χώρου τους, αφού θα έχουν εύκολη πρόσβαση σε όλες τις συσκευές, ενώ οι αισθητήρες θα μειώνουν το ρίσκο ατυχημάτων. Ο κόσμος της τεχνολογίας του έξυπνου σπιτιού ποικίλει όπως ποικίλουν και οι απαιτήσεις των χρηστών του.

Interact Landmark

Πρόκειται για λογισμικό διαχείρισης φωτισμού βασιζόμενο σε cloud. Συμβάλει στην βιωσιμότητα και την εξοικονόμηση ενέργειας του κτηρίου, μειώνοντας τις δαπάνες έως και 75% σε σχέση με τον συμβατικό φωτισμό.¹⁶

Domovea

Με το συγκεκριμένο λογισμικό παρέχεται η δυνατότητα ελέγχου του συνόλου της εγκατάστασης, από τον φωτισμό και τα ρολά έως τη θέρμανση και τον κλιματισμό. Ταυτόχρονα, ενημερώνει για την συνολική ή την επί μέρους κατανάλωση της ενέργειας της εγκατάστασης, μέσα από τον υπολογιστή, το smartphone ή το tablet, αλλά και από την ειδική για τη χρήση αυτή οθόνη αφής της Hager.¹⁷

Building manage

Το συγκεκριμένο λογισμικό της Legrand, επιτρέπει τη συνέργεια ανάμεσα στα συστήματα διαχείρισης φωτισμού, φωτισμού ασφαλείας, της μέτρησης της ενέργειας καθώς επίσης και άλλων εφαρμογών, όπως το HVAC (θέρμανση, εξαερισμός, κλιματισμός) PC σε απόσταση KNX Modbus BACnet BACnet Building manager BACnet KNX Modbus BACnet BACnet KNX



**Εξοικονόμηση
Ενέργειας**



**Μείωση
Κόστους**



**Εξασφαλίζουν
ιδανικό φωτισμό**



**Δημιουργούν
ατμόσφαιρα**



**Απομακρυσμένος
έλεγχος φωτισμού**

Εικόνα 10 Πλεονεκτήματα Έξυπνων Κτηρίων

¹⁶ https://www.interact-lighting.com/b-dam/b2b-li/en_AA/interact/case-study/namur/case-study-namur.pdf

¹⁷ Light_Management_Low_final | Hager

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΟΡΓΑΝΩΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Για να είναι επιτυχημένος ο φωτισμός σε κάποιον εσωτερικό χώρο θα πρέπει να είναι λειτουργικός, να προσφέρει οπτική άνεση και ασφάλεια κατά την εκτέλεση των εργασιών και να προϋποθέτει τη σωστή εφαρμογή των τεχνικών φωτισμού καθώς και την αξιοποίηση της σύγχρονης τεχνολογίας. Η ποσότητα και η ποιότητα του φωτισμού είναι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη στη διαδικασία της σχεδίασης του φωτισμού και ασκούν σημαντική επίδραση στη συνολική αισθητική του χώρου και όχι μόνο, αφού ο φωτισμός συμμετέχει στα λειτουργικά έξοδα, βελτιώνει τις συνθήκες εργασίας, συμβάλει στην αύξηση της παραγωγικότητας, την ευεξία των εργαζομένων και μειώνει τα ατυχήματα.

Υπάρχουν διαφορετικές λύσεις φωτισμού ανάλογα με το αποτέλεσμα που επιδιώκεται. Πρώτο βήμα κατά τον σχεδιασμό του φωτισμού είναι ο προσδιορισμός των απαιτήσεων σχετικά με την ένταση φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας και κατανομή της λαμπρότητας στις επιφάνειες του χώρου, τη διάθεση του χώρου, το σχήμα και τη διαρρύθμιση του εσωτερικού χώρου, τα αντικείμενα που πρέπει να τονιστούν, την κατεύθυνση του φωτός σε σχέση με το φυσικό φως της ημέρας.

Πίνακας 3 Καθορισμός των απαιτήσεων φωτισμού ανάλογα με την επιφάνεια εργασίας και τον χώρο.

| ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ | ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ | ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ |
|---|---|---|
| επιφάνεια εργασίας ή περιοχή δραστηριότητας | Απαιτήσεις της επιφάνειας εργασίας ή της δραστηριότητας | Μέση ένταση φωτισμού E_m |
| | | Ομοιομορφία U_o |
| | | Χρωματική απόδοση CRI ή R_a |
| Χώρος ή ο σχεδιασμός του | Οπτική επικοινωνία και αναγνώριση αντικειμένων | Θάμβωση UGRL |
| | | Μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού $E_{m,z}$ |
| | Εμφάνιση του χώρου ως προς τη λαμπρότητα | Μέση ένταση φωτισμού τοίχων $E_{m,wall}$ |
| Μέση ένταση φωτισμού οροφής $E_{m,ceiling}$ | | |

2.1 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Η ποιότητα του φωτισμού σε έναν εσωτερικό χώρο είναι καθοριστική για την λειτουργία του. Η υψηλή ποιότητα φωτισμού σχετίζεται με τον κατάλληλο φωτισμό ανάλογα με τον εσωτερικό χώρο και τη χρήση του. Ο φωτισμός θα πρέπει να είναι επαρκής, ικανοποιητικός και να αποφεύγεται η αυξομείωση της φωτεινής έντασης των φωτιστικών¹⁸, προκειμένου οι χρήστες να μπορούν να διατελέσουν τις διάφορες εργασίες τους χωρίς κόπωση, πονοκεφάλους, οφθαλμολογικά ή και ψυχολογικά προβλήματα. Επομένως αποτελεί ζωτικής σημασίας η δημιουργία ενός περιβάλλοντος με επαρκή και ποιοτικό φωτισμό, καλή ομοιομορφία καθώς και απόδοση χρωμάτων ώστε να εκτελούνται επιτυχώς και με ασφάλεια οι εργασίες στο χώρο.

Σύμφωνα με τον κανονισμό **EN 12464-1**¹⁹, σε περιπτώσεις όπου ο χώρος εργασίας- σημείο- που θα μελετηθεί, είναι γνώριμος, όπως και σε αυτή που θα εξεταστεί σε επόμενο κεφάλαιο, τότε αυτό καθιστά αναγκαίο την δημιουργία επιτόπου φωτισμού προκειμένου ο χρήστης να διευκολύνεται στη εκτέλεση των καθηκόντων του.

¹⁸ Φωτεινή μαρμαρυγή οφείλεται σε αρρυθμίες της έντασης. Ο όρος flicker (φωτεινή μαρμαρυγή) αναφέρεται σε άμεσα ορατές διαμορφώσεις μιας στατικής πηγής φωτός σε σχετικά χαμηλές συχνότητες (μικρότερες από 80 Hz) και σε μικρά επίπεδα διαμόρφωσης που παρατηρεί ένας στατικός παρατηρητής www.electrologos.gr

¹⁹ <https://www.valosto.com/tiedostot/prEN%2012464-1.pdf>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Η ποιότητα του φωτισμού εκφράζεται με τους όρους

- **μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού (E_z)** νοείται η μέση τιμή της έντασης φωτισμού στην κατακόρυφη πλευρά ενός νοητού κυλίνδρου γύρω από το πρόσωπο των χρηστών. Σύμφωνα με το EN 12464-1, ως ελάχιστη τιμή σε γενικούς χώρους κυκλοφορίας ορίζονται τα $50lx^{20}$ ενώ για χώρους γραφείων τα $150lx$. Αυτές οι τιμές επιτυγχάνονται σε ύψος 1,2 μέτρα πάνω από το δάπεδο για καθήμενα άτομα και 1,6 μέτρα πάνω από το δάπεδο για άτομα σε όρθια στάση. Και στις δύο περιπτώσεις η ομοιομορφία θα πρέπει να είναι πάνω από 0,10. Αυτό που επιτυγχάνεται με την μέση κυλινδρική ένταση είναι να φωτίζεται επαρκώς ο όγκος του συνολικού χώρου που χρησιμοποιείται, ώστε να εξασφαλίζεται η οπτική επικοινωνία μεταξύ των χρηστών του.



Εικόνα 11 Μέση Κυλινδρική ένταση φωτισμού E_z

- **μοντελοποίηση φωτισμού** Εκφράζει την ισορροπία μεταξύ διάχυτου και κατευθυντικού φωτός και καθορίζεται από την αναλογία κυλινδρικής έντασης φωτισμού (E_z) προς την οριζόντια ένταση φωτισμού (E_h) σε ένα δεδομένο σημείο (συνήθως 1,2m πάνω από το επίπεδο του δαπέδου). Βάση της νέας έκδοσης του EN 12464-1, μια τιμή μεταξύ 0,30 και 0,60 (του λόγου E_z/E_h) είναι ένας δείκτης καλής μοντελοποίησης, για μια ομοιόμορφη κατανομή φωτιστικών στην οροφή, αφού τα πρόσωπα και τα σώματα δεν είναι πολύ δραματικά σκιασμένα ή έντονα φωτισμένα²¹.

- **κατευθυντικός φωτισμός** Χρησιμοποιείται για να τονίσει τυχόν λεπτομέρειες, ή για να φωτίσει καλύτερα κάποια αντικείμενα. Για παράδειγμα, σε ένα χώρο εργασίας ο κατευθυντικός φωτισμός προς την επιφάνεια εργασίας διευκολύνει τους χρήστες στο να λειτουργήσουν πιο μεθοδικά. Ωστόσο, απαιτείται προσοχή καθώς, θα πρέπει να αποφεύγεται η δημιουργία ενοχλητικών σκιών. Σύμφωνα με το EN 12464-1 τονίζεται η ανάγκη αποφυγής της δημιουργίας πολλαπλών σκιών, οι οποίες μπορεί να προκληθούν από το συγκεκριμένο είδος φωτισμού, χρησιμοποιώντας περισσότερες από μία πηγές. Το γεγονός αυτό μπορεί να φέρει ως αποτέλεσμα και την δημιουργία σύγχυσης ως προς τους χρήστες, αφού θα δυσκολεύονται για την τέλεση των καθηκόντων τους.²²

Οι σημαντικότερες παράμετροι που συμβάλλουν στη δημιουργία ενός αποδοτικού και ποιοτικού περιβάλλοντος φωτισμού, είναι: η κατανομή της λαμπρότητας και η ένταση φωτισμού, η ομοιομορφία στην κατανομή της έντασης φωτισμού, η σωστή χρωματική απόδοση και η εμφάνιση του φωτός, η αποφυγή θάμβωσης και φωτεινής μαρμαρυγής.

²⁰ <https://www.valosto.com/tiedostot/prEN%2012464-1.pdf>

²¹ Ομοίως

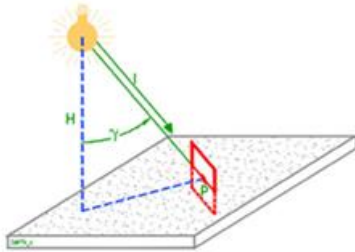
²² Ομοίως

2.1.1 ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Η **ένταση φωτισμού** εκφράζει την ποσότητα φωτός που προσπίπτει πάνω σε μια επιφάνεια, μετράει την λαμπρότητα (illuminance) και συμβολίζεται με το γράμμα **E**. Μονάδα μέτρησης και είναι το **lux** (lx). Ένα lux ισούται με ένα lumen ανά τετραγωνικό μέτρο lm/m² και μετράται με τη χρήση λουξόμετρου που περιέχει ειδικό φωτοκύτταρο. Η ένταση φωτισμού δεν εξαρτάται από την κατεύθυνση με την οποία προσπίπτει η ποσότητα του φωτός πάνω στην επιφάνεια. Η ένταση φωτισμού κατά το καλοκαίρι τις μεσημεριανές ώρες φθάνει τα 100.000 lux, ενώ τις βραδινές ώρες με Πανσέληνο σε έναστρο ουρανό τα 0,25 lx.

Για την Ευρωπαϊκή Ένωση έχει καθοριστεί το πρότυπο EN 12464-1 που καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις που το εγκαταστημένο σύστημα φωτισμού πρέπει να ικανοποιεί. Ορίζει τις ελάχιστες τιμές φωτισμού στις επιφάνειες εργασίας και διαφέρουν ανάλογα με τη δραστηριότητα. Η ένταση φωτισμού E_m υπολογίζεται στον κύκλο συντήρησης του φωτιστικού συστήματος και είναι χαμηλότερη από την αρχική φωτεινή ισχύ των φωτιστικών σωμάτων. Το φωτιστικό σώμα έχει κάποια φωτιστική ισχύ (lumen), που δεν εκπέμπεται ίδια σε όλες τις κατευθύνσεις. Η ισχύς που φθάνει κάθετα σε μία επιφάνεια λέγεται ισχύς φωτισμού (Lux).

2.1.1.1 ΚΑΘΕΤΗ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

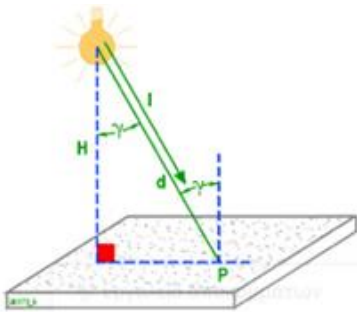


Ο φωτισμός στο σημείο P πάνω σε μία κάθετη επιφάνεια ως προς την φωτεινή πηγή, είναι συνάρτηση του ύψους H της φωτεινής πηγής από την κάθετη επιφάνεια και της προσπίπτουσας γωνίας γ της φωτεινής έντασης I.

$$E_v = \frac{I}{d^2} \sin \gamma \quad \text{ή} \quad E_v = \frac{I}{h^2} \cos^2 \gamma \sin \gamma$$

Εικόνα 12 Κάθετη ένταση φωτισμού E_v
ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ
www.ils.com.gr

2.1.1.2 ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ



Σε επίπεδες επιφάνειες η ένταση φωτισμού υπολογίζεται με την απόσταση d μεταξύ της πηγής φωτός και του κάθετου ύψους H μεταξύ της επιφάνειας και της προβολής της πηγής στην επιφάνεια.

$$E_{hor} = \frac{I \cos^3 \gamma}{h^2}$$

Εικόνα 13 Οριζόντια ένταση φωτισμού E_{hor}
ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ E_{hor} .www.ils.com.gr

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

2.1.2 ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ

Η **ομοιομορφία** (U_o) φωτισμού ενός χώρου είναι ο λόγος της ελάχιστης έντασης φωτισμού στον χώρο προς τη μέση ένταση φωτισμού στον ίδιο χώρο $U_o = \frac{E_{min}}{E_a}$.

Οι ελάχιστες τιμές ομοιομορφίας φωτισμού πρέπει να κυμαίνονται ανάλογα με τις απαιτήσεις εργασίας όπως στον Πίνακα που ακολουθεί:

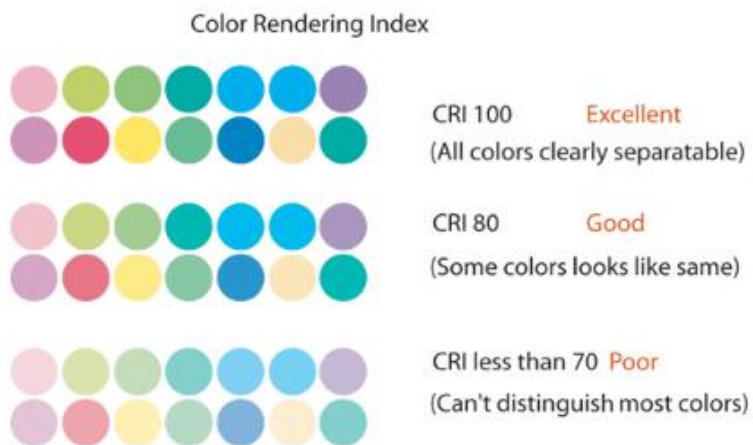
| ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ $U_o = E_{min}/E_a$ | ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 1 / 1,5 | Εξαιρετικά μεγάλες απαιτήσεις |
| 1 / 2,5 | Μεγάλες και μεσαίες απαιτήσεις |
| 1 / 3 | Μικρές απαιτήσεις |
| 1 / 3 έως 1 / 6 | Πολύ μικρές απαιτήσεις |

Ελάχιστες τιμές ομοιομορφίας U_o

Παράγοντες που επηρεάζουν την ομοιομορφία είναι η γεωμετρία του χώρου δηλαδή το σχήμα του χώρου και οι αναλογίες του, η θέση των ανοιγμάτων στο κέλυφος και η ύπαρξη εξωτερικών εμποδίων για το φυσικό φως. Σε μια επίπεδη επιφάνεια όσο απομακρυνόμαστε από το άνοιγμα του κελύφους του χώρου π.χ. παράθυρο, τόσο ο φωτισμός μειώνεται. Αυτό που προτείνεται ώστε να αυξηθεί η ομοιομορφία φωτισμού στο χώρο είναι να μειωθεί το βάθος του χώρου ώστε η αναλογία φωτισμού μπροστά και πίσω να είναι 3:1.

2.1.3 Χρωματική απόδοση

Η χρωματική απόδοση μετράται με το Δείκτη Χρωματικής απόδοσης (Color Rendering Index) –CRI ή R_a .



Εικόνα 14 Απόδοση χρωμάτων με διαφορετικούς δείκτες χρωματικής απόδοσης

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Ως προς τη χρωματική απόδοση ο δείκτης χρωματικής απόδοσης (Color Rendering Index-CRI ή R_a) εκφράζει τον βαθμό πιστότητας στην απόδοση των χρωμάτων όταν φωτίζονται από μία φωτεινή πηγή. Το πόσο σωστά αποδίδει τα χρώματα μια φωτεινή πηγή σε σχέση με άλλη φωτεινή πηγή που αποτελεί το σημείο αναφοράς μετράται με τον δείκτη χρωματικής απόδοσης (CRI) και παίρνει τιμές από το 0 ως το 100, που αποδίδονται σε πρότυπες πηγές φωτός, τον ήλιο ως φυσική πηγή και την λάμπα πυρακτώσεως ως τεχνητή πηγή φωτός. Αποτελεί μέτρο σύγκρισης για φωτιστικά ίδιας θερμοκρασίας χρώματος και ίδιου τύπου, όσο υψηλότερος είναι ο δείκτης τόσο καλύτερα και φυσικότερα αποδίδονται τα χρώματα.

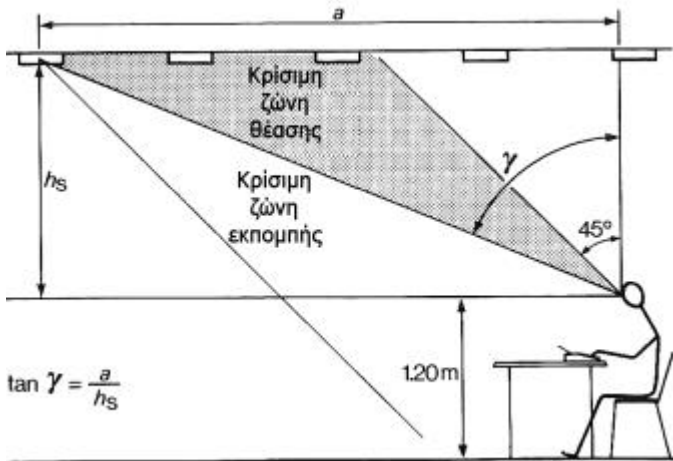


Εικόνα 15 Εμφάνιση προϊόντων με διαφορετικό δείκτη χρωματικής απόδοσης

Στα προϊόντα όπου η εμφάνιση είναι σημαντική η τιμή CRI που προτείνεται είναι **CRI > 80**, στα είδη όπου το χρώμα είναι σημαντικό στοιχείο όπως τα έργα τέχνης ή το ύφασμα ο δείκτης CRI πρέπει να είναι > 90 πάντα κατά το πρότυπο EN 12464-1. Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης είναι πολύ σημαντικός για εφαρμογές φωτισμού σε χώρους όπως εκθέσεις προϊόντων ή έργων τέχνης, στούντιο τηλεοπτικά και κινηματογραφικά κ.λ.π.

2.1.4 Θάμβωση (Unified Glare Rating) - UGR

Το έντονο φως αποτελεί ένα κοινό πρόβλημα στους χώρους εργασίας. Τα ακατάλληλα φωτιστικά σώματα προκαλούν υπερβολική λαμπρότητα σε ανακλαστικές επιφάνειες, είτε σε οθόνες υπολογιστών κ.λπ. Αυτό μπορεί να προκαλέσει διαταραχή στους εργαζομένους σε χώρους γραφείων, προκαλώντας οπτική δυσφορία. Η δυσκολία που προκαλείται στην όραση από μια έντονη πηγή φωτός που είτε η φωτεινή ροή πέφτει άμεσα στα μάτια του χρήστη είτε αντανακλάται σε μια επιφάνεια π.χ. υπολογιστή λέγεται **θάμβωση** και διακρίνεται αντίστοιχα σε **άμεση** και **έμμεση**. Μπορεί να προκληθεί από πολύ υψηλά επίπεδα φωτισμού αλλά και από τη συνεχόμενη εναλλαγή χαμηλής με φωτεινής λαμπρότητας φωτισμού, που δημιουργεί δυσκολία στην αναγνώριση αντικειμένων και μια γενικότερη δυσφορία.



Εικόνα 16 Κρίσιμη ζώνη απευθείας θάμβωσης

Η απευθείας θάμβωση περιορίζεται σε ικανοποιητικό βαθμό όταν η μέση τιμή της λαμπρότητας των φωτιστικών στην ζώνη θέασης και στην κρίσιμη ζώνη εκπομπής, όπου η γωνία $45^\circ \leq \gamma \leq 85^\circ$ (βλ.εικόνα 17), δεν ξεπερνούν τις οριακές τιμές περιορισμού της θάμβωσης. Όπου a ορίζεται η οριζόντια απόσταση από το ανθρώπινο μάτι έως το πιο απομακρυσμένο φωτιστικό στο χώρο και h_s είναι η κάθετη απόσταση από το ύψος του ματιού από το πάτωμα (1,20 για καθήμενους και 1,65 για όρθιους χρήστες) και του φωτιστικού.

Η απευθείας θάμβωση περιορίζεται σε ικανοποιητικό βαθμό όταν η μέση τιμή της λαμπρότητας των φωτιστικών στην ζώνη θέασης και στην κρίσιμη ζώνη εκπομπής, όπου η γωνία $45^\circ \leq \gamma \leq 85^\circ$ (βλ.εικόνα 17), δεν ξεπερνούν τις οριακές τιμές περιορισμού της θάμβωσης. Όπου a ορίζεται η οριζόντια απόσταση από το ανθρώπινο μάτι έως το πιο απομακρυσμένο φωτιστικό στο χώρο και h_s είναι η κάθετη απόσταση από το ύψος του ματιού από το πάτωμα (1,20 για καθήμενους και 1,65 για όρθιους χρήστες) και του φωτιστικού.

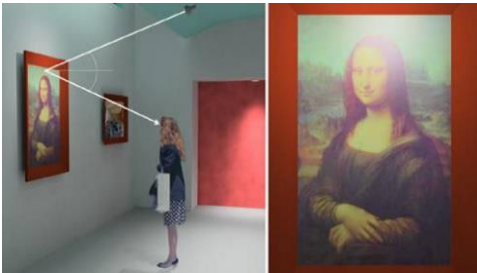
Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)



Εικόνα 17 Φαινόμενο θάμβωσης. Η ενόχληση που δημιουργείται στο άτομο οφείλεται στην αντανάκλαση του φωτός πάνω στην επιφάνεια του Η/Υ όπου εργάζεται. Η αποφυγή της ενόχλησης είναι δύσκολη <https://applyergonomics.wordpress.com/>

Η θάμβωση αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τον σχεδιασμό. Όταν η δυσφορία επιτρέπει την εκτέλεση εργασιών τότε η θάμβωση λέγεται θάμβωση **δυσφορίας** (Discomfort glare). Οφείλεται κυρίως στη λανθασμένη επιλογή και τοποθέτηση φωτιστικών σωμάτων, που έχει σαν αποτέλεσμα την απ' ευθείας ακτινοβολία από αυτά προς τον οφθαλμό, μέσω κατοπτρισμού. Το γεγονός ότι μπορεί να μην ανιχνεύεται άμεσα, όταν συμβαίνει, δεν σημαίνει ότι συσσωρευτικά δεν παρατηρούνται αντιδράσεις (π.χ. πονοκέφαλοι).

Υπάρχει και η θάμβωση **ανικανότητας** (Disability glare) όπου η φωτεινή πηγή είναι μέσα στο οπτικό πεδίο του χρήστη και δημιουργεί αντανάκλαση εσωτερικά στον οφθαλμό, εμποδίζοντας την όραση και δυσκολεύοντας την εκτέλεση εργασιών. Συνήθως όταν δημιουργηθεί, η αντίδραση είναι άμεση με τροποποίηση της θέσης εργασίας (δηλ. με τροποποίηση της διεύθυνσης παρατήρησης).



Εικόνα 18 Φαινόμενο θάμβωσης. Η ενόχληση του ατόμου μπορεί να αποφευχθεί αν αλλάξει θέση <https://applyergonomics.wordpress.com/>

Η θάμβωση δυσφορίας (discomfort glare) UGR υπολογίζεται με τον ακόλουθο τύπο και συνιστώνται τιμές ≤ 16 για σχεδιαστήρια και ≤ 19 για γραφεία, σύμφωνα με το πρότυπο EN 12464-1. Ο υπολογισμός UGR δεν ισχύει όταν οι φωτεινές πηγές είναι πολύ μικρών ή μεγάλων διαστάσεων.

Η τιμή UGR δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$UGR = 8 \log \left(\frac{0,25}{L_b} \sum \frac{L^2 \cdot \omega}{p^2} \right) \quad \text{όπου,}$$

L_b = Λαμπρότητα υποβάθρου

L^2 = Λαμπρότητα φωτιστικών

ω = στερεά γωνία

p^2 η γωνία ανάμεσα στην κατεύθυνση θέασης και στο φωτιστικό,

Συνεπώς, ο δείκτης θάμβωσης επηρεάζεται από την κατεύθυνση παρατήρησης.

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Πίνακας 4 Δείκτης θάμβωσης και συνθήκες φωτισμού

| UGR | ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ |
|---------|---|
| < 13 | Χωρίς θάμβωση |
| 13 - 16 | Για ακριβείς και απαιτητικές οπτικές εργασίες |
| 16 - 19 | Για συνηθισμένες οπτικές εργασίες |
| 19 - 22 | Για μέτριες οπτικές απαιτήσεις |
| 22-28 | Για απλές οπτικές εργασίες |
| >28 | Ακατάλληλες συνθήκες φωτισμού για εργασία |

Η θάμβωση μπορεί να προκληθεί από τις λάθος επιλογές κυρίως των φωτιστικών σωμάτων και λιγότερο της τοποθέτησής τους, δυσκολεύοντας τους χρήστες στην εκπλήρωση των καθηκόντων τους, προκαλώντας τους δυσφορία και την δημιουργία ενός μη ευχάριστου περιβάλλοντος εργασίας. Για τον λόγο αυτό, οι δέσμες φωτός θα πρέπει να έχουν γωνία μεγαλύτερη (>) από 50° -60° από το οριζόντιο επίπεδο.



Εικόνα 19 Θάμβωση έμμεση και άμεση

Χωρίς Θάμβωση

Πολλές φορές παρατηρούνται παράλληλα και τα δύο είδη θάμβωσης, δημιουργώντας δυσκολία στο να προσδιοριστεί η αιτία ύπαρξης της, που μπορεί να οφείλεται σε κάποιον από τους παρακάτω παράγοντες:

- Τη λαμπρότητα της πηγής
- Τη λαμπρότητα του υποβάθρου
- Το μέγεθος και τον αριθμό των πηγών
- Τη σχετική τους θέση ως προς τον παρατηρητή

Η θάμβωση περιορίζεται με τη χρήση περσίδων και με επιλογή κατάλληλων φωτιστικών σωμάτων, επίσης με αλλαγή της διάταξης των φωτιστικών σωμάτων ως προς τη θέση του παρατηρητή. Ιδανικά η κατεύθυνση πρόσπτωσης του φωτός στην επιφάνεια εργασίας πρέπει να είναι πλάγια. Επίσης η μεταβολή των υλικών και χρωμάτων των εσωτερικών επιφανειών βοηθάει ώστε να μην ανακλάται η πηγή φωτός.

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Πίνακας 5 Πίνακας ανακλαστικότητας επιφανειών

| ΧΡΩΜΑ | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΗΣ (%) |
|------------------|---------------------------|
| ΜΑΥΡΟ | 3% |
| ΜΑΥΡΟ ΜΑΤ | 5% |
| ΜΑΥΡΟ ΛΑΔΟΜΠΟΓΙΑ | 9% |
| ΜΑΥΡΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | 10% |
| ΦΥΣΙΚΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ | 35% |
| ΑΣΠΡΟ | 75% |
| ΑΣΗΜΙ | 75% |

Γενικά απαιτητικές δραστηριότητες με δυσκολίες στην εκτέλεση τους απαιτούν χαμηλές τιμές UGR. Ως προς τη θάμβωση ορίζεται σύμφωνα με το πρότυπο EN12464-1 το ανώτατο όριο δείκτη θάμβωσης (Unified Glare Rating Limit) –UGRL.

Πίνακας 6 Μέγιστος δείκτης θάμβωσης ανάλογα τον χώρο.

| Χώρος δραστηριότητας | UGRL |
|-------------------------|------|
| Σχεδιαστήριο | 16 |
| Εργαστήρια ηλεκτρονικών | 16 |
| Αίθουσες διδασκαλίας | 19 |
| Γραφεία | 19 |
| Σκάλες | 25 |
| Κοινόχρηστοι χώροι | 28 |

Εάν η τιμή UGR είναι μεγαλύτερη από την απαιτούμενη τότε υπάρχουν δύο μέθοδοι προκειμένου να μειωθεί ο έντονος φωτισμός που υπάρχει σε σχέση με τον εσωτερικό φωτισμό:

1. Να χρησιμοποιηθούν φωτιστικά που έχουν τιμή $UGR < 19$. Στην περίπτωση που κάποιο από τα φωτιστικά σώματα που επιλεγεί έχει τιμή $UGR = 22$, αυτό σημαίνει ότι εκπέμπει μεγαλύτερη λαμπρότητα. Επομένως, για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα θα χρησιμοποιούνταν λιγότερα φωτιστικά σώματα σε μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους.
2. Να διασφαλιστεί ότι ο σχεδιασμός φωτισμού είναι κατάλληλος για το περιβάλλον στο οποίο καλείται να εφαρμοστεί. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να γίνει η σωστή μελέτη ως προς τον αναγκαίο αριθμό φωτιστικών καθώς και την θέση στην οποία θα τοποθετηθούν. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί σε αρχικό στάδιο με την βοήθεια ειδικού λογισμικού μελέτης φωτισμού (DiaLux / ReLux).

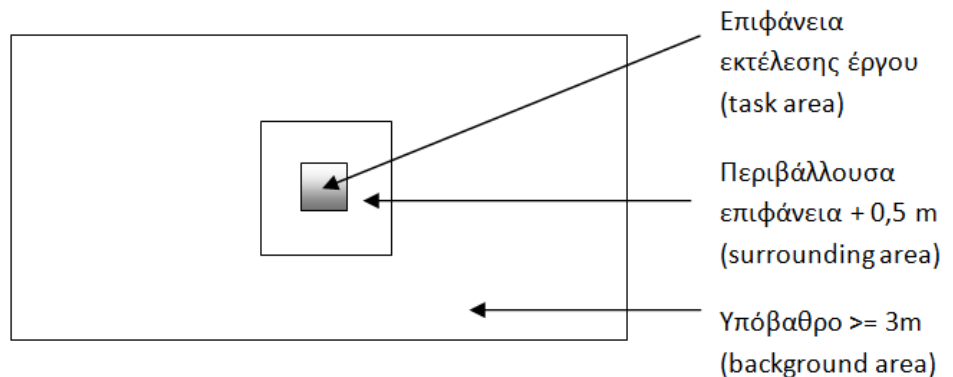
2.2 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΛΟΙΠΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

Οι απαιτήσεις φωτισμού ενός χώρου εξαρτώνται από τη χρήση αυτού, δηλαδή από τη φύση της δραστηριότητας που επιτελείται εντός αυτού. Τα επίπεδα φωτισμού ασκούν άμεση επίδραση στην ταχύτητα και στην αξιοπιστία με την οποία μπορούν να εκτελούνται οι διάφορες εργασίες. Οι απαιτήσεις φωτισμού ανά χρήση χώρου ορίζονται στο πρότυπο EN 12464-1 όπου οι τιμές της έντασης φωτισμού που ορίζονται, είναι οι διατηρητέες μέσες τιμές **Em**, και αποτελούν την ελάχιστη τιμή κάτω από την οποία η μέση ένταση φωτισμού στην επιφάνεια αναφοράς δεν πρέπει να είναι χαμηλότερη σε όλη τη διάρκεια ζωής του συστήματος φωτισμού, διαφορετικά θα πρέπει να γίνουν δράσεις συντήρησης ή αντικατάστασης του συστήματος φωτισμού. Ως ομοιομορφία φωτισμού **U_o** ορίζεται ο λόγος της ελάχιστης προς τη μέση ένταση φωτισμού μιας συγκεκριμένης περιοχής και δείχνει τις διακυμάνσεις της έντασης φωτισμού ενός χώρου. Αποτελεί ένα πολύ σημαντικό μέγεθος, αφού οι έντονες διακυμάνσεις του φωτισμού γύρω από την επιφάνεια εργασίας είναι δυνατόν να οδηγήσουν τον χρήστη σε οπτικό στρες και οπτική δυσφορία. Εξαίρεση αποτελεί μόνο αν η έντονη αντίθεση είναι επιθυμητή λόγω concept.

Ο μελετητής είναι υπεύθυνος για τον ορισμό των διαφόρων περιοχών φωτισμού, ανάλογα με τις απαιτήσεις τις ανάγκες του κάθε έργου και το μέγεθος και τη διαμόρφωση του κάθε χώρου. Η επιφάνεια εργασίας μπορεί να είναι οριζόντια π.χ. γραφείο σε ύψος 0,8 μέτρα από το δάπεδο, είτε κατακόρυφη ανάλογα τον χώρο. Η επιδιωκόμενη ένταση φωτισμού στην επιφάνεια εργασίας προσδιορίζεται με βάση το πρότυπο EN-12464-1 καθώς και οι υπόλοιπες παράμετροι που επίσης θα πρέπει να ελέγχονται όπως ομοιομορφία, θάμβωση, φωτισμός στην οροφή και στους τοίχους. Πρέπει επίσης να έχει αποφασισθεί το σύστημα του φωτισμού που θα χρησιμοποιηθεί, δηλαδή άμεσο ή έμμεσο ή ακόμα και συνδυασμός και των δύο. Επίσης αν θα είναι γενικό σύστημα φωτισμού όπου ο σχεδιασμός γίνεται για όλο τον χώρο όταν δεν είναι γνωστή η ακριβής θέση εκτέλεσης της εργασίας ή αν θα υπάρχει ειδικό σύστημα στην περίπτωση που είναι γνωστή η περιοχή εκτέλεσης της εργασίας. Στόχος του σχεδιασμού είναι η επάρκεια φωτισμού στην επιφάνεια εκτέλεσης της εργασίας ενώ στον υπόλοιπο χώρο μπορεί να είναι μειωμένος σύμφωνα με την κλίμακα (EN 12464-1).

Έτσι γίνεται διαχωρισμός των αναγκών και καθορίζονται τρεις περιοχές φωτισμού:

- η επιφάνεια εργασίας (task area) για γραφεία που βρίσκονται 0,8 μέτρα από το δάπεδο²³,
- η περιβάλλουσα επιφάνεια (surrounding area) που ορίζεται στα 0,5 μέτρα από την επιφάνεια έργου,
- το υπόβαθρο (background area) που ορίζεται σε πάνω από 3 μέτρα από την περιβάλλουσα επιφάνεια μέχρι το τέλος του χώρου.



Εικόνα 20 Διαχωρισμός των χώρων

²³ TOTEE 20701-1/2010

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Ως επιφάνεια εργασίας ή εκτέλεσης έργου ορίζεται η περιοχή στην οποία εκτελείται η οπτική εργασία. Σε περίπτωση που ως επιφάνεια εργασίας ορίζεται η επιφάνεια του γραφείου, τότε οι διαστάσεις του (π.χ. 1,6m x 0,8m) μπορεί να είναι μια τέτοια επιλογή. Η ένταση φωτισμού στην περιβάλλουσα επιφάνεια, από την επιφάνεια εργασίας, πρέπει να σχετίζεται με την ένταση φωτισμού της επιφάνειας εργασίας και πρέπει να παρέχει μια ισορροπημένη κατανομή λαμπρότητας σύμφωνα με την κλίμακα βηματικής διαβάθμισης της έντασης φωτισμού, όπως αυτή προτείνεται στο πρότυπο EN 12665 (5 / 7,5 / 10 / 15 / 20 / 30 / 50 / 75 / 100 / 150 / 200 / 300 / 500 / 750 / 1000lx). Η περιβάλλουσα επιφάνεια πρέπει να καλύπτει μια ζώνη με πλάτος τουλάχιστον 0,5m γύρω από την επιφάνεια εργασίας εντός του οπτικού πεδίου των χρηστών. Σε εσωτερικούς χώρους εργασίας, ιδιαίτερα σε αυτούς όπου δεν υπάρχει φυσικός φωτισμός, πρέπει να φωτιστεί ένα μεγάλο μέρος της περιοχής όπου λαμβάνουν χώρα οι εκάστοτε εργασίες. Αυτή η περιοχή, που είναι γνωστή ως επιφάνεια υποβάθρου, πρέπει να καλύπτει μια ζώνη πλάτους τουλάχιστον 3m πέρα από την περιβάλλουσα επιφάνεια και μέχρι τα όρια του χώρου και η ένταση φωτισμού να είναι τουλάχιστον το 1/3 της τιμής της περιβάλλουσας επιφάνειας. Τέλος, ανάλογα με τις ανάγκες μπορεί να υπάρχει μια περιφερειακή περιοχή πλάτους 0,5m (στα όρια του χώρου), όπου δεν υπάρχει ανάγκη για κάποια επίπεδα φωτισμού.

Κατά το πρότυπο EN 12464-1 ορίζονται τα επίπεδα φωτισμού ανά περιοχή στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 7 Επίπεδα φωτισμού επιμέρους περιοχών χώρου κατά EN 12464-1

| TASK AREA | SURROUNDING AREA | BACKGROUND AREA |
|-----------|---------------------|-------------------|
| > 750lx | 500lx | 1/3 * 500lx |
| 500lx | 300lx | 1/3 * 300lx |
| 300lx | 200lx | 1/3 * 200lx |
| 200lx | 150lx | 1/3 * 150lx |
| 150lx | $E_{task} = 150lx$ | 50lx |
| 100lx | $E_{task} = 100lx$ | 50 lx |
| = < 50lx | $E_{task} = < 50lx$ | $E_{task} / 2 lx$ |

Με τα διαφορετικά επίπεδα φωτισμού ανά περιοχή και με τον διαχωρισμό των αναγκών επιτυγχάνεται μεγαλύτερη εξοικονόμηση ενέργειας. Επίσης αν η εργασία εκτελείται για μικρό χρονικό διάστημα τότε μειώνονται τα επίπεδα φωτισμού.

Σύμφωνα πάντα με το πρότυπο EN12464-1 δίνονται ποσοτικά κριτήρια σχεδιασμού και ενδεικτικές τυπικές τιμές για γραφεία στον επόμενο πίνακα:

Πίνακας 8 Ποσοτικά κριτήρια σχεδιασμού για γραφεία σύμφωνα με EN 12464-1

| ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ | ΤΥΠΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΓΙΑ ΓΡΑΦΕΙΑ |
|------------------------------|--------------------------------|
| ΕΠΙΠΕΔΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ | 500 lx |
| ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ | $U_0 = E_{min} / E_{ave} 0,60$ |
| ΘΑΜΒΩΣΗ | $UGR \leq 19$ |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

| | |
|-----------------------------|---------|
| ΔΕΙΚΤΗΣ ΧΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ | CRI>=80 |
|-----------------------------|---------|

Έπειτα, ακολουθεί η οπτικοποίηση με ειδικά προγράμματα που αποδίδουν εικόνα του χώρου σε επίπεδα λεπτομέρειας και παρέχουν υπολογισμό της ακτινοβολίας και ανίχνευσης RAY. Τα προγράμματα απεικόνισης είναι απαραίτητα για την παρουσίαση ενός σχεδιασμού φωτισμού πάντα όμως βοηθούν ως εργαλεία υπολογισμού.

2.3 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΣΤΑΘΜΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό κανονισμό **EN12464-1²⁴**, η ένταση φωτισμού στην γύρω περιοχή της επιφάνειας εργασίας, πρέπει να σχετίζεται με την ένταση φωτισμού της επιφάνειας εργασίας. Επίσης θα πρέπει η κατανομή φωτεινότητας να είναι ισορροπημένη σύμφωνα με την κλίμακα βηματικής διαβάθμισης της έντασης φωτισμού, όπως αυτή προτείνεται στο πρότυπο EN 12665 (20 - 30 - 50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 500 - 750 - 1000 - 1500 - 2000 - 3000 – 5000 lx).

Η ένταση φωτεινότητας επιβάλλεται σύμφωνα με τον κανονισμό να **αυξηθεί** όταν:

- η οπτική εργασία είναι κρίσιμη,
- τα σφάλματα είναι δαπανηρά για διόρθωση,
- η ακρίβεια ή η υψηλότερη παραγωγικότητα έχει μεγάλη σημασία,
- η οπτική ικανότητα του εργαζομένου είναι κάτω από την κανονική,
- οι λεπτομέρειες της εργασίας με δυσκολία γίνονται αντιληπτές στο μάτι ή παρατηρείται χαμηλή αντίθεση,
- η εργασία εκτελείται για ασυνήθιστα μεγάλο χρονικό διάστημα, από το επιβλεπόμενο.

Δεν επιτρέπεται υπέρβαση (**προς τα πάνω**) του ορίου της μέσης ελάχιστης στάθμης γενικού φωτισμού (lx) περισσότερο από το 30%.²⁵

Ως παράδειγμα αναφέρεται ένας χώρος γραφείων που αυτή την φορά οι εργαζόμενοι διατελούν και χειρωνακτική εργασία – σχέδιο , παράλληλα μέσα στον χώρο . Οι απαιτήσεις φωτισμού σε υψηλά επίπεδα καταλαβαίνει κανείς ότι είναι μη αναπόφευκτες.

Έτσι λοιπόν, ως αποτέλεσμα ο συγκεκριμένος χώρος γραφείων αντί να φωτίζεται με 500lx, που συνίσταται για στους συγκεκριμένους χώρους θα φωτίζεται με 750 lx . Έχοντας αυξήσει τη φωτεινή ισχύς μέσα στον χώρο, οι χρήστες θα διατελέσουν τις εργασίες τους ευκολότερα, εφόσον ο μελετητής έχει καθορίσει μια από τις παραπάνω παραμέτρους.

²⁴ https://lumenlightpro.com/wp-content/themes/lumenlightpro/assets/EN_12464-1.pdf

²⁵ Κ.Υ.Α. Δ6/Β/14826/17-6-2008 «Μέτρα για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και την εξοικονόμηση ενέργειας στο δημόσιο και ευρύτερο δημόσιο τομέα» (ΦΕΚ Β' 1122) https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2020/11/ΚΥΑ_Δ6_Β_14826_17_06_2008_FEK_B1122.pdf

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Αντιθέτως, η απαιτούμενη φωτισμού μπορεί **να μειωθεί** όταν:

- οι λεπτομέρειες της εργασίας γίνονται ευδιάκριτες με λεπτομέρειες περισσότερες από τις ικανοποιητικές ή παρατηρείται υψηλή αντίθεση,
- η εργασία εκτελείται για ασυνήθιστα μικρότερο χρονικό διάστημα, από το επιβλεπόμενο.

Σε χώρους όπου παρατηρείται έντονη κινητικότητα των χρηστών, η διατηρούμενη φωτεινή ισχύς δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 200 lx σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό κανονισμό EN12464-1 .

Για τον λόγο αυτό, σε χώρους όπου τα επίπεδα φωτισμού επιβάλλονται να αλλάζουν ανάλογα με τις δραστηριότητες των χρηστών μέσα στον χώρο, συνίσταται η τοποθέτηση μηχανισμών όπως οι διακόπτες Dimmer, οι οποίοι αναφέρονται πιο αναλυτικά στο Κεφ. 1 της συγκεκριμένης Διπλωματικής εργασίας.

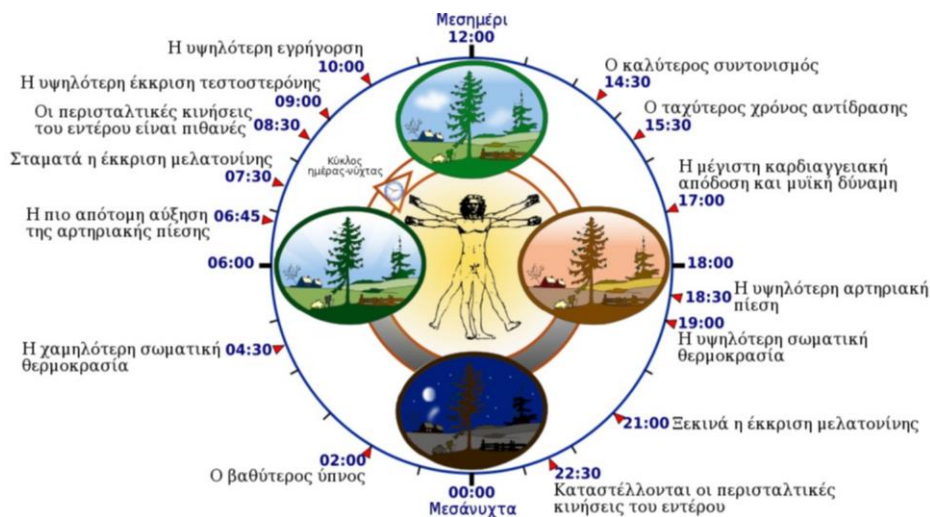
2.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΓΝΩΜΟΝΑ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟ

2.4.1 ΚΙΡΚΑΔΙΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Το φως ως πηγή ζωής κατέχει τον ρόλο ρυθμιστή ακολουθώντας τον φυσικό κύκλο κατά τη διάρκεια της ημέρας ενεργοποιώντας τον ανθρώπινο οργανισμό τις πρωινές ώρες και χαλαρώνοντάς τον τις νυκτερινές. Αυτές οι καθημερινές αλλαγές στις σωματικές και ψυχικές αντιδράσεις, που βασίζονται στον φυσικό κύκλο και στην εναλλαγή φωτός και σκότους, της ηλιακής ημέρας, συνιστούν τον **κirkάδιο ρυθμό**, με τον οποίο έχει προσαρμόσει ο ανθρώπινος εγκέφαλος το βιολογικό του ρολόι.

Το φως φτάνοντας στον αμφιβληστροειδή, διεγείρει τον κirkάδιο ρυθμό με τον οποίο λειτουργούν οι περισσότερες καθημερινές συνήθειες του ατόμου. Το οπτικό σύστημα διαφέρει από το κirkάδιο, έτσι η αντίδραση στο φως από το οπτικό σύστημα είναι σχεδόν άμεση, σε λιγότερο από ένα δευτερόλεπτο, το κirkάδιο όμως σύστημα πρέπει να εκτεθεί για αρκετά λεπτά στο φως για να αντιδράσει, κι αυτό γιατί παρεμβαίνει στον συγχρονισμό του βιολογικού ρολογιού. Παρόλα αυτά, ο κirkάδιος ρυθμός του ανθρώπου, επηρεάζεται κι από διάφορες ιδιότητες του φωτισμού, όπως την ποσότητα του φωτός, το φάσμα της φωτεινής πηγής, την κατανομή του φωτός στον χώρο, τον χρόνο κ.α. Έτσι, οι άνθρωποι που δουλεύουν σε νυκτερινή βάρδια αποσυντονίζουν συχνά τον κirkάδιο ρυθμό τους με αρνητικές συνέπειες ως προς την υγεία τους, αφού η καθημερινότητά τους δεν είναι σε αρμονία με τον φυσικό κύκλο φωτός - σκότους της ηλιακής ημέρας. Την ημέρα ο μπλε φωτισμός δεν φαίνεται να επηρεάζει αρνητικά, αλλά την νύχτα το αποτέλεσμα είναι πολύ διαφορετικό. Οι εργαζόμενοι σε νυκτερινή βάρδια εκτίθενται σε μπλε φως, που καταστέλλει την παραγωγή μελατονίνης στον εγκέφαλο, που αποτελεί την ορμόνη που καθορίζει την ατομική δραστηριότητα και τα επίπεδα ενέργειας του ατόμου.

Για να ενεργοποιηθεί το κirkάδιο σύστημα απαιτούνται μεγαλύτερες ποσότητες λευκού φωτός. Κατά την διάρκεια της ημέρας οι χρωματικές διαβαθμίσεις του φωτός από την ανατολή έως την δύση του ηλίου κυμαίνονται μεταξύ θερμής και ψυχρής θερμοκρασίας χρώματος. Όταν ο ήλιος βρίσκεται ψηλά, παράγει λευκό φως και το σώμα εκκρίνει ντοπαμίνη, σεροτονίνη και κορτιζόλη, ενισχύοντας το αίσθημα της χαράς, της ανάγκης για υδατάνθρακες και τροφής και της αντίδρασης στο στρες.



Εικόνα 21 Πώς επηρεάζει ο φυσικός φωτισμός τον ανθρώπινο οργανισμό,

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%B9%CF%81%CE%BA%CE%AC%CE%B4%CE%B9%CE%BF%CF%82_%CF%81%CF%85%CE%B8%CE%BC%CF%8C%CF%82

2.4.2 ΑΝΘΡΩΠΟΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ



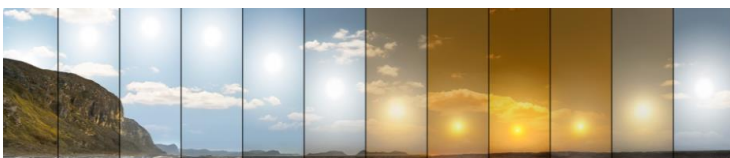
Εικόνα 22 Ανθρωποκεντρικός Φωτισμός

<https://www.encyclopedia.com/technology/encyclopedia/energy/energy-efficiency-vermont-walerczyk-attendees-human-centric-lighting.pdf>

Ανθρωποκεντρικός Σχεδιασμός Φωτισμού (Human Centric Lighting) είναι η τέχνη της δημιουργίας φωτισμού που μιμείται το φυσικό φως της ημέρας και καθοδηγεί τις σωματικές λειτουργίες του ατόμου. Βελτιώνει την ανθρώπινη απόδοση, την άνεση, την υγεία και την ευεξία του ατόμου. Η πιο εμφανής επίδραση του φωτός στον άνθρωπο είναι η όραση. Μέσα από αυτή το άτομο κατανοεί τα επίπεδα φωτισμού, τα σχήματα, τα χρώματα, τις εικόνες. Αντιλαμβάνεται τις πληροφορίες - ερεθίσματα του περιβάλλοντός του, αλλά και τις αντιθέσεις τους. Πέραν αυτού όμως, το φως επιδρά και στην βιολογία του ατόμου, επηρεάζοντας τις ορμόνες, την εγρήγορση, την προσοχή και την κούραση, καθορίζοντας το βιολογικό ρολόι και τον κερκάρδιο ρυθμό. Επομένως, εστιάζει τόσο στα οπτικά όσο και στα μη οπτικά εφέ του φωτισμού, λαμβάνοντας υπ' όψιν και τον κερκάρδιο ρυθμό. Συνεπώς, το φως όχι μόνο δεν βοηθά το άτομο να κατανοήσει το γύρω περιβάλλον του, αλλά λειτουργεί και ως «χρονική αναφορά» γι' αυτό.

Ο εγκέφαλος επηρεάζεται από το φως με δύο τρόπους. Αρχικά με την **οπτική διαδρομή** που συνδέεται με την ερμηνεία των οπτικών εικόνων του εγκεφάλου κι έπειτα με το κερκάρδιο ρυθμό όπου οι φωτοϋποδοχείς στον αμφιβληστροειδή, γνωστά ως γαγγλιοκύτταρα, τα οποία περιέχουν την ουσία μελατονίνη - «ορμόνης ύπνου», μια φωτοευαίσθητη πρωτεΐνη και αποτελούν μόλις το 1% έως 2% των συνολικών κυττάρων του αμφιβληστροειδούς που επικοινωνούν με τον εγκέφαλο²⁶. Τα συγκεκριμένα κύτταρα λοιπόν, επηρεάζονται από την ποσότητα του μπλε φωτός στο οποίο εκτίθενται. Αυτά τα κύτταρα ρυθμίζουν το βιολογικό ρολόι που συγχρονίζεται με τον εξωτερικό κύκλο ημέρας και νύχτας. Μια σημαντική παραγωγή του βιολογικού ρολογιού είναι η παραγωγή της ορμόνης αυτής. Το τεχνητό φως και ιδιαίτερα οι μπλε αποχρώσεις εμποδίζουν την έκκριση της μελατονίνης. Η καταστολή της παραγωγής μελατονίνης είναι ανιχνεύσιμη στα 30lx με 50lx, ενώ με τιμές πάνω από 2500lx είναι αδύνατη η παραγωγή της (Avendt J., 2005). Σε μελέτη που έγινε σε εργαζόμενους νυχτερινής βάρδιας βρέθηκε 16% χαμηλότερη μελατονίνη συγκριτικά με εργαζόμενους ημερήσιας βάρδιας (Daugaard S, 2017). Όταν ο ήλιος βρίσκεται χαμηλά, το φως του έχει κόκκινη απόχρωση με αποτέλεσμα το μπλε φως να φιλτράρεται. Αυτή η κόκκινη θερμή απόχρωση επιτρέπει την παραγωγή μελατονίνης, ώστε να μπορέσει το άτομο να κοιμηθεί.

Το φως επίσης, βοηθά ώστε να διατηρείται σε ισορροπία η σεροτονίνη και η μελατονίνη στο ανθρώπινο σώμα αλλιώς διαταράσσεται το βιολογικό ρολόι ύπνου- ξυπνήματος και αναστέλλονται οι λειτουργίες του νευρολογικού και ανοσοποιητικού συστήματος με αρνητικές συνέπειες για τον οργανισμό. Η απουσία της καθημερινής εναλλαγής φωτός- σκότους και η παράταση του φωτός με τον τεχνητό φωτισμό καθώς και με τη χρήση ηλεκτρικών συσκευών με οθόνη, όπως τηλεόραση - κινητό, εκθέτει το άτομο σε μπλε φως τις λάθος στιγμές και αναστατώνει το κερκάρδιο σύστημα προκαλώντας μακροπρόθεσμα προβλήματα υγείας, όπως κόπωση, παχυσαρκία, διαβήτη, κατάθλιψη, διαταραχές ύπνου, μειωμένη σωματική και πνευματική απόδοση, καρκίνο κ.α..



Εικόνα 23 Αποχρώσεις κατά την διάρκεια της ημέρας
<https://glamox.com/gsx/human-centric-lighting>

²⁶ <https://www.capital.gr/health/1100423/neo-eidos-kuttarou-empketai-stin-orasi>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Το φως προκαλεί επίσης την απελευθέρωση ορμόνης του στρες που ονομάζεται κορτιζόλη. γνωστή και ως ορμόνη του στρες συμβάλλει στη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης και την αντίδραση του ανοσοποιητικού συστήματος βοηθώντας την αντιμετώπιση των λοιμώξεων. Αυξημένα επίπεδα κορτιζόλης μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα ύπνου μειωμένη λειτουργία ανοσοποιητικού, ανωμαλίες σακχάρου και αύξηση λίπους στην κοιλιακή χώρα. Αυτή η ορμόνη συνεργάζεται με την καταστολή της μελατονίνης, συμβάλλοντας στην συγκέντρωση των ατόμων.

Ο επαρκής ύπνος επιτρέπει στο σώμα την ανάκαμψη από το στρες της ημέρας. Κατά τη διάρκεια της ημέρας έχει υψηλές τιμές και χαμηλές το βράδυ. Παράγεται κυρίως το καλοκαίρι που σημαίνει ότι εξαρτάται πολύ από την έκθεση στο φως σαφώς λοιπόν το φυσικό φως παρέχει ένα καλύτερο περιβάλλον, συγκριτικά με το τεχνητό φως. Ακολουθώντας τις διακυμάνσεις του φυσικού φωτισμού ως σημείο αναφοράς για τον τεχνητό φωτισμό το άτομο μπορεί να βοηθηθεί ώστε να βελτιστοποιηθεί η κιρκάδια υγεία του και η ευημερία.



Εικόνα 24 Στόχος Ανθρωποκεντρικού φωτισμού

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από την «Living Lab²⁷» στο Λονδίνο, της οποίας τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσα από το λογισμικό πρόγραμμα Typeform και η ανάλυση αυτών έγινε με την βοήθεια Ακαδημαϊκών και ειδικών συνεργατών της, έδειξε ότι άτομα, τα οποία εργάστηκαν με φωτισμό σύμφωνο ως προς τον κιρκάδιο ρυθμό για τέσσερις εβδομάδες, «ήταν 38% πιο ήρεμοι, χαλαροί και άνετοι», 10-20% περισσότερο παραγωγικοί, πιο συγκεντρωμένοι, θέτοντας ως στόχο την επίλυση προβλημάτων, την ποσότητα και την ποιότητα της εργασίας, μειώνοντας τα επίπεδα άγχους τους. Επίσης, 10% πιο συγκεντρωμένοι και 14% πιο ευδιάθετοι μέχρι τις μεσημεριανές ώρες σε σύγκριση με το πώς ένιωθαν όταν έφτασαν στη δουλειά και 81% πιο ικανοποιημένοι με το συνολικό εσωτερικό περιβάλλον τους από τους συνηθισμένους χώρους γραφείων που έχουν σχεδιαστεί από άλλους.

Έρευνες στις οποίες επικεφαλής ήταν ο Lars-Fredrik Forberg²⁸, έχουν δείξει ότι η ενόχληση και η χαμηλή στάθμη φωτισμού μπορεί να προκαλέσουν πονοκεφάλους, πόνο στον αυχένα ή την πλάτη, γενική κόπωση και κόπωση στους μύς των ματιών. Οι βραχυπρόθεσμες εκρήξεις ψυχρού λευκού και εντατικού φωτός (4500-6000K) μπορούν να αυξήσουν τη συγκέντρωσή των ατόμων, στην βελτίωση της διάθεσης αυξάνοντας την παραγωγικότητα των ατόμων χωρίς να το καταλαβαίνουν, ή να συμβάλλουν θετικά στον ύπνο τους^{29 30}, λόγω αλλαγής του καθημερινού ρυθμού. Και τα δύο είναι θετικά αποτελέσματα που ίσως να μην γίνουν αντιληπτά αμέσως ή και καθόλου.

Επομένως, ο ανθρωποκεντρικός φωτισμός μπορεί να τροποποιήσει τους παράγοντες φωτισμού για να αξιοποιήσει καλύτερα τα φυσικά χαρακτηριστικά του φωτός. Η αναζήτηση ενός ιδανικού συστήματος φωτισμού εσωτερικού χώρου εκτελείται ευρέως όχι μόνο από επιστήμονες αλλά και από αρχιτέκτονες. Για την επιλογή κατάλληλου φωτιστικού σώματος, λαμβάνονται υπ' όψιν, παράγοντες, όπως η οπτική άνεση και το κόστος.

²⁷ https://daewhakang.com/wellbeing/case-study-the-living-lab/? x_tr_sl=en& x_tr_tl=el& x_tr_hl=it& x_tr_pto=ajax.se.elem.sc

²⁸ <https://glamox.com/gsx/news/post/human-centric-lighting-for-beginners18>

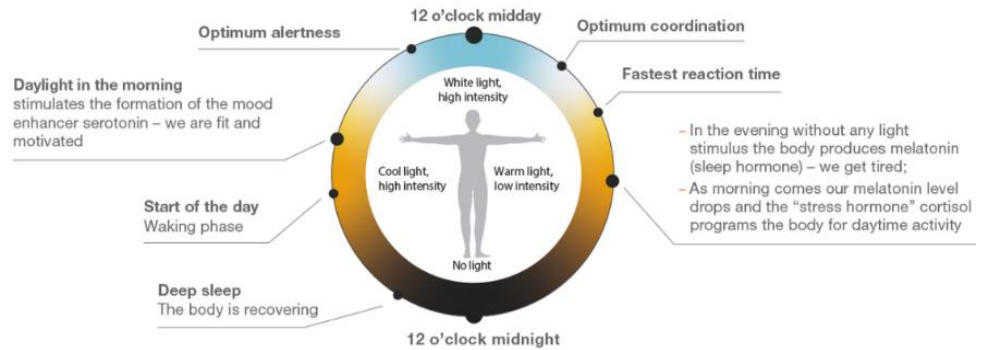
²⁹ <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6751071/>

³⁰ <https://sleep.hms.harvard.edu/>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Συνεπώς, ο ανθρωποκεντρικός σχεδιασμός συνδέεται άμεσα τόσο με την διάθεση των ατόμων, την παραγωγικότητά – απόδοσή τους, την αντίληψή τους, όσο και με την ψυχολογία, τον κιρκάδιο ρυθμό³¹ αλλά και με την εξοικονόμηση ενέργειας και βιωσιμότητας (εικ.26).

Για να πραγματοποιηθεί ένας σωστός σχεδιασμός ανθρωποκεντρικού σχεδιασμού, ο μελετητής θα πρέπει να έχει στα υπ' όψιν του τον τρόπο που αλλάζει ο φυσικός φωτισμός (το φως του ήλιου) κατά την διάρκεια της ημέρας. Δηλαδή:



Εικόνα 25 Κιρκάδιος Σχεδιασμός

<https://www.ledvance.com/professional/products/product-stories/human-centric-lighting>

- **Υψηλές τιμές** θερμοκρασίας χρώματος και φωτεινής ροής, για υψηλότερη ένταση φωτισμού είναι καταλληλότερες από τις πρωινές ως τις απογευματινές ώρες, αυξάνοντας έτσι το επίπεδο απόδοσης – θέλησης ενασχόλησης.
- **Χαμηλές τιμές** θερμοκρασίας χρώματος (ως 3000K για χώρους γραφείων) κατά την διάρκεια των απογευματινών ωρών, ρυθμίζοντας έτσι τον κιρκάδιο ρυθμό. Με τον τρόπο αυτό δεν συσσωρεύεται κόπωση, διατηρώντας στα άτομα υψηλό επίπεδο απόδοσης – θέλησης ενασχόλησης μέχρι την επόμενη μέρα. Έτσι με χαμηλές τιμές επιτυγχάνεται μικρότερη κατανάλωση ενέργειας και μεγαλύτερος χρόνος ζωής του λαμπτήρα.

Καταλήγοντας, είναι προτιμότερη η επιλογή χρήσης φωτιστικών τύπου LED η οποία καλύπτει ένα ευρύ χρωματικό φάσμα και ο χρήστης μπορεί εύκολα να τα ρυθμίζει με βάση τις ανάγκες του. Χειριστήρια, συμπεριλαμβανομένων αισθητήρων, και κάμερες μπορούν να ρυθμίσουν αυτόματα τα επίπεδα φωτός, CCT (θερμοκρασία χρώματος), ανάλογα με τις ανάγκες της εκάστοτε εργασίας. Για παράδειγμα, χαμηλότερα επίπεδα φωτισμού κρίνονται αναγκαία για εργασία που τελείται στον υπολογιστή απ' ό,τι την υλοποίηση μιας εργασίας που απαιτείται κάποια πχ κατασκευαστική διαδικασία πχ η κατασκευή μακέτας, όπου απαιτείται μεγαλύτερη λεπτομέρεια και ακρίβεια. Επίσης η δυνατότητα εκτέλεσης εργασιών σε υπολογιστή εξαρτάται από τη λαμπρότητα του υπολογιστή καθώς και του υπόλοιπου χώρου.

Βέβαια το γεγονός ότι η εξέλιξη της επιστήμης έχει αναπτυχθεί σε σημείο όπου ο τεχνητός φωτισμός μπορεί να μιμηθεί τον φυσικό δεν σημαίνει ότι μπορεί κιάλας να τον αντικαταστήσει. Η ύπαρξη φυσικού φωτισμού στους εσωτερικούς χώρους κρίνεται αναγκαία. Σε άλλες μελέτες που έγιναν, έδειξαν ότι για πολλούς ασθενείς, η θέα και ο φωτισμός που εισέρχονταν από τα ανοίγματα των δωματίων, μπορούσαν να απαλύνουν τον πόνο και να συμβάλλουν στην γρήγορη ανάρρωση των ασθενών καθώς και στην θετική συναισθηματική τους κατάσταση, ενώ ως προς τους εργαζομένους παρατηρήθηκε βελτιωμένη συγκέντρωση και περισσότερη ενέργεια, γεγονός που βοήθησε θετικά και στην απόδοσή τους.

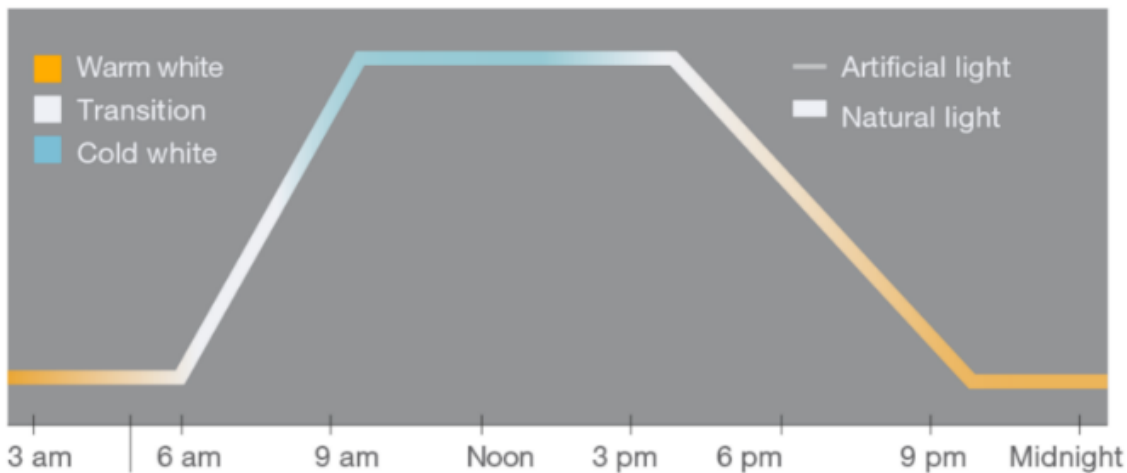
³¹ <http://www.iiis.org/CDs2008/CD2008SCI/SCI2008/PapersPdf/S232RV.pdf>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Ακόμα και η ηλικία πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν κατά τον σχεδιασμό φωτισμού. Σύμφωνα με την Eunice Noell-Waggoner³², Πρόεδρο του "Center of Design for an Aging Society"³³, ο σχεδιασμός φωτισμού διαφέρει για άτομα που ανήκουν στην Τρίτη ηλικία. Οι ηλικιωμένοι αντιλαμβάνονται διαφορετικά το χώρο, αφού τα μάτια χάνουν την ικανότητά τους να εστιάζουν, να ξεχωρίζουν τις αποχρώσεις και τις αντιθέσεις, τα σχήματα, τις άκρες των αντικειμένων ή τις λεπτομέρειες και η προσαρμογή σε φωτεινά περιβάλλοντα γίνεται με δυσκολία. Η αίσθηση του προσανατολισμού αδυνατεί, και η αντίληψη του χώρου μειώνεται. Η αδυναμία λοιπόν της αντίληψης της έντασης του φωτός εμποδίζει τους ηλικιωμένους να αντιληφθούν και τον χρόνο.

Κατά συνέπεια επηρεάζεται και η διάσταση του χώρου και η ροή του χρόνου. Σκοπός λοιπόν είναι να χρησιμοποιηθεί ο φωτισμός με τέτοιους τρόπους, ώστε δημιουργώντας την κατάλληλη ατμόσφαιρα να ικανοποιεί την ανάγκη των ηλικιωμένων για ένα αίσθημα ασφάλειας περισσότερο, παρά προσανατολισμού και να βελτιώσει τις συνθήκες της ζωής τους, η οποία τείνει με το πέρασμα του χρόνου να περιορίζεται εντός του σπιτιού.

Επομένως για άτομα ηλικίας άνω των 50 ετών, χρειάζεται μεγαλύτερη ένταση φωτισμού σε επιφάνειες εργασίας, από 25-50%, λόγω του ότι η όρασή τους³⁴, ενώ κατά τις βραδινές ώρες θα πρέπει να αποφεύγεται το έντονο μπλε χρώμα φωτισμού. Επίσης, άτομα ηλικιωμένα διαγνωσμένα με Alzheimer, θα πρέπει να τους παρέχεται έντονος μπλε φωτισμός κατά τις πρωινές ως τις μεσημεριανές ώρες, ενώ ο φωτισμός σε διαδρόμους να έχει κόκκινη απόχρωση κατά τις βραδινές ώρες. Με αυτό τον τρόπο, επιτυγχάνεται καλύτερος ύπνος κατά την διάρκεια της νύχτας, συνεπώς πιο υγιή ζωή.



Εικόνα 26 Ο ανθρωποκεντρικός φωτισμός βασίζεται στην φυσική εξέλιξη φωτός της μέρας, έχοντας θετικά αποτελέσματα στο άτομο <http://en.licht.de/>, <https://www.ledvance.com/professional/products/product-stories/human-centric-lighting>

³² https://brainxchange.ca/Public/Files/Design/DD-CoP_Lighting_Literature_Review.aspx Σελ.5

³³ <http://www.centerofdesign.org/pages/aboutus.htm>

³⁴ <https://applyergonomics.wordpress.com/2017/05/05/%CE%BF%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B7-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%83-%CE%BF%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF-%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD-%CE%B5%CF%81%CE%B3/>

2.5 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ - ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ LiDo's

Σύμφωνα με το πρότυπο EN12464-1, ο φωτισμός κατέχει ως κύριο στόχο τη διευκόλυνση ορατότητας των χρηστών προκειμένου να εκτελέσουν διάφορες εργασίες, αποτελεσματικά και με ακρίβεια, θέτοντας ως κύρια απαιτούμενα κριτήρια:

- 1) Τη διατήρηση πάνω από την περιοχή εργασίας.
- 2) Την ομοιομορφία φωτισμού για τα συγκεκριμένα σημεία.

Η διαδικασία Σχεδιασμού Φωτισμού LiDo_s (Lighting Design Objects), έχει ως κύριο στόχο το αποτέλεσμα του σχεδιασμού του φωτισμού να ικανοποιεί ή ακόμα και να υπερβεί τις προσδοκίες των χρηστών του χώρου κάθε φορά που αλλάζει ο φωτισμός του περιβάλλοντος. Συνεπώς δίνεται έμφαση στο αποτέλεσμα της επιρροής του φωτισμού στον άνθρωπο, παρά στο αποτέλεσμα της απόδοσής του, χωρίς όμως να αναιρείται η σημασία του.

Ο φωτισμός περιβάλλοντος αποτελεί ζωτικής σημασίας για τα άτομα προκειμένου να κατανοήσουν τις δραστηριότητες που τελούνται στον κάθε χώρο. Επομένως ένα νέο στοιχείο μελέτης φωτισμού **με νέους στόχους** εισέρχεται στον σχεδιασμό. Η δημιουργία φωτισμού που επιτρέπει την αναγνώριση «συγκεκριμένων επιφανειών - στόχων», για επιλεκτικό σχεδιασμό φωτισμού. Με άλλα λόγια τίθεται ως πρόθεση η επίτευξη ορατότητας του χώρου και συγκεκριμενοποιούνται - προσδιορίζονται τα σημεία όπου θα τελούνται οι οπτικές διεργασίες.

Η διαφορά μεταξύ της μελέτης LiDos με τις υπόλοιπες είναι ότι στην συγκεκριμένη, η αντιληπτή επάρκεια φωτισμού Perceived Adequacy of Illumination (**PAI**)³⁵, δηλαδή η ποσότητα φωτός μέσα σε ένα χώρο που είναι επαρκής για τη δραστηριότητα που πραγματοποιείται σε αυτόν τον συγκεκριμένο χώρο, καθορίζεται από την πυκνότητα του πεδίου έμμεσης ροής, δηλαδή της M_{rs} . (Mean room surface exitance). Σύμφωνα με τον Cuttle (Cuttle, 2015, 2010, 2008) ορίζεται:

$$MPSE = \frac{\sum M_{rs} ENA_{rs}}{\sum ENA_{rs}}$$

$$M_{rs} = FRF / A\alpha \text{ (lm m}^{-2}\text{)}$$

$$FRF = \sum F_s(d) \rho_s \text{ (lm)}$$

$$A\alpha = \sum A_s(1-\rho_s) \text{ (m}^2\text{)}$$

Όπου³⁶ :

$F_s(d)$ η άμεση φωτεινή ροή στην επιφάνεια s ,

ρ_s η ανάκλαση της επιφάνειας s και

A_s το εμβαδόν της επιφάνειας s .

Ενδεικτικές τιμές της ($M_{r.s.}$) – (Mean room surface exitance) ορίζονται :

10 lm/m² - ως η χαμηλότερη τιμή προκειμένου το άτομο να μπορέσει να διακρίνει τα χρώματα

³⁵ <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1477153515599189>

³⁶ Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places σελ.71

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

30 lm/m² για τη δημιουργία αμυδρού φωτισμού του περιβάλλοντος χώρου

100 lm/m² ως τα χαμηλότερα επίπεδα φωτισμού για ένα σχετικά ικανοποιητικό αποτέλεσμα εμφάνισης του περιβάλλοντος χώρου

300 lm/m² για επαρκή επίπεδα φωτεινότητας και

1000 lm/m² για πιο υψηλά επίπεδα φωτεινότητας.

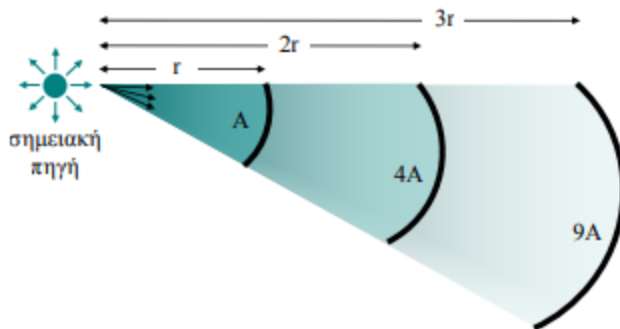
Για χώρους εργασίας το προτεινόμενο επίπεδο φωτισμού είναι γύρω στα 750 lm/m² ενώ για χώρους όπου το περιεχόμενο εργασίας απαιτεί υψηλά επίπεδα φωτός, τότε η τιμή μπορεί να υπερβεί τα 2000 lm/m².

Βέβαια το αποτέλεσμα επηρεάζει και τα στοιχεία του περιβάλλοντος χώρου. Για παράδειγμα, οι διαστάσεις του χώρου που μελετάται, τα ανοιχτά χρώματα στους τοίχους – οι αντανακλάσεις τους, τα έπιπλα κ.α.. αποτελούν στοιχεία που βοηθούν το φως να διαχέεται καλύτερα στον χώρο.

Σύμφωνα με τον Howard Brandston (Brandston, 2008) η συγκεκριμένη μελέτη φωτισμού αποτελείται από 2 φάσεις:

- 1) **Τη δημιουργία** , όπου σε αυτή προσδιορίζονται οι στόχοι του τελικού αποτελέσματος της μελέτης.
- 2) **Την υλοποίηση** , όπου γίνεται η μελέτη όσον αφορά και τις εγκαταστάσεις για την υλοποίηση του φωτισμού LiDo_s .

Το αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι το ποσό της πυκνότητας της φωτεινής ροής (lm/m²), που εξέρχεται ή ανακλάται από μια επιφάνεια και παρέχει τα θεμέλια για τη συσχέτιση της ποσότητας και της απόστασης για την κατανομή του φωτός σε κάθε σημείο. Η μέθοδος αυτή δεν συσχετίζεται με τον ανθρωποκεντρικό φωτισμό. Διευκολύνει όμως τους χρήστες να προσδιορίσουν τους στόχους όσον αφορά το κομμάτι μελέτης φωτισμού, δηλαδή τα επιθυμητά αποτελέσματα.



Εικόνα 27 Σχηματική παράσταση του φωτομετρικού νόμου των αποστάσεων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΙ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

3.1 ΟΡΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Τα τελευταία χρόνια η ΕΕ προωθεί τη μετάβαση σε πιο βιώσιμες και ενεργειακά αποδοτικές λύσεις. Στόχος είναι η προώθηση της κυκλικής οικονομίας και η παροχή σαφών και τυποποιημένων πληροφοριών για τους καταναλωτές. Σύμφωνα με τους νέους κανονισμούς της ΕΕ^{37,38}, καταργείται σταδιακά μια ολόκληρη σειρά από λιγότερο ενεργειακά αποδοτικούς λαμπτήρες. Οι βασικές ημερομηνίες είναι 1 Σεπτεμβρίου 2021 και 1 Σεπτεμβρίου 2023. Το παρόν κεφάλαιο αναφέρεται στους Εθνικούς κανονισμούς ενεργειακής απόδοσης για χώρους γραφείων, όπου θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν πριν από κάθε μελέτη φωτισμού, και παρουσιάζει τα πρότυπα που είναι αποδεκτά στην Ευρώπη.

Αρχικά, στον κανονισμό EN-12464-1, ορίζονται τα απαιτούμενα όρια για χώρους γραφείων (για υπόλοιπους χώρους βλ. **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1**). Όμως για κάθε χώρο τελείται και μία διαφορετική λειτουργία, απαιτώντας και διαφορετικές τιμές lux .

Η περιοχή που γίνονται οι εργασίες, πρέπει να φωτίζεται και πέρα από την επιφάνεια που την περιβάλλει για απόσταση περιμετρικά πάνω από 3 μέτρα καλύπτοντας και τα όρια του χώρου, όπου για πλάτος πάνω από 0,5 m δεν πρέπει να ανακύπτει η παραμικρή ανάγκη περαιτέρω φωτισμού. Για το λόγο αυτό ο φωτισμός στο χώρο εργασίας πρέπει να έχει ένταση μεγαλύτερη από το 1/3 του φωτισμού της επιφάνειας που τον περιβάλλει (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ελάχιστες απαιτήσεις φωτισμού για χώρους γραφείων, όπως ορίζει το πρότυπο EN 12464-1: "Light and lighting. Lighting of work places. Indoor work places".

Πίνακας 9 Χώροι και απαιτούμενες προδιαγραφές <https://www.techlumen.gr/el/odigoi-fotismoy/protypa-fotismoy-en12464-1-en12462-2>

| ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΧΩΡΟΣ – ΕΡΓΑΣΙΕΣ | Em (lx) | Uo | UGR | Ra |
|-----------------------------------|---------|------|-----|----|
| Αρχειοθέτηση, φωτοαντίγραφα | 300 | 0.40 | 19 | 80 |
| Ανάγνωση – Γραφή, Εργασίες με Η/Υ | 500 | 0.60 | 19 | 80 |
| Τεχνικό Σχέδιο | 750 | 0.70 | 16 | 80 |
| CAD work Stations | 500 | 0.60 | 19 | 80 |
| Αίθουσες συνεδρίων και συσκέψεων | 500 | 0.60 | 19 | 80 |
| Χώρος υποδοχής | 300 | 0.60 | 22 | 80 |
| Αρχείο | 200 | 0.40 | 25 | 80 |

Ως ελάχιστη τιμή έντασης φωτισμού ορίζονται τα 500lx, με την ελάχιστη ομοιομορφία φωτισμού (Uo) να παίρνει την τιμή 0,60 ενώ οι τιμές για τα όρια του δείκτη θάμβωσης (Unified Glare Rating Limit - UGRL να είναι 19 μέγιστη τιμή και του δείκτη χρωματικής απόδοσης (Color Rendering Index – CRI ή Ra), να είναι 80 ελάχιστη τιμή.

³⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2020&from=EN>

³⁸ <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:258:0001:0020:EL:PDF>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Συσχετισμένη Θερμοκρασία χρώματος

Για χώρους γραφείων προτείνεται τιμή υψηλής θερμοκρασίας χρώματος. Η τιμή δηλαδή δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από 4000K (ουδέτερο λευκό –cool white). Μία τιμή των 5700K θεωρείται ιδανική, έτσι ώστε να αυξήσει την παραγωγικότητα των εργαζομένων, δημιουργώντας τους ένα ευχάριστο αίσθημα για εργασία και συγκέντρωση.³⁹

Φωτεινή απόδοση

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 1.3, σύμφωνα με την TOTEE 3η έκδοση, ο διακανονισμός επιτρέπει ως ελάχιστη απόδοση του συστήματος φωτισμού τα 60 lm/W, ενώ για τις νέες εγκαταστάσεις η μέση φωτεινή απόδοση των φωτιστικών σωμάτων πρέπει να είναι >90lm/W.⁴⁰

Απόδοση χρωμάτων

Σύμφωνα με το πρότυπο **EN 12464** ο δείκτης για χώρους γραφείων θα πρέπει να έχει τιμή μεγαλύτερη από 80 με τον δείκτη να κυμαίνεται από 0 έως 100 (πιστή απόδοση χρώματος φωτεινής πηγής σε σύγκριση με τυπική πηγή συνεχούς φάσματος).

Ζώνες τεχνητού φωτισμού

Οι ζώνες τεχνητού φωτισμού δημιουργούνται από την ομαδοποίηση των χώρων του κτηρίου σύμφωνα με τις απαιτούμενες στάθμες του τεχνητού φωτισμού που καθορίζονται από τον κανονισμό EN12464-1 ανάλογα τη χρήση των χώρων. Κάθε περιοχή φωτισμού, αντιστοιχεί σε καθορισμένο ποσοστό κάλυψης σε σχέση με το συνολικό εμβαδό της κάθε θερμικής ζώνης του κτηρίου. Σε επόμενο στάδιο συσχετίζονται τα ποσοστά κάλυψης με τα αντίστοιχα όρια της εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού (W/m^2) ανά ανάγκη φωτισμού με σκοπό τη δημιουργία ενός μέσου ορίου εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού (W/m^2) που θα είναι μοναδικό για κάθε θερμική ζώνη και κτήριο και θα συσχετίζεται με τις ανάγκες φωτισμού των χώρων του. Κάνοντας πιο κατανοητό τον παραπάνω συλλογισμό, σε μια θερμική ζώνη ενός κτηρίου χώρων γραφείων υπάρχουν ανάγκες φωτισμού οι οποίες ομαδοποιούνται σε **3 απαιτούμενες στάθμες φωτισμού**: 500 lx, 300 lx και 100 lx και άρα **3 ζώνες τεχνητού φωτισμού**. Έστω ότι τα ποσοστά κάλυψης των 3 αυτών ζωνών τεχνητού φωτισμού ως προς το συνολικό εμβαδόν του κτηρίου, είναι 50% (ζώνη με 500 lx), 30% (ζώνη με 300 lx) και 20% (ζώνη με 100 lx).

Σύμφωνα με της TOTEE⁴¹, για ένα νέο κτήριο, γίνεται η παραλληλία των ζωνών τεχνητού φωτισμού με τα όρια της εγκατεστημένης ισχύος ($14 W/m^2$, $8,4 W/m^2$ και $2,8 W/m^2$ αντίστοιχα) Οπότε κάθε θερμική ζώνη και εν τέλει κτήριο θα έχει ένα όριο εγκατεστημένης ισχύος. Το όριο εγκατεστημένης ισχύος φωτισμού (W/m^2) για το νέο κτήριο θα είναι $10,08 W/m^2$. Αυτό προκύπτει ως εξής:

$$50\% \times 14 W/m^2 + 30\% \times 8,4 W/m^2 + 20\% \times 2,8 W/m^2 = 10,08 W/m^2$$

³⁹ <https://www.upshine.com/blog/what-is-the-best-color-temperature-for-office.html>

⁴⁰ <https://web.tee.gr/wp-content/uploads/TOTEE-20701-7-2021.pdf>

⁴¹ http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/files/TOTEE_20701-1_2017_TEE_1st_Edition.pdf σελ.39

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Πίνακας 10 ΖΩΝΕΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΟΡΙΑ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΣ

| Ζώνες τεχνητού φωτισμού/ Στάθμη φωτισμού [lx] | Ισχύς για ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτηρίων [W/m ²] |
|---|---|
| 1000 | 28.0 |
| 500 | 14.0 |
| 400 | 11.2 |
| 300 | 8.4 |
| 250 | 7.0 |
| 200 | 5.6 |
| 100 | 2.8 |

3.2 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ

Για κάθε φωτιστικό σώμα όπου θα επιλεγεί στους συγκεκριμένους χώρους γραφείων, θα πρέπει να υπάρχει η ένδειξη “CE” που δηλώνει την συμμόρφωσή τους με τις απαιτήσεις των οδηγιών που τα αφορούν, όπως αυτές έχουν ενσωματωθεί στην Ελληνική νομοθεσία, καθώς και να έχουν πραγματοποιηθεί οι αντίστοιχοι έλεγχοι ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (Electromagnetic compatibility, EMC), σύμφωνα με την οδηγία χαμηλής τάσης LVD.⁴²

Φωτεινή ροή

Στο κεφάλαιο 1.4 παρουσιάστηκαν διάφοροι τύποι φωτιστικών. Για τους χώρους γραφείων απαιτείται το μεγαλύτερο ποσοστό φωτεινής ροής των λαμπτήρων να κατευθύνεται προς την επιφάνεια εργασίας. Συγκεκριμένα το ποσοστό 70% είναι το ιδανικό έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ένας ιδανικός φωτισμός και να αποφεύγεται η θάμβωση.

⁴² <https://web.tee.gr/wp-content/uploads/TOTEE-20701-7-2021.pdf>, σελ.26

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

3.3 ΠΡΟΤΥΠΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟΝ ΦΩΤΙΣΜΟ

EN 1838, που αναφέρεται σε εφαρμογές φωτισμού και φωτιστικές ενδείξεις κινδύνου

EN 12665, για το φως και τον φωτισμό αναφέροντας βασικούς όρους για να προσδιορίσει τις απαιτήσεις φωτισμού

EN 62493, Αξιολόγηση εξοπλισμού φωτισμού που σχετίζεται με την έκθεση του ανθρώπου σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία

EN15193 παρέχει οδηγίες για την ενεργειακή απόδοση των συστημάτων φωτισμού

3.3.1 ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΟΝ ΛΑΜΠΤΗΡΑ

EN 60081, αναφέρεται στις προδιαγραφές απόδοσης των λαμπτήρων φθορισμού

EN 60529, αναφέρεται στους βαθμούς προστασίας που παρέχονται από τα περιβλήματα των λαμπτήρων

EN 60682, αναφέρεται στην τυπική μέθοδος μέτρησης της θερμοκρασίας πρέσας των λαμπτήρων χαλαζία και αλογόνου

EN 60901, αναφέρεται στους λαμπτήρες φθορισμού μονής κάλυψης-καθώς και στις προδιαγραφές απόδοσης

EN 60921, αναφέρεται στα ballast για σωληνωτούς λαμπτήρες φθορισμού καθώς και στις απαιτήσεις απόδοσης

EN 60923, αναφέρεται στα βοηθητικά στοιχεία για λαμπτήρες εκκένωσης καθώς στις απαιτήσεις απόδοσης

EN 60927, αναφέρεται στα βοηθητικά στοιχεία για λαμπτήρες - Συσκευές εκκίνησης (εκτός από εκκινήτες λάμπης) καθώς τις απαιτήσεις απόδοσης

EN 61048, αναφέρεται στους πυκνωτές και κυρίως στις γενικές απαιτήσεις και στις απαιτήσεις ασφάλειάς τους

EN 61049, αναφέρεται στους πυκνωτές καθώς και στις απαιτήσεις απόδοσής τους

EN 61167, αναφέρεται στους λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων – και στις προδιαγραφές απόδοσής τους

EN 61195, αναφέρεται στις προδιαγραφές ασφάλειας των λαμπτήρων φθορισμού διπλού καλύμματος

EN 61199, αναφέρεται στις προδιαγραφές ασφάλειας για τους λαμπτήρες φθορισμού μονής κάλυψης

EN 61347 αναφέρεται στα εργαλεία ελέγχου λαμπτήρων

EN 61547, αναφέρεται στον εξοπλισμό για γενικούς σκοπούς φωτισμού, στις απαιτήσεις ασυλίας EMC EN 62031, στις μονάδες LED για γενικό φωτισμό, καθώς και στις προδιαγραφές ασφαλείας

EN 62035, αναφέρεται στις λυχνίες εκκένωσης (εξαιρούνται οι λαμπτήρες φθορισμού) καθώς και στις προδιαγραφές ασφαλείας

EN 62384, αναφέρεται σε ηλεκτρονικές συσκευές ελέγχου DC ή AC για τις μονάδες φωτισμού Led καθώς και τις αποδόσεις τους

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

EN 60929, αναφέρεται στις ηλεκτρονικές συσκευές ελέγχου AC και DC-, τις αποδόσεις τους και τις απαιτήσεις τους

EN 62471, αναφέρεται στη φωτοβιολογική ασφάλεια λαμπτήρων και των συστημάτων

EN 62717, αναφερόμενο σε μεμονωμένα LED για γενικό φωτισμό - Απαιτήσεις απόδοσης

3.3.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΟ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ

EN 60598 (all parts), αναφέρεται σε φωτιστικά

EN 62722-1, αναφέρεται στην απόδοση του φωτιστικού – και κυρίως στις γενικές απαιτήσεις για φωτιστικά LED

EN 62722-2-1, αναφέρεται στην απόδοση του φωτιστικού – και κυρίως στις ειδικές απαιτήσεις για φωτιστικά LED

3.4 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ DALI

Η τεχνολογία DALI (Digital Addressable Lighting Interface) αποτελεί ένα διεθνώς αποδεκτό και αναγνωρισμένο πρωτόκολλο διασύνδεσης από το 2002, που αφορά τον έλεγχο έντασης φωτισμού καθώς και τα διάφορα στοιχεία του που μπορούν να συνεργαστούν , όπως λαμπτήρες, αισθητήρες, συστήματα ελέγχου φωτισμού, διατάξεις λειτουργίας κλπ. Οι αρχές και οι κανονισμοί του καθορίζονται στο τεχνικό πρότυπο IEC 62386.

Η τεχνολογία αυτή διαθέτει 2 κατηγορίες:

- **DALI—1** Επιτρέπει τη μεταφορά πληροφοριών μεταξύ συσκευών ελέγχου, και μεταφέρει πληροφορίες σχετικά με εντολές φωτισμού, λεπτομέρειες βλαβών κ.α.. Το πρωτόκολλο του DALI συμβάλλει στην μείωση του κόστους εγκατάστασης, καθιστώντας ευκολότερα και πιο ανταγωνιστικά τα συστήματα ελέγχου φωτισμού, στον προσδιορισμό και τη λειτουργία. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι με την συγκεκριμένη τεχνολογία (DALI) ελέγχονται οι συσκευές ή μεμονωμένα ή σε ομάδες. Επιπλέον κάθε συσκευή μπορεί να εντοπιστεί ξεχωριστά και να αντιμετωπιστεί έγκαιρα και σωστά το οποιοδήποτε πρόβλημα βλάβης. Τέλος γίνεται χρήση λιγότερων καλωδίων.
- **DALI-2** Το DALI-2 είναι η τελευταία έκδοση του DALI. Επιτρέπει την χρήση πιστοποιημένων προϊόντων ακόμα κι από διαφορετικούς προμηθευτές και παρέχει παραπάνω λειτουργίες και δυνατότητες όπως ενεργειακά δεδομένα κι έλεγχο χρωμάτων. Επίσης επιτρέπει την προσθήκη επιπλέον διευθύνσεων πέρα των 64.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Από το 1960 και μετά, ο σχεδιασμός φωτισμού ξεκίνησε να αλλάζει. Τόσο το άτομο, όσο και οι ανάγκες που χρειαζόνταν να καλυφθούν έρχονται σε πρώτο πλάνο, καθιστώντας, το ίδιο το άτομο ως ενεργό παράγοντα στη διαδικασία αντίληψης. Έτσι ξεκίνησαν να σχεδιάζουν λαμβάνοντας υπ' όψιν την σημασία του κάθε χώρου καθώς και τις λειτουργίες όπου θα τελούνταν μέσα σε αυτόν. Ο σχεδιασμός φωτισμού λοιπόν ξεκινά να αλλάζει και μία νέα έννοια ερχόταν σιγά- σιγά στο προσκήνιο, αυτή του φωτισμού ως **σημαινόμενον**. Το γεγονός αυτό απαιτούσε ποιοτικά κριτήρια και ένα αντίστοιχο λεξιλόγιο, το οποίο με τη σειρά του επέτρεψε να σημειωθούν τόσο οι απαιτήσεις που τοποθετούνται σε ένα σύστημα φωτισμού όσο και οι λειτουργίες του φωτός.

4.1 Richard Kelly's – Τα τρία δόγματα σχεδιασμού φωτισμού - Three Tenets of Lighting

Design

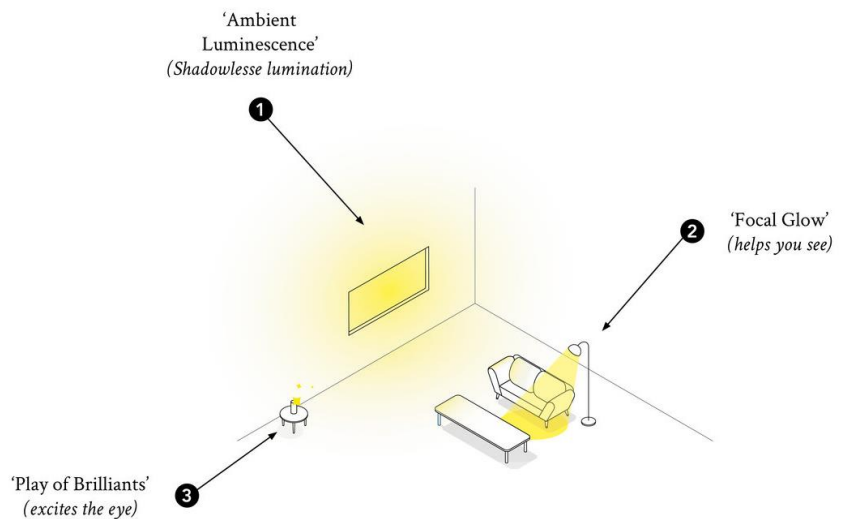
Ένας από τους πρωτοπόρους του ποιοτικού αυτού σχεδιασμού ήταν ο Richard Kelly (1910-1977), ο οποίος δανείστηκε τις υπάρχουσες ιδέες από τη ψυχολογία της αντίληψης και τον θεατρικό φωτισμό και τις συνδύασε με τρόπο ομοιόμορφο. Το κριτήριο της ομοιόμορφης φωτεινότητας μέσα σε έναν χώρο παύει να αποτελεί πρωταρχικό παράγοντα. Πλέον η ποσότητα φωτισμού αντικαταστάθηκε από τις ιδιότητες - λειτουργίες του κάθε μεμονωμένου τύπου φωτός. Οι ιδιότητες αυτές ήταν σχεδιασμένες με τρόπο τέτοιο ώστε να καλύπτουν τις **ανάγκες** του παρατηρητή. Στις 23 Απριλίου 1952, στο Κλίβελαντ, ο Richard Kelly παρουσίασε επίσημα 3 βασικές λειτουργίες- δόγματα φωτισμού σε μια διάλεξη με τίτλο «Φωτισμός ως αναπόσπαστο μέρος της αρχιτεκτονικής» σε μια κοινή συνάντηση του Αμερικανικού Ινστιτούτου Αρχιτεκτόνων, της Εταιρείας Βιομηχανικών Σχεδιαστών και της Εταιρείας Μηχανικών Φωτισμού. Η διάλεξη δημοσιεύθηκε αργότερα στο College Art Journal (τόμος 12, No. 1) το 1952. Οι 3 βασικές αυτές λειτουργίες φωτισμού είναι:



Εικόνα 28 Richard Kelly (1910-1977)

<https://www.blairmcintosh.com/blog/2018/2/21/richard-kelly>

- Ambient Luminescence (Φωτισμός περιβάλλοντος)
- Focal Glow (Εστιακή λάμψη)
- Play of Brilliants (Παιχνίδι Φωτός)



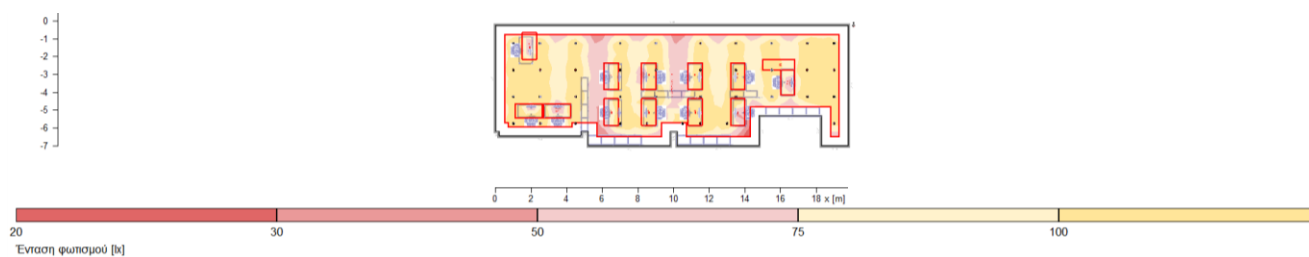
Εικόνα 29 Τα 3 δόγματα σχεδιασμού φωτισμού
<https://www.blairmcintosh.com/blog/2018/2/21/richard-kelly>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

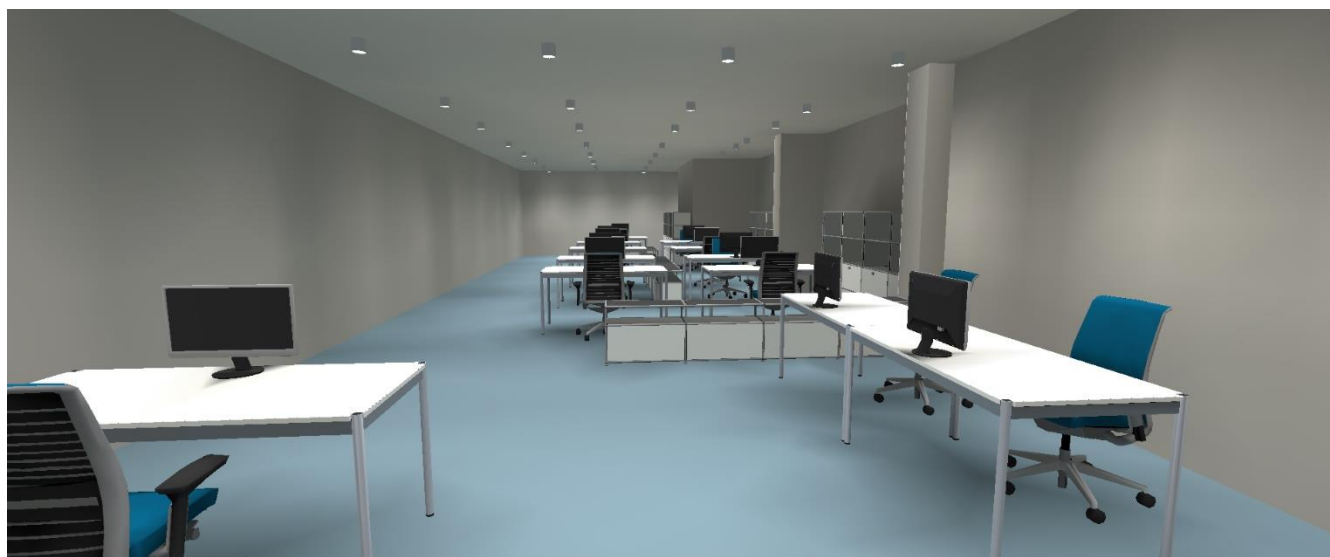
4.1.1 Ambient Luminescence (Φωτισμός περιβάλλοντος)

"Ο φωτισμός περιβάλλοντος είναι το αδιάλειπτο φως ενός χιονισμένου πρωινού στην ανοιχτή χώρα. Είναι ομίχλη στη θάλασσα σε μια μικρή βάρκα, είναι μια ομίχλη σε λυκόφως σε ένα μεγάλο ποτάμι όπου η ακτή και το νερό και ο ουρανός δεν διακρίνονται. Είναι σε οποιαδήποτε γκαλερί τέχνης με λωρίδες τοίχους, ημιδιαφανή οροφή και λευκό δάπεδο. (...) Ο φωτισμός περιβάλλοντος παράγει σκιάδη φωτισμό. Ελαχιστοποιεί τη μορφή και τον όγκο.⁴³

Πρόκειται για τον γενικό φωτισμό ενός χώρου, εξακριβώνοντας ότι ο περιβάλλοντας χώρος, τα αντικείμενα καθώς και οι χρήστες που βρίσκονται σε αυτόν γίνονται αντιληπτοί, διευκολύνοντας τον προσανατολισμό και την κίνηση μέσα σ' αυτόν. Πρόκειται για την αρχή ενός πιο ολοκληρωμένου σχεδιασμού φωτισμού. Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζονται ισούψειες φωτισμού με χρήση ψευδοχρωμάτων.



Εικόνα 301 Φωτισμός Χώρου Γραφείων, αποτύπωση Ix μέσα από το πρόγραμμα ReLux



Εικόνα 312 3D απεικόνιση φωτισμού Χώρου Γραφείων, μέσα από το πρόγραμμα ReLux

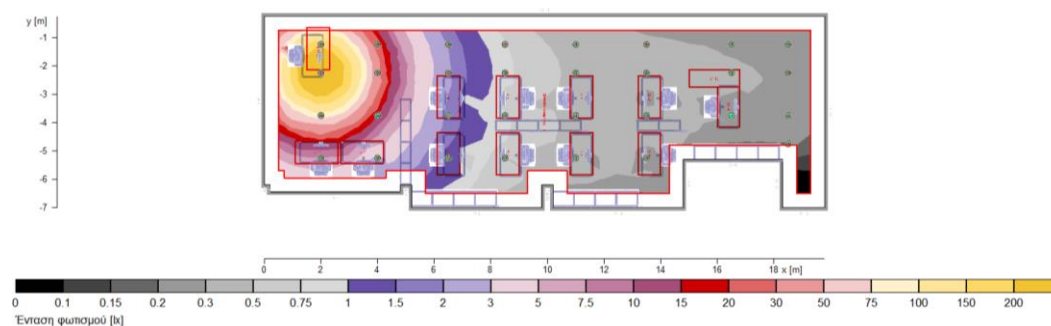
⁴³ <https://www.blairmcintosh.com/blog/2018/2/21/richard-kelly>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

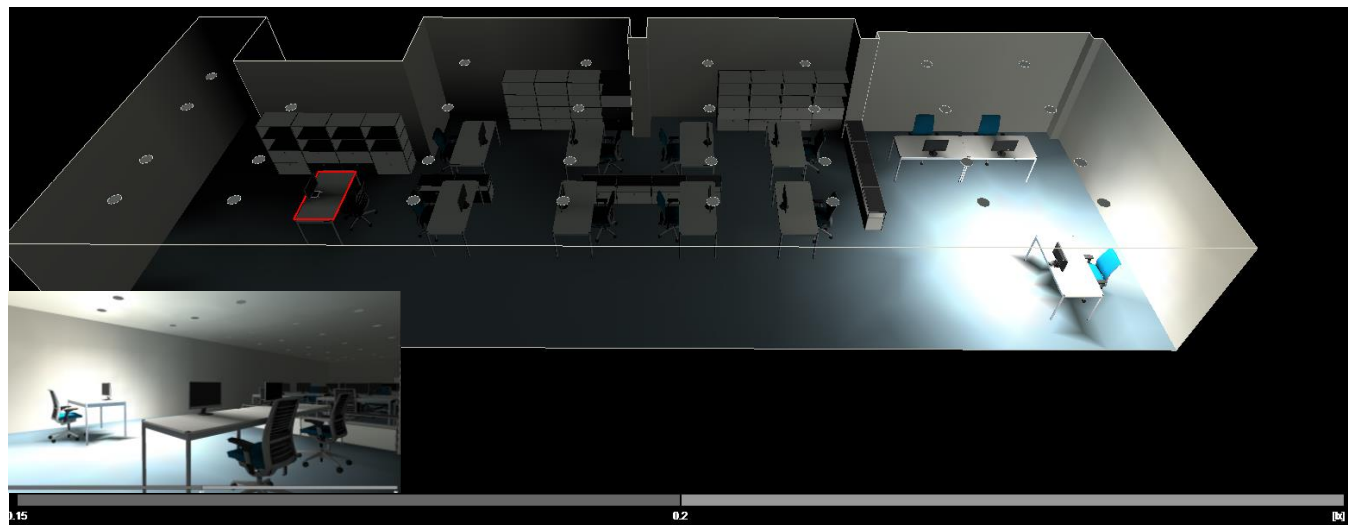
4.1.2 Focal Glow (Εστιακός φωτισμός)

"Η εστιακή λάμψη είναι το επόμενο σημείο στη σύγχρονη σκηνή. Είναι η δεξαμενή φωτός στην αγαπημένη σας καρέκλα ανάγνωσης. Είναι η ακτίνα του ήλιου που ζεσταίνει το άκρο της κοιλάδας. Είναι φως των κεριών στο πρόσωπο και φακός σε μια σκάλα ... Η εστιακή λάμψη τραβάει την προσοχή, συγκεντρώνει διάφορα μέρη, πουλάει εμπορεύματα, διαχωρίζει το σημαντικό από το ασήμαντο, βοηθά τους ανθρώπους να δουν."⁴⁴

Συχνά σε έναν χώρο υπάρχουν σημεία τα οποία χρήζουν ανάγκη να φωτιστούν περισσότερο από τα υπόλοιπα – δευτερεύοντα. Για παράδειγμα στον χώρο γραφείων όπου μελετάται, η προσοχή που θα δοθεί στον φωτισμό είναι οι επιφάνειες εργασιών όπου πάνω σε αυτές τελούνται οι όποιες διεργασίες. Προκειμένου να υπάρξει διαφοροποίηση στον τρόπο φωτισμού, ο Kelly αναφέρεται στην «εστιακή λάμψη». Ο φωτισμός λειτουργεί άμεσα τονίζοντας τα σημεία αυτά, διαχωρίζοντάς τα από τον υπόλοιπο χώρο, δημιουργώντας διαφορετικά επίπεδα φωτισμού, αλλά και νοηματοδοτώντας την κύρια λειτουργία του χώρου.



Εικόνα 32 Φωτισμός Χώρου Γραφείων, αποτύπωση lx μέσα από το πρόγραμμα ReLux



Εικόνα 33 3D απεικόνιση Χώρου Γραφείων, μέσα από το πρόγραμμα ReLux

⁴⁴ Ομοίως

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

4.1.3 Play of Brilliants (Παιχνίδι Φωτός)

"Το παιχνίδι των λαμπρών είναι η Times Square τη νύχτα. Είναι η αίθουσα χορού του 18ου αιώνα με κρυστάλλινους πολυελαίους και πολλές φλόγες κεριών. Είναι το φως του ήλιου σε μια κρήνη ή ένα κυματιστό ρυάκι. Είναι μια κρυφή διαμάντια σε μια ανοιχτή σπηλιά. Είναι το τριαντάφυλλο παράθυρο του Chartres ... Το παιχνίδι των λαμπρών διεγείρει τα οπτικά νεύρα και με τη σειρά του διεγείρει το σώμα και το πνεύμα, επιταχύνει την όρεξη, ξυπνά την περιέργεια, οξύνει την εξυπνάδα"⁴⁵

Η τρίτη μορφή του φωτός, «παιχνίδι φωτός», προκύπτει από την αντίληψη ότι το φως όχι μόνο δεν παρέχει τις αναγκαίες πληροφορίες, αλλά δημιουργεί κι από μόνο του νέες, μέσα από ανακλαστικά ή διαθλαστικά υλικά. Επιπλέον, η ίδια η πηγή φωτός μπορεί επίσης να θεωρηθεί εξαιρετική. Ο τρόπος αυτός δημιουργεί εφέ στα φωτιζόμενα υλικά δημιουργώντας ένα ατμοσφαιρικό περιβάλλον. Ο Kelly κατάλαβε έτσι, την ικανότητα του φωτός να διαμορφώνει το χώρο και να δημιουργεί μια αίσθηση οπτικής συνείδησης που θα μπορούσε να προκαλέσει μια σειρά από ανθρώπινα συναισθήματα.



Εικόνα 34 Παιχνίδι φωτός <https://litawards.com/winners/winner.php?id=2439&mode=win>

⁴⁵ Ομοίως

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

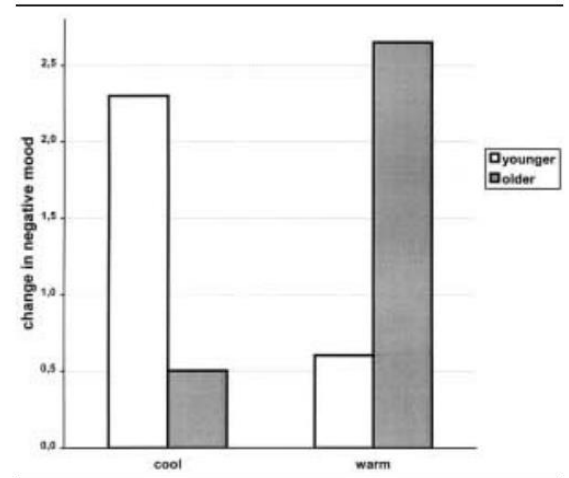
Πέρα από το φύλο των ατόμων, η συγκεκριμένη έρευνα έδειξε ότι υπάρχει συσχέτιση της ηλικιακής ομάδας των ατόμων με την θερμοκρασία του χρώματος. Για φωτισμό, θερμοκρασίας χρώματος 4000K –Ουδέτερο λευκό, οι ηλικιωμένοι διατηρούσαν αρνητική διάθεση σε σχέση με τους νέους, ενώ για θερμό φωτισμό, θερμοκρασίας χρώματος 3000K ισχύει το αντίθετο (εικ. 37).

Όσον αφορά τον τρόπο επίλυσης κάποιου προβλήματος, τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας χωρίζονται σε δύο κατηγορίες :

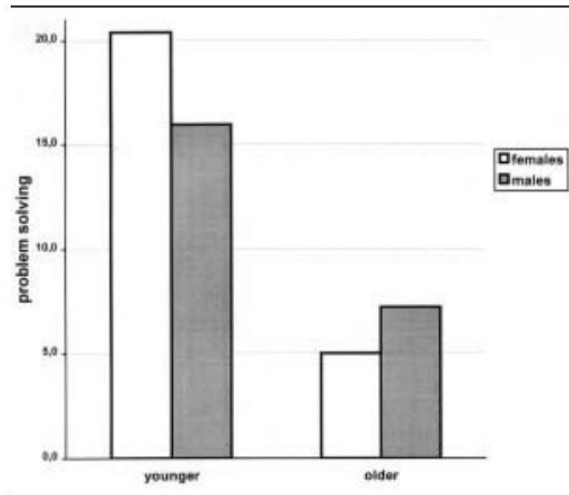
- 1) **Ως προς την ηλικία των ατόμων** . Οι νεότεροι αποδίδουν περισσότερο απ' όσο οι ηλικιωμένοι
- 2) **Ως προς την αλληλεπίδραση μεταξύ φύλου και ηλικίας**. Οι νεαρές ηλικιακά γυναίκες, είχαν καλύτερη απόδοση απ' ότι οι άνδρες, ενώ μικρή διαφορά με αντίστροφα όμως αποτελέσματα παρατηρούνται μεταξύ των δύο φύλων μεγαλύτερης ηλικιακής ομάδας (εικ.38).

Ένας μελετητής φωτισμού προσπαθεί να δημιουργήσει συνθήκες φωτισμού οι οποίες θα έχουν ως στόχο τη βελτιστοποίηση των ατομικών αποτελεσμάτων, αλλά και της θετικής επίδρασης των χρηστών. Αυτές οι συνθήκες φωτισμού όπως και άλλες περιβαλλοντικές συνθήκες έχουν επιδράσεις στους ανθρώπους και διαφέρουν από διάφορα ατομικά χαρακτηριστικά και μηχανισμούς, τόσο από την ηλικία όσο και από την ευαισθησία του κάθε ατόμου.

Οι μηχανισμοί αυτοί είναι θεωρητικής κατασκευής και είναι χρήσιμοι για πολλά θέματα της φυσικής. Συμβάλλουν τόσο σε εμπειρικά αποτελέσματα και σε επαγωγικούς λογισμούς. (η λειτουργία εκείνη του ανθρώπινου λογισμού, κατά την οποία οι προτάσεις -εικασίες ή υποθέσεις- ενός επιχειρήματος υποστηρίζουν το συμπέρασμα αλλά δεν το κατοχυρώνουν. Πρόκειται για την απόδοση ιδιοτήτων ή συσχετισμών σε μεταφυσικούς τύπους, με βάση πεπερασμένες παρατηρήσεις ομοίων φαινομένων.⁴⁹⁾



Εικόνα 36 Μέση αλλαγή στην αρνητική διάθεση σε νεότερους και μεγαλύτερους ενήλικες ως συνάρτηση ψυχρού και θερμού φωτισμού | Effects of Indoor Lighting p-825 (p.10 of pdf)



Εικόνα 37 Μέση Επίδοση Επίλυσης Προβλημάτων σε Γυναίκες και Άντρες ως συνάρτηση της ηλικίας | Effects of Indoor Lighting p-826 (p.11 of pdf)

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

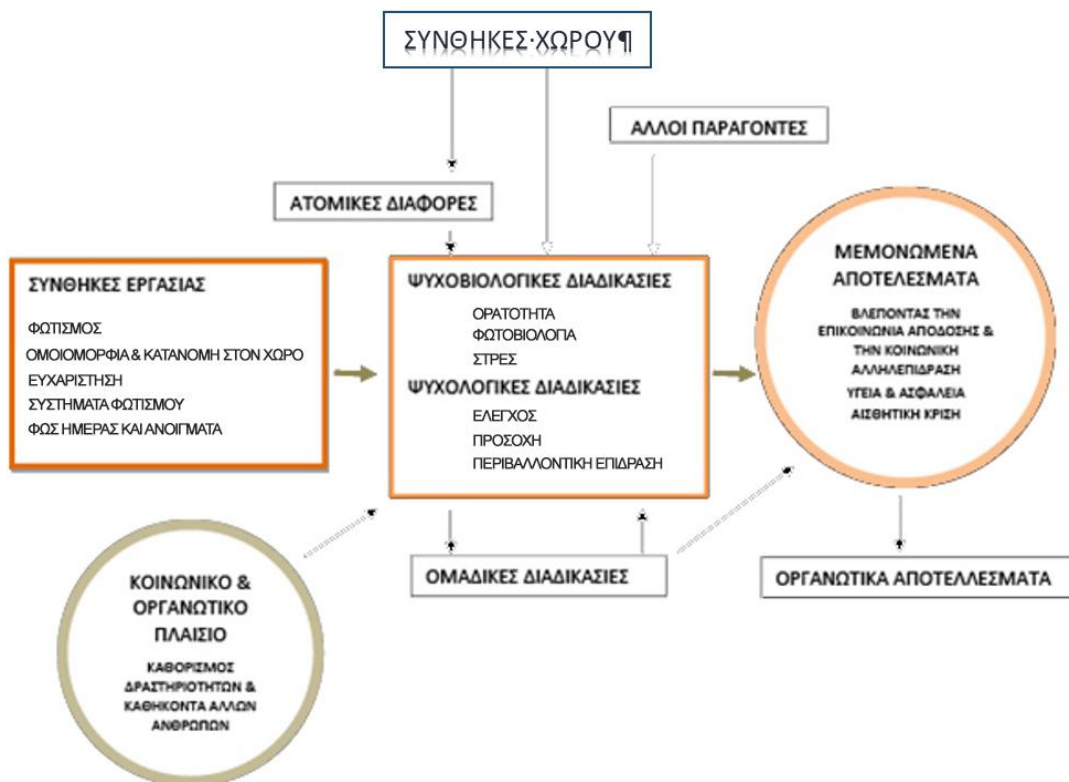
Για ευκολία αυτή η παράλληλη διαδικασία μπορεί να διαχωριστεί σε δύο υποκατηγορίες:

- Ψυχολογικές διαδικασίες (αντιληπτό έλεγχο, προσοχή, περιβαλλοντική εκτίμηση κλπ)
- Ψυχοβιολογικές διαδικασίες(ορατότητα, φωτοβιολογία, διέγερση και άγχος κλπ)

Βέβαια οι παράγοντες που τις επηρεάζουν είναι οι εξής :

Αρχικά οι συνθήκες που έχει ο καθένας στο χώρο του επηρεάζουν και τις ατομικές διαφορές , οι οποίες με τη σειρά τους επιδρούν στη ψυχοβιολογική και ψυχολογική διαδικασία. Οι συνθήκες εργασίας, ακόμα, αποτελούν ένα σημαντικό κομμάτι αν αναλογιστούμε ότι το άτομο περνά το 1/3 της ημέρας του ή και παραπάνω, στον χώρο εργασίας του. Έτσι λοιπόν η ύπαρξη φωτός στον χώρο, η ομοιομορφία έντασης αλλά και κατανομής φωτός μέσα σε αυτόν, η αντηλιά του φωτός, τα συστήματα φωτισμού, το φως της ημέρας και τα ανοίγματα – παράθυρα του χώρου, ο προσανατολισμός του χώρου (B-N, N-Δ) αποτελούν παράγοντες που επηρεάζουν τη ψυχολογία του ατόμου. Επίσης το κοινωνικό και οργανωτικό πλαίσιο μέσα στο οποίο καθορίζονται διάφορες δραστηριότητες και καθήκοντα άλλων ατόμων που επηρεάζουν επίσης και τις ομαδικές διαδικασίες.

Όλα αυτά βέβαια ψυχολογικές και ψυχοβιολογικές διαδικασίες καθώς και οι ομαδικές διαδικασίες, όπως αναφέρθηκε παραπάνω επηρεάζουν με τη σειρά τους μεμονωμένα το κάθε άτομο. Αυτό θα παρατηρηθεί στις επιδόσεις εργασίας του, στην επικοινωνία του αλλά και στην κοινωνική του συμπεριφορά, στην υγεία αλλά και στην ασφάλειά του, καθώς και στην αισθητική του κρίση.



Εικόνα 38 Διαδικασίες που επηρεάζουν το άτομο | Photoshop

4.2.1 ΑΝΤΙΛΗΨΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Παρά τις γενικές παρατηρήσεις, στην Μοντέρνα Ψυχολογία έχει παρατηρηθεί ότι η αντίληψη ελέγχου μπορεί να μετριάσει αγχώδεις αντιδράσεις. Συγκεκριμένα ο Glass και ο Singer βρήκαν ότι όταν δινόταν η ευκαιρία σε άτομα να σταματήσουν κάποιον ενοχλητικό θόρυβο (όπου, αν και μπορούσαν, δεν το έκαναν), δεν είχαν την εμπειρία των αρνητικών επιπτώσεων στην απόδοση των εργασιών τους σε αντίθεση με όσους δεν είχαν την ευκαιρία. Μέσα από την συγκεκριμένη παρατήρηση λοιπόν, κατάλαβαν ότι όταν δεν είχαν τον έλεγχο, τα άτομα υπέφεραν συναισθηματικά καθώς και παρατηρούνταν ελλείψεις στις γνώσεις τους και στον τρόπο συμπεριφοράς τους.⁵⁰

Η παραπάνω λοιπόν αντίληψη συχνά χρησιμοποιείται για να δικαιολογήσει την αποδοχή του γεγονότος του να έχει το κάθε άτομο ξεχωριστά τον δικό του έλεγχο φωτισμού. Δηλαδή το κάθε άτομο να μπορεί ελεύθερα να προσαρμόζει τον τρόπο - ένταση φωτισμού στον χώρο στον οποίο βρίσκεται (πχ χώρος εργασίας) με σκοπό να μπορέσει να αποδώσει όσο το δυνατόν καλύτερα. Επιτόπιες έρευνες αναφέρουν ότι ποσοστό λίγο μεγαλύτερο από το μισό των ατόμων που συμμετείχαν (Συγκεκριμένα το 54% σε μία μεγάλη έρευνα που διεξήχθη στην Β. Αμερική⁵¹) και εργάζονταν σε χώρους γραφείου, προτιμούσαν να έχουν τον έλεγχο διακύμανσης της έντασης του φωτός σύμφωνα με τις δικές τους ανάγκες.

Παράλληλα σε μία άλλη έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο Κεντρικό τμήμα των Η.Π.Α., το 67% των ατόμων θέλουν να μπορούν να ελέγχουν σε κάποιο βαθμό τον φωτισμό. Οι σχεδιαστές φωτισμού θεωρούν ότι η προώθηση απομονωμένου ελέγχου φωτισμού έχει μακροπρόθεσμα οφέλη για τα άτομα που βρίσκονται (εργάζονται ή ζουν) μέσα στον χώρο αυτόν⁵².

Οι Veitch και Gifford⁵³ ανέφεραν από έρευνα ότι οι συμμετέχοντες που είχαν τον έλεγχο του φωτισμού κατά την διάρκεια εργασίας τους, το αποτέλεσμα των έργων τους ήταν ελλιπής καθώς και ο χρόνος ολοκλήρωσής τους διήρκεσε περισσότερο σε αντίθεση με άλλα άτομα τα οποία δεν κατείχαν τον έλεγχο φωτισμού καθώς εργάζονταν. Το γεγονός αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στ' ότι ίσως τα άτομα αυτά δεν ήταν βέβαια για το αν ο φωτισμός ο οποίος είχαν επιλέξει ήταν ο καταλληλότερος για το αντικείμενο με το οποίο ασχολούνταν ή όχι. Αντιθέτως τα άτομα τα οποία δεν είχαν τη δυνατότητα να αλλάξουν τον φωτισμό στον χώρο που εργάζονταν πιθανότατα να ήταν και πιο συγκεντρωμένα με αυτό όπου ασχολούνταν.

Από την παραπάνω έρευνα, φαίνεται ότι **η αντίληψη ελέγχου φωτισμού δεν κατορθώνει πάντα τα επιθυμητά αποτελέσματα**. Στην ουσία η αντίληψη ότι το άτομο κατέχει τον έλεγχο μπορεί να προκαλέσει επίδραση στην ψυχολογία, επηρεάζοντάς την σε ελάχιστο βαθμό.

Στο πείραμα αυτό, απαιτούσε να παρθεί από την αρχή μία απόφαση σχετικά με τις συνθήκες φωτισμού, γεγονός που δημιουργούσε ανασφάλεια στους συμμετέχοντες για το αν οι επιλογές τους σχετικά με τον φωτισμό που θα είχαν κατά την διάρκεια του πειράματος ήταν και οι καταλληλότερες. Και οι δύο ομάδες λοιπόν είχαν τον έλεγχο και δούλευαν υπό τον φωτισμό όπου είχαν επιλέξει. Η αντίληψη λοιπόν ότι το άτομο μπορεί να έχει τον έλεγχο φωτισμού δεν επηρεάζει την απόδοσή του, αλλά το γεγονός ότι μπορούσε να αλλάξει την τάση του επιδρούσε σ' ένα βαθμό αρνητικά.

⁵⁰ Psychological Processes Influencing Lighting Quality | Jennifer A. Veitch Ph.D. σελ.126

⁵¹ Ομοίως

⁵² Ομοίως.

⁵³ <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0013916596284002>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Στην συνέχεια οι Veitch και Newsman έκαναν το εξής πείραμα:

Από τους συμμετέχοντες πήραν τους μισούς και τους παρέιχαν την δυνατότητα ενός πιο άμεσου ελέγχου φωτισμού καθώς θα εργάζονταν πάνω σε κάτι δημιουργικό, όπως η συγγραφή ενός μυθιστορήματος.

Μέσα από την έρευνα αυτή βγήκε το εξής πόρισμα:

Τα άτομα τα οποία είχαν την επιλογή του χώρου, είχαν και σε μεγαλύτερο βαθμό τον αντιληπτό έλεγχο. Αυτό γιατί ήξεραν τι θα ήταν το καταλληλότερο για εκείνους.

Βέβαια παρατηρήθηκε ότι και οι δύο ομάδες των συμμετεχόντων είχαν την ίδια απόδοση, καθώς ήταν το ίδιο ικανοποιητικοί με το αποτέλεσμα της εργασίας τους. Οπότε θεωρώντας δεδομένο ότι υπήρχε σε μεγάλο βαθμό η ικανοποίηση στο επαγγελματικό περιβάλλον καθώς και με τον ατομικό φωτισμό που είχαν, είτε είχαν τον έλεγχο φωτισμού είτε όχι, η απόδοσή τους συνέχιζε να είναι η ίδια.

Επιπλέον κάτι που ίσως να ισχύει αλλά ακόμα δεν έχει εξακριβωθεί είναι ότι τα οφέλη του ατομικού φωτισμού ίσως να μειώνουν ή ακόμα και να βελτιώνουν επιβλαβείς παράγοντες που δημιουργούν στρες. Ο Bernes⁵⁴ (μελετητής) εναντιώθηκε στην ιδέα ότι ίσως οι επιλογές συνθηκών του περιβάλλοντος των εργαζομένων μπορούσε να αποφέρει επιβλαβή αποτελέσματα όπως η παθητική στάση και η απελπισία.

Ο Becker⁵⁵ (μελετητής) από την άλλη θεωρεί ότι το να έχει το κάθε άτομο τον δικό του έλεγχο φωτισμού καθώς εργάζεται αποτελεί ένα πλεονέκτημα ποιοτικής εργασίας στην οποία νιώθει ικανοποίηση. Δεν μπορεί όμως να παραληφθεί και η αρνητική όψη του νομίσματος. Σύμφωνα με τον Becker λοιπόν , το σύστημα του ατομικού ελέγχου των εργαζομένων μπορεί να κοστίζει πολύ παραπάνω αν αναλογιστεί κανείς και τις απαιτήσεις που μπορεί να έχει ο κάθε εργαζόμενος. Για παράδειγμα , αν μια εταιρεία διαθέτει στο εργατικό της δυναμικό 1000 εργαζόμενους είναι αναγκασμένη να τους παρέχει και 1000 διαφορετικά συστήματα ελέγχου (ένα για τον καθένα), απ' ότι έναν απλό φωτισμό για το κάθε γραφείο στο οποίο θα εργάζονταν. Συνεπώς για χώρους γραφείων μεγάλης έκτασης όπως ο χώρος που θα μελετηθεί στην συνέχεια, δεν συστήνεται η συγκεκριμένη λύση σχεδιασμού.

4.2.2 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΑ ΑΤΟΜΑ

Ο φωτισμός βέβαια μπορεί να μην παίξει κύριο ρόλο σ' έναν χώρο, αλλά καθοδηγητικό. Μπορεί δηλαδή άμεσα να κατευθύνει το μάτι του παρατηρητή έτσι ώστε να τον κάνει να προσέξει στοιχεία του χώρου όπου ο αρχιτέκτονας ίσως θα ήθελε να τα αναδείξει. Για παράδειγμα ο διαχωρισμός χώρου γραφείων σε επιμέρους χώρους διαφορετικών λειτουργιών (πχ σημείο βιβλιοθήκης, γραμματεία, χώροι γραφείων κ.α.)

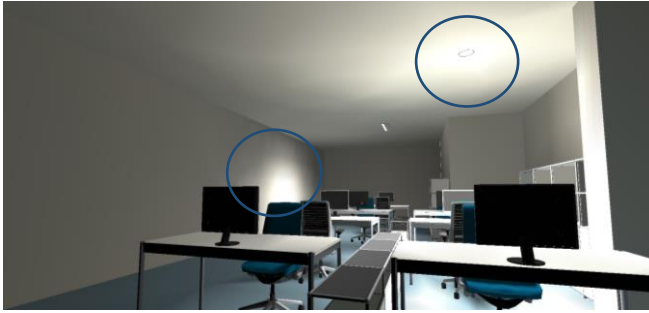
Έχει σημειωθεί επίσης το γεγονός ότι ο φωτισμός μπορεί να επηρεάσει την προσοχή του ατόμου. Η παρατήρηση αυτή βασίζεται πάνω σε 2 μελέτες χωρίς όμως να υπάρχει εμπειριστατωμένη τεκμηρίωση.

Ο Hopkinson και ο Lonngmore (Φυσικοί Επιστήμονες) ανέφεραν ότι ο άμεσος τρόπος φωτισμού (ο φωτισμός να πέφτει από πάνω προς τα κάτω - πχ φώτα στο ταβάνι, λάμπα γραφείου κ.α.) , ήταν αποτελεσματικότερος από την ύπαρξη ενός γενικού φωτισμού. Άρα μία μικρή φωτεινή πηγή μεγάλης έντασης φωτισμού- στον χώρο εργασίας μπορεί να τραβήξει περισσότερο την προσοχή του θεατή απ' ότι μία μεγάλη φωτεινή πηγή μικρής έντασης λαμπρότητας (εικ.41) .

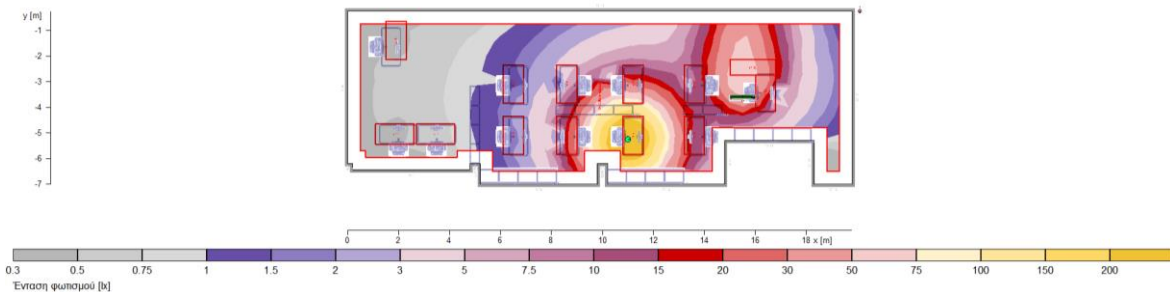
⁵⁴ <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/accepted/?id=21939a53-a847-47c2-9bf8-60fea01b1c1f>

⁵⁵ Ομοίως

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)



Εικόνα 39 Σύγκριση έντασης δύο φωτεινών πηγών διαφορετικού μεγέθους και έντασης φωτισμού 3D απεικόνιση Χώρου Γραφείων, μέσα από το πρόγραμμα ReLux



Εικόνα 40 Σύγκριση έντασης δύο φωτεινών πηγών διαφορετικού μεγέθους και έντασης φωτισμού

Από την άλλη, οι LaGiusa και Perney⁵⁶ εφάρμοσαν την εξής έρευνα μέσα σ' ένα σχολικό χώρο, σε δύο διαφορετικές αίθουσες για βραχυπρόθεσμο χρονικό διάστημα. Τοποθέτησαν στην μία αίθουσα φωτεινά σποτάκια ως επιπλέον βοήθεια (ενισχυτικός φωτισμός) προς τους καθηγητές ενώ στην άλλη όχι. Παρατηρήθηκε λοιπόν ότι στην αίθουσα με τον επιμέρους φωτισμό ο χρόνος που απαιτούνταν για την προσοχή του έργου - μαθήματος - και την απόδοση του λεξιλογίου βελτιώθηκε. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι ο φωτισμός εστιασμένος στον χώρο εργασίας (πάγκο, γραφείο κ.α.) μπορεί να τραβήξει την προσοχή του εργαζόμενου και να βελτιώσει την απόδοσή του.

Έπειτα έρχεται ο Καίρα και η θεωρία του. Σύμφωνα με αυτή, το άτομο έχει την ανάγκη να αισθανθεί αυτό που βλέπει και να ενσωματωθεί μέσα σ' αυτό. Το μοντέλο αυτό βασίζεται πάνω σε 4 διαστάσεις. Οι 4 αυτές διαστάσεις των εκτιμήσεων είναι :

- η συνάφεια - πόσο κατανοητό είναι αυτό που θέλει να προβάλλει
- η αναγνωσιμότητά του
- το μυστήριο που ίσως μπορεί να εκπέμψει
- το πόσο περίπλοκο μπορεί να είναι

Τα πρώτα δύο έχουν σχέση με το πώς θα παρουσιαστεί η πληροφορία, δηλαδή το τελικό αποτέλεσμα του έργου που επιδιώκει ο εργαζόμενος, κατά πόσο έχει επιτευχθεί. Τα επόμενα δύο έχουν να κάνουν με την ανάγκη ερμηνείας των πληροφοριών. Αν δηλαδή το τελικό αποτέλεσμα είναι το επιθυμητό.

⁵⁶ <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/accepted/?id=21939a53-a847-47c2-9bf8-60fea01b1c1f>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Για παράδειγμα στον χώρο γραφείων η ατμόσφαιρα που απαιτείται θα πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε να βοηθάει τον χρήστη να έχει καλή ορατότητα. Επομένως η ένταση φωτισμού θα πρέπει να συναντάται σε ικανοποιητικά υψηλά επίπεδα. Η θερμοκρασία, επίσης του φωτός – που συνάδει με την χρωματική γκάμα – θα πρέπει να ευνοεί τους χρήστες. Τέλος όλη αυτή η διαδικασία αν είναι σωστά μελετημένη θα δημιουργήσει και κάποια συναισθήματα. Αυτά δηλαδή που θέλει να μεταβιβάσει ο μελετητής ως προς τους χρήστες.

Στην συνέχεια ο Flynn⁵⁷ μαζί με τους συνεργάτες του πραγματοποίησε ένα ερευνητικό πείραμα σχετικά με την παρουσίαση διαφόρων συνθηκών φωτισμού μέσα σε αίθουσες συνεδριάσεων. Αρχικά πήρε 34 διαφορετικές μετρήσεις πάνω σε 6 διαφορετικές διαμορφώσεις φωτισμού. Στην συνέχεια συνδύασε τις μετρήσεις όπου είχε, πραγματοποιώντας συνδυασμούς ζευγαριών διαμόρφωσης φωτισμού και τα σύγκρινε μεταξύ τους με βάση τις ομοιότητες και τις διαφορές που τυχόν είχαν. Για έναν σύγχρονο αναγνώστη η μελέτη του Flynn ήταν πάρα πολύ περιορισμένη. Το δείγμα που χρησιμοποιούσε ήταν πάρα πολύ μικρό, επομένως δεν ήταν αντιπροσωπευτικό. Παρ' όλ' αυτά θεωρείται ένας από τους πρώτους που εφάρμοσε ώριμες ψυχολογικές τεχνικές και στατιστικές που είχαν πολλούς παράγοντες και τα εφάρμοσε στην έρευνα φωτισμού.

Ακολουθώντας ο Bertlett⁵⁸ και η ομάδα του έβγαλε παρόμοια συμπεράσματα πάνω σε διάφορες έρευνες χρησιμοποιώντας μια μεγαλύτερη γκάμα συνθηκών φωτισμού, καθώς και διαφορετικές παραστάσεις. Αυτά τα χαρακτηριστικά λοιπόν της έρευνας ενθάρρυναν τους μελετητές ως προς την εγκυρότητά τους για τον φωτισμό και την ομοιομορφία του φωτός. Αλλά και πάλι το δείγμα ήταν πολύ μικρό. Συνεπώς το να υπάρχουν μόνο δύο παράγοντες, ο φωτισμός και η ομοιομορφία του, αποτελεί τεχνούργημα.

Από τις δύο προαναφερθείσες έρευνες τα κύρια αποτελέσματα δεν ήταν όμοια μεταξύ τους. Η πιο ισχυρή λύση ήταν το αποτέλεσμα το οποίο απαρτιζόταν από 3 παράγοντες όπου επηρέαζαν το άτομο και αυτό εξηγούσε μόνο το 46% των αποτελεσμάτων. Οι παράγοντες αυτοί ήταν οι εξής:

- 1) Οπτική προσοχή
- 2) Πολυπλοκότητα
- 3) Φωτεινότητα

Ο Robert A. Baron, κοινωνικό-περιβαλλοντικός ψυχολόγος, και υποστηρικτής της θεωρίας ότι οι περιβαλλοντικές συνθήκες που δημιουργούν μια θετική ατμόσφαιρα φέρνουν καλύτερη απόδοση, μεγαλύτερη προσπάθεια, λιγότερη δυσαρμονία, και μία πολύ μεγαλύτερη θέληση το άτομο να βοηθήσει τους γύρω του. Η συγκεκριμένη θεωρία είναι βασισμένη σε αρώματα προκειμένου να δημιουργήσουν μια θετική αύρα μέσα στον χώρο.

Μία άλλη έρευνα χρησιμοποιούσε διαφορετικά επίπεδα φωτισμού με λάμπα φθορισμού για τη δημιουργία διαφορετικών συνθηκών φωτισμού. Το αποτέλεσμα ήταν θετικό. Οι ερευνητές παρατήρησαν περισσότερα θετικά στοιχεία όσον αφορά την απόδοση των εργαζομένων και την συνεργασία μεταξύ τους. Η θεωρία της επίδρασης ήταν ενστικτώδης. Δηλαδή η αξιοποίηση όσο το περισσότερο δυνατό του φυσικού φωτός από το τεχνητό συμβάλλει περισσότερο στην βελτίωση των εργασιών.

⁵⁷ <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/accepted/?id=21939a53-a847-47c2-9bf8-60fea01b1c1f>

⁵⁸ Ομοίως

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Γενικά όσες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με τον φωτισμό και το τι τελικά προτιμάται από το κοινό είναι ελλιπείς . Η απάντηση δηλαδή μπορεί να δοθεί εκ πείρας για το τι είδους συνθήκες φωτισμού προτιμώνται αλλά δεν θα είναι έγκυρη. Όσον αφορά το τί είδους φωτισμός προτιμάται από το κοινό οι Leslie και Hartleb παρατήρησαν τις εξής διαφορές ανάμεσα στα δύο φύλλα:

Συμπερασματικά, οι γυναίκες προτιμούσαν περισσότερο χαμηλότερη ένταση φωτισμού απ' ότι οι άνδρες. Βέβαια μέσα από μία έρευνα που πραγματοποίησαν μεταξύ των δύο φύλλων παρατήρησαν ότι μέσα από τις 43 εργασίες που είχαν να τελέσουν οι συμμετέχοντες σε δυο μόνο από αυτές που είχαν να τελέσουν υπήρχαν διαφορές. Αυτές ήταν το πλύσιμο των πιάτων και η αποχώρησή τους από το γκαράζ. Έπειτα, ο Knezz παρατήρησε σε ένα άλλο πείραμα ότι οι γυναίκες βαθμολογούσαν τον φωτισμό ως πιο έντονο και πιο δυνατό πάνω τους, απ' ότι οι άνδρες ασχέτως από το ποιές ήταν οι πραγματικές συνθήκες.

Οι παράγοντες που καθορίζουν τις ποσοτικές και ποιοτικές ανάγκες φωτισμού ποικίλουν και είναι σε άμεση συνάρτηση με την οπτική οξύτητα των εργαζομένων, το είδος της εργασίας αλλά και το περιβάλλον και γι' αυτό πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπ' όψιν.

Κεφάλαιο 5 ΕΛΕΓΧΟΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟΝ ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Επιπτώσεις όπως η αύξηση της θερμοκρασίας, η ρύπανση, τα έντονα καιρικά φαινόμενα καθώς και οι απρόβλεπτες πανδημίες υγείας, απειλούν την παγκόσμια οικονομία και τις τοπικές κοινότητες. Η ανάγκη προστασίας του ατόμου αλλά και του περιβάλλοντος αποτελεί μείζονος σημασίας. Η κλιματική αλλαγή απαιτεί από τους ηγέτες των επιχειρήσεων να υιοθετήσουν μια επιτυχή πολιτική διαχείρισης κινδύνου σχετική με την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα. Η βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον σχεδίαση των κτηρίων αποτελεί πλέον προτεραιότητα για αυτό ελέγχονται οι ενεργειακές επιπτώσεις τους στο περιβάλλον, με σκοπό να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση και κατά συνέπεια η εκπομπή CO₂.

Έτσι με το τέλος του 20ου αιώνα νέες έννοιες καθοριστικής σημασίας για την προστασία του περιβάλλοντος και της βελτίωσης της ποιότητας ζωής, όπως η βιώσιμη ανάπτυξη και ο βιοκλιματικός σχεδιασμός των κτηρίων επικρατούν. Ο βιοκλιματικός σχεδιασμός απαντά στη σημερινή επιτακτική ανάγκη προστασίας του περιβάλλοντος και βελτιώνει τις συνθήκες ζωής εντός και εκτός του κτηρίου.

Ο κλάδος των κατασκευών είναι σημαντικός για την ανάπτυξη και την καλύτερη ποιότητα ζωής γιατί συμμετέχει στην παραγωγή των αποβλήτων αλλά και στην χρήση πόρων από το περιβάλλον. Η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης εμφανίστηκε το 1980 με τη δημοσίευση «Παγκόσμια Στρατηγική για τη Διατήρηση⁵⁹» από την Παγκόσμια Ένωση Διατήρησης (World Conservation Union), με στόχο την διατήρηση οικολογικών διαδικασιών και τη βιώσιμη χρήση πόρων. Πολιτικές πρωτοβουλίες και στρατηγικές ξεκίνησαν να αναπτύσσονται πιο οργανωμένα μέσα από Συνόδους σχετικές με τα σύγχρονα περιβαλλοντικά ζητήματα. Οπότε η βιώσιμη ανάπτυξη κατέστη μια ανάγκη επιτακτική που οδήγησε στη Σύνοδο Κορυφής των Ηνωμένων Εθνών το 1992 στο Ρίο και στην Agenda 21 όπου πάνω από 170 χώρες δεσμεύτηκαν να στηρίξουν την μελλοντική τους ανάπτυξη πάνω στη βιώσιμη ανάπτυξη. Αργότερα το 1996 στη Σύνοδο Κορυφής στην Κωνσταντινούπολη με την Agenda Habitat αναπτύχθηκε σχέδιο δράσης για την αειφόρο ανάπτυξη των κατασκευών.

Έτσι μετά την έντονη βιομηχανοποίηση και αστικοποίηση που προηγήθηκε, ο άνθρωπος στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης επανενσωματώνεται στη φύση και αντιλαμβάνεται την ανάγκη διατήρησης του φυσικού πλούτου και κεφαλαίου για τις επόμενες γενεές. Η Ε.Ε. στηρίζει τη βιώσιμη ανάπτυξη αν το παραγόμενο αποτέλεσμα από τη χρήση του κεφαλαίου αυξάνεται ή παραμένει σταθερό και για τις επόμενες γενεές.

Η μελέτη φωτισμού ενός κτηρίου γραφείου αποτελεί ανακαίνιση μικρής έως μέτριας κλίμακας του κτηρίου. Ο φωτισμός κατέχει σημαντικό ρόλο σε βιώσιμα κτήρια –με το 30% της μέσης κατανάλωσης ενέργειας του μέσου εμπορικού κτηρίου να προέρχεται από τον φωτισμό.

Πίνακας 11 Κατανάλωση ενέργειας ανά λειτουργία χώρου <https://www.oleng.eu/fotismos-exoikonomisi-energeias-2/>

| ΧΡΗΣΗ | ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΓΙΑ ΦΩΤΙΣΜΟ |
|-----------------|------------------------|
| Κτήρια Γραφείων | 30%-50% |
| Καταστήματα | 25%-50% |
| Νοσοκομεία | 10%-20% |
| Ξενοδοχεία | 10%-25% |
| Οικίες | 10%-25% |

Οι έλεγχοι φωτισμού είναι απαραίτητοι ώστε το κτήριο να μπορεί να προσαρμόζεται στις ανάγκες των χρηστών του κατά τη διάρκεια της ζωής του.

Πρώτο ολοκληρωμένο σύστημα περιβαλλοντικής αξιολόγησης είναι το BREEAM (BRE Environmental Assesement Method) ξεκίνησε τη δεκαετία του 1990 και χρησιμοποιήθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο για την

⁵⁹

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B5%CE%B9%CF%86%CF%8C%CF%81%CE%BF%CF%82_%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CF%80%CF%84%CF%85%CE%BE%CE%B7

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

μέτρηση της περιβαλλοντικής απόδοσης των κτηρίων και αργότερα επεκτάθηκε και σε άλλες χώρες όπως Καναδά, Νέα Ζηλανδία. Σήμερα θεωρείται το πρώτο ευρέως διαδεδομένο περιβαλλοντικό σύστημα αξιολόγησης για κτήρια σε παγκόσμιο επίπεδο και σύμφωνα με τις εκάστοτε εθνικές νομοθεσίες. Ακολουθούν το LEED (Leadership in Energy and Environment Design) που θα εξεταστεί παρακάτω, το GBC (Green Building Challenge), το Ecolabel και άλλα.

5.1 LEED (LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN)

Το 1993, οι Rick Fedrizzi, David Gottfried και ο Mike Italiano ίδρυσαν το United States Green Building Council (USGBC), με σκοπό την προώθηση της αειφορίας στον κλάδο των κατασκευών, και στη συνέχεια την αξιολόγησή τους με πιστοποίηση.

Ανέπτυξαν το LEED ένα σύστημα αξιολόγησης και πιστοποίησης πράσινων κτηρίων το οποίο γρήγορα καθιερώθηκε και επεκτάθηκε. Η «πράσινη κατασκευή» είναι μια ταχέως αναπτυσσόμενη τάση, με το LEED να αποτελεί την πιο γνωστή και ευρέως χρησιμοποιούμενη πιστοποίηση βιώσιμων κτηρίων παγκοσμίως. Δημιουργήθηκε το 2000 με στόχο τη δημιουργία ενός αξιόπιστου και αναγνωρίσιμου πράσινου προτύπου, παρέχοντας περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη, για όλους τους τύπους κτηρίων⁶⁰. Από το 2009 το Green Business Certification Inc. (GBCI) έχει αναλάβει τη διαχείριση του προγράμματος πιστοποίησης LEED και ελέγχει ώστε το έργο των οργανισμών πιστοποίησης να είναι σύμφωνο με τα διεθνή πρότυπα ISO, εξασφαλίζοντας έτσι την υψηλή ποιότητα του.

Η πιστοποίηση LEED απαιτεί τη δημιουργία ενός ενεργειακού μοντέλου με κριτήριο τη μείωση κόστους ενέργειας. Το LEED αξιολογεί την απόδοση ενός κτηρίου στις εξής κατηγορίες^{61,62}:

- της βιώσιμης τοποθεσίας,
- της αποδοτικότητας χρήσης νερού,
- της ενέργειας και της ατμόσφαιρας,
- των υλικών και των πόρων που χρησιμοποιήθηκαν,
- στην εσωτερική περιβαλλοντική ποιότητα και
- στη καινοτομία και στο σχεδιασμό μέσω διαπιστευμένου επαγγελματία.

| Μέγιστη συνολική βαθμολογία ενός έργου: 106 μονάδες | |
|---|-----------------------------------|
| Επίπεδο πιστοποίησης: | |
| ❖ | Πιστοποιημένο LEED: 40-49 μονάδες |
| ❖ | Ασημένιο LEED: 50-59 μονάδες |
| ❖ | Χρυσό LEED: 60-79 μονάδες |
| ❖ | Πλατινένιο LEED: 80-106 μονάδες |

Εικόνα 41 Βαθμίδες Βαθμολόγησης LEED

Ανάλογα με την απόδοση, υπάρχουν τέσσερα επίπεδα πιστοποίησης LEED: Certified (πιστοποιημένο) με 40-49 βαθμούς, Silver (ασημένιο) με 50-59 βαθμούς, Gold (χρυσό) με 60-69 βαθμούς και το ανώτερο Platinum (πλατινένιο) με 80 βαθμούς και άνω μέχρι το 100. Οι μονάδες βαθμολόγησης μπορούν να «συλληχθούν» κι από μικρές κινήσεις, όπως για παράδειγμα η μείωση της αντανάκλασης του φωτός (reducing light reflection), με την πρόβλεψη κατάλληλης ηλιοπροστασίας ή η παροχή περισσότερου φωτός ημέρας στον εσωτερικό χώρο. Η αποτελεσματική αξιοποίηση του φυσικού φωτός βοηθά σημαντικά στην εξοικονόμηση ενέργειας ελαχιστοποιώντας τη χρήση του τεχνητού ηλεκτρικού φωτός.

⁶⁰

https://www.usgbc.org/leed/v41?creative=341456035424&keyword=leed&matchtype=b&network=g&device=c&gclid=CjwKCAjwgvilBhBkEiwA10D2jy9Xi3YP_7odJsE7-fRyBydMxxFZuFBmKRMp5dqYx3eBAXFXEko3EBoCNicQAvD_BwE

⁶¹

https://www.usgbc.org/leed/v41?creative=341456035424&keyword=leed&matchtype=b&network=g&device=c&gclid=CjwKCAjwgvilBhBkEiwA10D2jy9Xi3YP_7odJsE7-fRyBydMxxFZuFBmKRMp5dqYx3eBAXFXEko3EBoCNicQAvD_BwE

⁶² <https://facilitymanagement.com/importance-leed-lighting/>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Ο φωτισμός χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες στο LEED v4, την τρέχουσα έκδοση του συστήματος αξιολόγησης:

- Ενέργεια & Ατμόσφαιρα
- Ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος
- Αειφόρα σημεία

Το LEED v4 δίνει έμφαση στην ποιότητα του φωτισμού για τους χρήστες του κτηρίου. Λαμβάνονται υπ' όψιν χαρακτηριστικά όπως η διάρκεια ζωής των λαμπτήρων, η χρωματική απόδοση, η ομοιομορφία φωτισμού σε έναν χώρο, η μείωση της χρήσης άμεσου φωτισμού, η αντανάκλαση των επιφανειών στον χώρο, οι αναλογίες ομοιομορφίας φωτισμού κ.λπ. Γίνονται έλεγχοι φωτισμού ώστε να διαπιστωθεί ότι πληρούνται οι προϋποθέσεις και οι νέες απαιτήσεις (πιστώσεις):

EA: «Θεμελιώδης θέση σε λειτουργία και επαλήθευση» (προϋπόθεση)

EA: «Ενισχυμένη θέση σε λειτουργία» (πίστωση)

EA: "Βελτιστοποίηση ενεργειακής απόδοσης" (προϋπόθεση)

EA: "Προηγμένη μέτρηση ενέργειας" (πίστωση)

EA: «Απόκριση ζήτησης» (μόνο σύστημα αξιολόγησης BD+C και O+M)

EQ: "Εσωτερικός φωτισμός" (πίστωση).

Ορίζεται ως ελάχιστο επίπεδο ενεργειακής απόδοσης για το LEED v4 το ενεργειακό πρότυπο για κτήρια **ASHRAE 90.1**. Όλα τα έργα LEED πρέπει να συμμορφώνονται με τις διατάξεις της ASHRAE 90.1 και για να επιτευχθεί ο στόχος κατά LEED της βελτιστοποίησης της ενεργειακής απόδοσης, αφού ως βάση θεωρείται η ASHRAE 90.1, θα πρέπει να επιτευχθούν στόχοι πέραν αυτής. Έτσι για έργα LEED ID+C για συστήματα που σχετίζονται με τον τομέα της εργασίας σύμφωνα με την ενεργειακή μοντελοποίηση απαιτείται βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης τουλάχιστον κατά 3% σε σχέση με ότι ορίζει η ASHRAE 90.1 ή επίτευξη μείωσης της τάξεως του 5% της πυκνότητας του συνδεδεμένου φωτισμού. Για επιπρόσθετες δε μειώσεις της ισχύος φωτισμού λαμβάνονται πιστωτικοί πόντοι της τάξεως: 10% για μία μονάδα, 15% για δύο μονάδες, 20% για τρεις μονάδες και 25% για τέσσερις μονάδες.

Εάν επιλεγεί η συμμόρφωση με την ενεργειακή μοντελοποίηση μπορεί να επιτευχθεί η βελτίωση της συνολικής απόδοσης με επιλογή στοιχείων ελέγχου φωτισμού. Η πίστωση αυτή δεν ισχύει για χώρους όπου το ASHRAE 90.1 απαιτεί αυτόματους ελέγχους υποχρεωτικά, αλλά για όπου οι έλεγχοι αυτοί είναι προαιρετικοί. Έτσι ρυθμίζεται η μείωση της ισχύος του χρησιμοποιούμενου φωτισμού με κάποιον συντελεστή ελέγχου, όπως εξασθένιση με το φως της ημέρας ή χρήση αισθητήρων πολλαπλών χρήσεων. Σημαντικός στο σημείο αυτό είναι ο πίνακας 9.6.2⁶³ της ASHRAE 90.1²⁰¹⁰ που απαριθμεί παράγοντες ελέγχου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επίτευξη πρόσθετων πιστωτικών μονάδων LEED για τη μείωση ισχύος φωτισμού.

Παρακάτω αναφέρονται κάποιοι αποδοτικοί τρόποι που βοηθούν στην συλλογή μονάδων LEED, για εσωτερικό χώρο, σύμφωνα με το πρότυπο ASHRAE 90.1 2019⁶⁴:

- a. **Βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης**, όπου τα φωτιστικά εσωτερικού χώρου θα πρέπει να είναι ενεργειακά αποδοτικά. Η επιλογή λαμπτήρων και φωτιστικών, ενεργειακά αποδοτικών βοηθάει εξίσου στην στόχευση υψηλότερης βαθμολογίας. Μία καλή επιλογή είναι η τοποθέτηση λαμπτήρων και φωτιστικών, τύπου LED. Η πιστοποίηση LEED προσφέρει επίσης πίστωση για φώτα με μικρότερη από 2.500 Cd/m². Η

⁶³ [Lighting Sample \(Space by Space Method\) – Part 11 TI \(vancouver.ca\)](#)

⁶⁴ https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/standards%20and%20guidelines/standards%20addenda/90_1_2007_supplement.pdf

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

βασική βαθμολογία είναι ENERGY STAR 69, και μπορεί να επιτευχθεί με συνδυασμό ενός ενεργειακά αποδοτικού εξοπλισμού και ορθών πρακτικών λειτουργίας του κτηρίου.

- b. **Απενεργοποίηση φώτων**, όπου μπορεί να ελεγχθεί με διάφορους τρόπους, όπως:
 - i. Προγραμματισμός λειτουργίας του φωτός
 - ii. Τοποθέτηση συστήματος ελέγχου επιπέδων φωτισμού
 - iii. Τοποθέτηση συστήματος ελέγχου όπου μπορεί ο χρήστης να έχει τον έλεγχο από οποιοδήποτε σημείο, οποιαδήποτε ώρα
 - iv. Τοποθέτηση αισθητήρων κίνησης, αισθητήρων ρύθμισης φωτός μέσα στον χώρο

Όσον αφορά την πυκνότητα ισχύος φωτισμού LPD ορίζονται μέγιστα δικαιώματα για κτίρια γραφείων LPD 0,79 W/sq.ft, για χώρους λιανικής πώλησης LPD 1,06 W/sq.ft σε νοσοκομεία LPD 1,05 W/sq.ft και για αποθήκες LPD 0,48 W/sq.ft. Στο πρόσφατο πρότυπο ASHRAE 90.1 2019 έχουν προβλεφθεί περαιτέρω μειώσεις.

Πίνακας 12 Απαιτήσεις ισχύος εσωτερικού φωτισμού (μέθοδος space to space), <https://www.fcgov.com/building/files/lighting-wattage-worksheet-fillable1-space-by-space-2018.pdf>

| ΧΩΡΟΙ | LPD (WATTS/m ²) |
|---|-----------------------------|
| ΔΙΑΔΡΟΜΟΣ | |
| Σε μονάδα παραγωγής | 3,12 |
| Σε διαφορετική περίπτωση | 7,10 |
| ΑΙΘΟΥΣΑ | |
| Για ανελκυστήρα | 7,32 |
| Για άτομα με προβλήματα όρασης (όχι για το προσωπικό) | 21,85 |
| Σε διαφορετική περίπτωση | 10,76 |
| ΓΙΑ ΓΡΑΦΕΙΑ | |
| Κλειστού τύπου γραφεία | 10,01 |
| Ανοιχτά γραφεία open plan | 8,72 |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

| ΤΟΥΑΛΕΤΑ | |
|---|-------|
| Για άτομα με προβλήματα όρασης (όχι για το προσωπικό) | 10,33 |
| Σε διαφορετική περίπτωση | 9,15 |
| Περιοχή πωλήσεων | 13,13 |
| Χώρος αναμονής/ καθιστικού | 4,52 |
| ΣΚΑΛΕΣ(χώρος που έχει σκάλες) | |
| Κλιμακοστάσιο | 6,24 |
| Αποθήκη | 4,95 |
| Χώρος συντήρησης οχημάτων | 6,03 |
| Εργαστήρι | 12,27 |

5.2 ASHRAE (AMERICA SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS)

Η ASHRAE (Αμερικανική Ένωση Μηχανικών Θέρμανσης Ψύξης και Κλιματισμού) ιδρύθηκε το 1895. Πρόκειται για μία επαγγελματική Ένωση Παγκοσμίως εμβέλειας με σκοπό την προώθηση τεχνολογιών συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού, αερισμού και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε υφιστάμενα κτήρια. Διαθέτει πάνω από 55.000 μέλη σε 130 χώρες, 190 τοπικά παραρτήματα και 300 φοιτητικά παραρτήματα. Τα μέλη του Ελληνικού παραρτήματος απαρτίζονται από μηχανικούς, επιστήμονες, εκπαιδευτικούς, καθώς και στελέχη κατασκευαστικών εταιρειών και ανέρχονται σε 200 περίπου.

Η βελτίωση της ποιότητας ζωής και διασφάλιση της αειφόρου ανάπτυξης αποτελεί απώτερο σκοπό της ASHRAE, ώστε να αναδειχθεί παγκοσμίως ηγέτης σε θέματα σχεδιασμού και κατασκευής συστημάτων θέρμανσης, ψύξης, κλιματισμού και παροχής τεχνικών προδιαγραφών για όλους τους εμπλεκόμενους κλάδους, προσφέροντας πρότυπα για το σχεδιασμό – κατασκευή – και λειτουργία πράσινων κτηρίων υψηλής απόδοσης (ASHRAE 189).

Το πρότυπο 90.1 της ASHRAE στο τμήμα 9 ασχολείται με τον ενεργειακά αποδοτικό φωτισμό. Οι οδηγίες της ASHRAE ενημερώνονται συχνά με τις πιο πρόσφατες αλλαγές για φωτισμό να αποτελούν εκείνες του 2019.

Οι συντελεστές ελέγχου κατά ASHRAE 90.1 2010 περιλαμβάνουν:

- Αυτόματα χειριστήρια διακοπής φωτισμού απαιτούνται για όλους τους χώρους και μπορεί να περιλαμβάνουν έλεγχοι από αισθητήρες ώρας ημέρας, αισθητήρες πληρότητας, ή σύστημα ελέγχου για περίπτωση που δεν υπάρχουν χρήστες.
- Διατάξεις αυτόματου ελέγχου που μπορούν να ελέγχουν την κενότητα του χώρου και να ανάβουν μέχρι 50% ή να υπάρχει ημιαυτόματη λειτουργία για τις κενές θέσεις χωρίς να θέτεται σε κίνδυνο η ασφάλεια και η προστασία των χρηστών.
- Κάθε χώρος διακριτός με χωρίσματα που φθάνουν έως την οροφή να έχει το δικό του έλεγχο φωτισμού που να είναι εύκολα προσβάσιμος από τους χρήστες του.
- Κάθε διάταξη ελέγχου δεν πρέπει να ελέγχει περισσότερο από 232,26 μ² για χώρους έως 929,03 μ² και το πολύ 929,03 μ² για χώρους μεγαλύτερους από 929,03 μ².
- Ο ελεγχόμενος φωτισμός εκτός από τον έλεγχο της πλήρους απενεργοποίησης του πρέπει να διαθέτει επιπλέον και ένα στάδιο ελέγχου μεταξύ 30% και 70% . Αυτό επιτυγχάνεται με απενεργοποίηση μεμονωμένων λαμπτήρων, μέσω εξασθένησης, μέσω εναλλαγής των εξαρτημάτων, κλπ.
- Έλεγχοι φωτισμού ημέρας με εξασθένηση λαμβάνοντας υπόψη το βάθος του χώρου, την εποχή κλπ.

Και συμπληρώνονται με τον πρόσφατο ASHRAE 90.1 2019 όπου ισχύουν:

- Υπάρχουν τροποποιημένα δικαιώματα ισχύος φωτισμού ανά χώρο και ανά τμήμα κτιρίου.
- Απλούστερη μέθοδος φωτισμού για εργολάβους και σχεδιαστές ανακαινισμένων γραφείων, κτιρίων και κτιρίων λιανικής μέχρι 2300 m².
- Πρόσφατες απαιτήσεις ελέγχου φωτισμού που αφορούν γκαράζ-χώρους στάθμευσης με χρήση LED.

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

- Απαιτήσεις απόκρισης στο φως ημέρας και ορισμός για συνεχή εξασθένιση σύμφωνα με NEMA⁶⁵ LSD-64-2014⁶⁶.
- Διευκρινιστικές απαιτήσεις πλευρικού φωτισμού και αναφορά εξαιρέσεων.

Το πρότυπο ASHRAE 90.1 χρησιμοποιείται ως ένας τρόπος υπολογισμού των ελάχιστων απαιτήσεων ενεργειακής απόδοσης. Στον σύγχρονο σχεδιασμό έργων στα νέα κτίρια όπως και στις ανακαινίσεις αποτελεί πρωταρχικό παράγοντα και περιλαμβάνεται στο πρόγραμμα πιστοποίησης κτιρίων LEED όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

Από τον Μάρτιο του 2020, οκτώ (8) περιοχές (Ελλάδα, Ρουμανία, Πορτογαλία, Ισπανία, Κύπρος, Ιρλανδία, Μίντλαντς-Αγγλία, Λονδίνο- Αγγλία) ακολούθησαν τις οδηγίες του ASHRAE 90.1, όπου μέσα σε αυτές το κομμάτι 9 αναφέρεται συγκεκριμένα στον φωτισμό. Όσον αφορά τον φωτισμό των γραφείων, ως επιτρεπόμενη στάθμη φωτισμού είναι τα 500lx, και επίπεδο αναφοράς μέτρησης 0,8 . Προτείνεται ακόμα, περιορισμός των φωτιστικών σωμάτων όπου η κατανομή του φωτός θεωρείται μη αποδοτική. Θα πρέπει δηλαδή η κατεύθυνση της φωτεινής ροής να είναι προς τα κάτω, στην επιφάνεια πάντα εκτέλεσης της εργασίας και ο δείκτης θάμβωσης UGR να έχει ως μέγιστη τιμή , την τιμή 19 (βλ.Παράρτημα1 Α/Α78 Ανοιχτοί γραφειακοί χώροι).

Πίνακας 13 Μέρος του Παραρτήματος 1

| α/α | ΧΡΗΣΗ ΧΩΡΟΥ | Em ένταση φωτισμού [lx] | Μέση Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m] | Δείκτης θάμβωσης UGR [-] | Ομοιομορφία φωτισμού Uo min/av. [-] |
|-----|---------------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| 78 | Ανοιχτοί γραφειακοί χώροι | 500 | 0.8 | 19 | 0.60 |

⁶⁵ Η NEMA είναι η ένωση κατασκευαστών ηλεκτρικού εξοπλισμού και ιατρικής απεικόνισης, που ιδρύθηκε το 1926 και έχει την έδρα της στο Rosslyn της Βιρτζίνια, <https://iaeimagazine.org/features/codes-standards/nema-publishes-nema-lsd-64-2014-lightin>

⁶⁶ Το LSD-64 ορίζει την ορολογία που σχετίζεται με ελέγχους για συστήματα φωτισμού και έχει σκοπό οι ορισμοί NEMA να αποτελέσουν τη βάση αναφοράς για όλα τα πρότυπα, τους κώδικες και τη νομοθεσία

5.3 WELL BUILDING STANDARD

Το WELL Building Standard αποτελεί το πρώτο πρότυπο κτηρίων που επικεντρώνεται στην υγεία και ευεξία των ανθρώπων μέσα στα κτήρια. Σύμφωνα με το **International Well Building Institute (IWBI)**, το WELL αποτελεί «το κορυφαίο πρότυπο για κτήρια, εσωτερικούς χώρους και κοινότητες που επιδιώκουν να εφαρμόσουν, να επικυρώσουν και να μετρήσουν χαρακτηριστικά που υποστηρίζουν και προωθούν την ανθρώπινη υγεία και ευεξία. Με άλλα λόγια, το WELL είναι ένα σύστημα αξιολόγησης με πρωταρχική έμφαση στην υγεία και την ευημερία των χρηστών του κτηρίου, το οποίο μελετάται. Αποτελεί το πρότυπο που για πρώτη φορά συνδέει την επιστημονική – ιατρική έρευνα για την υγεία των χρηστών, με την αρχιτεκτονική και τον σχεδιασμό. Διαθέτει 3 επίπεδα πιστοποίησης ‘Silver’, ‘Gold’ και ‘Platinum (Ασημί, Χρυσό και Πλατίνα)’. Απαιτείται επαναπιστοποίηση ανά 3 έτη έτσι ώστε το κτήριο να συνεχίζει να διατηρεί τις ευεργετικές επιδράσεις στους χρήστες του.

Χωρίζεται σε δύο κύριους τομείς:

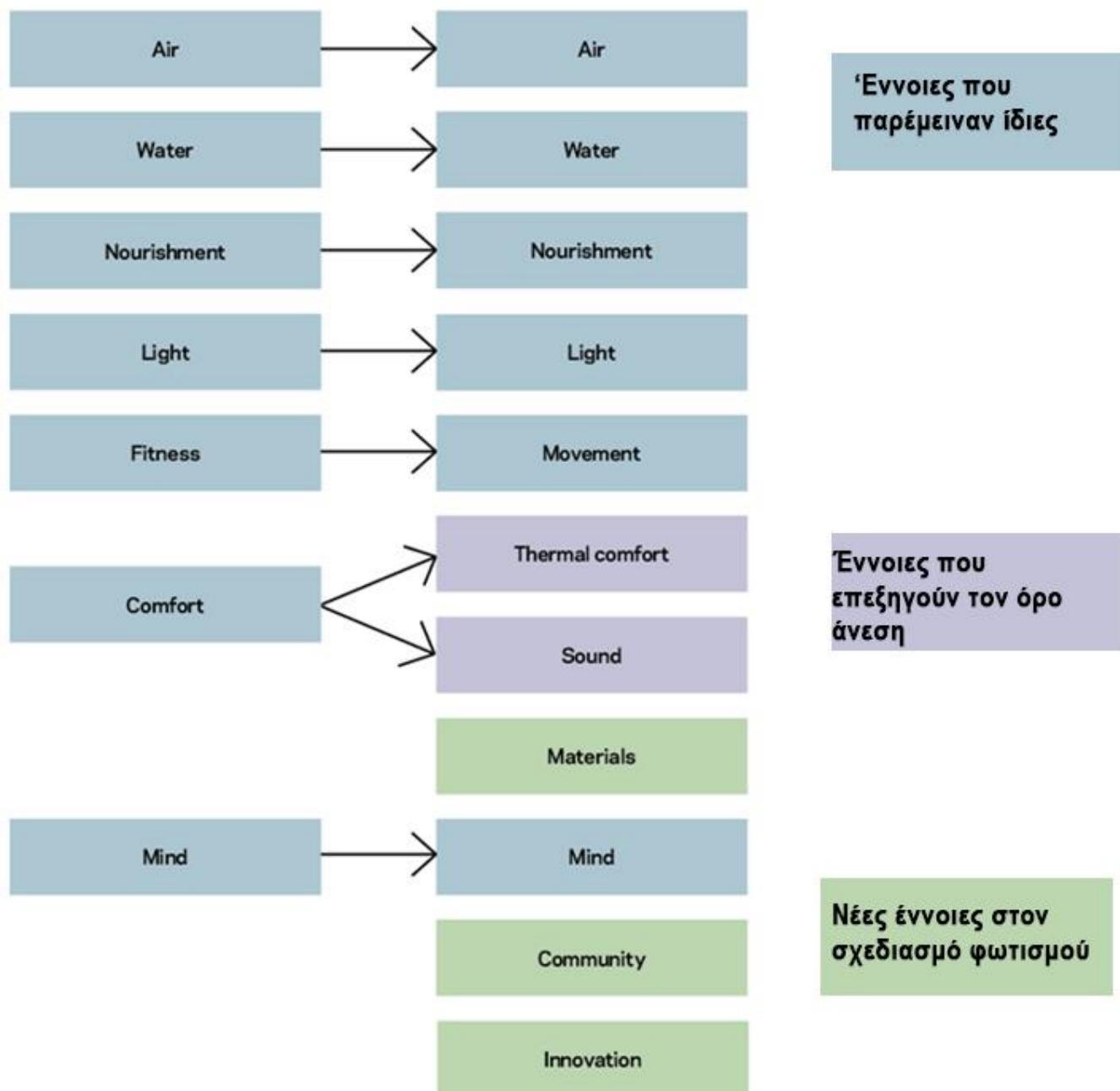
- Στο **WELL Core** όπου εξετάζει βασικούς παράγοντες κατασκευής και απευθύνεται σε άτομα που επιδιώκουν να αναβαθμίσουν το κτήριο με στόχο την ευζωία των χρηστών του. Στην παρακάτω εικόνα αναγράφονται οι αλλαγές όπου μπορούν να πραγματοποιηθούν προκειμένου το κτήριο να λάβει βελτιστοποίηση που του επιτρέπει να ανέβει στην κλίμακα βαθμολόγησης.

| | | | | | |
|------------------------|--|--------------------|---|------------------|--|
| Air | ■ VOC levels ■ Controls during construction phase ■ Air-quality monitoring | Movement | ■ Ergonomic workspaces ■ Encouraging stair or corridor use | Materials | ■ Controls on materials and cleaning products used |
| Thermal comfort | ■ Dehumidification to achieve required levels | Community | ■ Promoting education and stakeholder engagement | Mind | ■ Education and support for employees |
| Water | ■ Testing of water quality ■ Potential filtering requirements | Nourishment | ■ Standards to promote healthier diets | Light | ■ Shading and minimum standards for light |
| Innovation | ■ Innovation that goes above and beyond requirements | Sound | ■ Maximum noise levels and sound barriers ■ Sound mapping | | |

Εικόνα 42 Έννοιες WELL και μερικές τυπικές βελτιώσεις <https://www.building.co.uk/data/sustainability-the-well-standard/5102980.article>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

- Στο **WELL v2**, κάποιες έννοιες όπως η άνεση, αναθεωρούνται, ενώ προστίθενται και νέες έννοιες, όπως υλικά – κοινωνία - καινοτομία όπου χρήζουν περαιτέρω επιστημονικής έρευνας. Στην παρακάτω εικόνα αναγράφονται οι έννοιες όπως ήταν στο WELL(στην πρώτη στήλη) και στην δεύτερη πως διαμορφώθηκαν στο WELLv2. Με ανοιχτό μπλε είναι οι έννοιες που έμειναν ίδιες, με μωβ τα στοιχεία που επεξηγούν τον όρο άνεση, και με πράσινο τις νέες έννοιες που εισέρχονται στον σχεδιασμό.

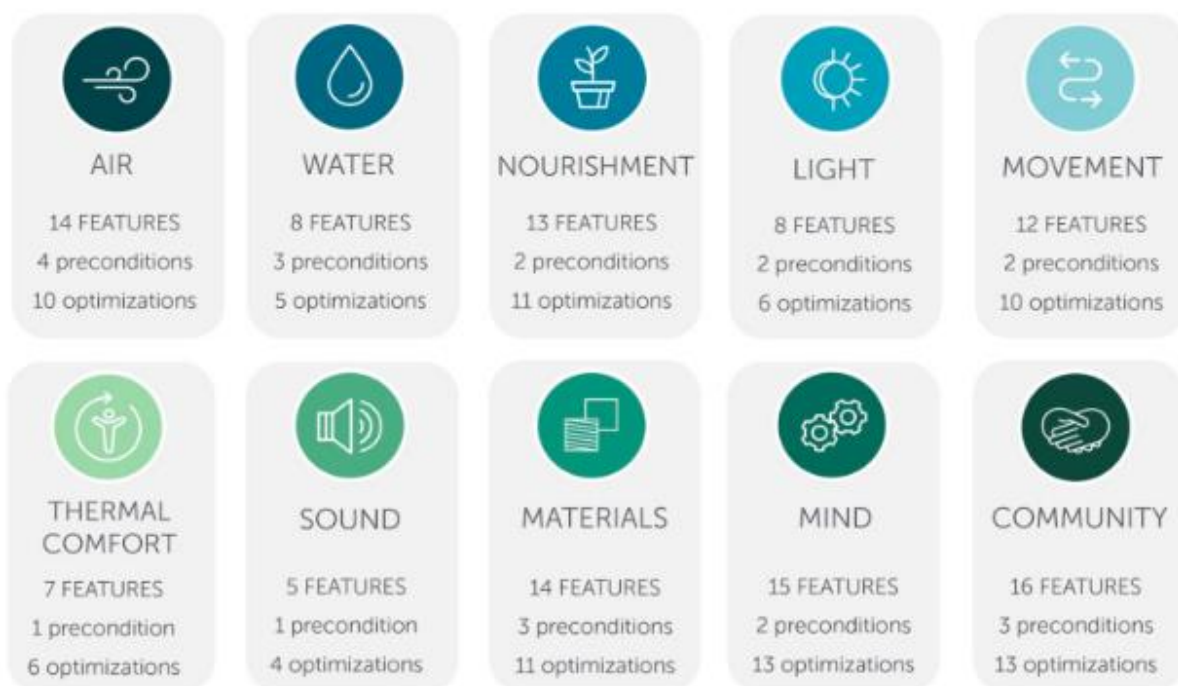


Εικόνα 43 Έννοιες WELL και WELL v2 <https://www.building.co.uk/data/sustainability-the-well-standard/5102980.article>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Σύμφωνα με την έρευνα «Future Workplace⁶⁷» όπου πραγματοποιήθηκε το 2019, από την εταιρεία Cundall⁶⁸, στους χώρους γραφείων της, του Λονδίνου, οι εργαζόμενοι ανέφεραν ότι σημαντικός παράγοντας για την καλή ψυχολογία τους αλλά και την απόδοσή τους, αποτελούσαν σε πρώτο στάδιο η καθαριότητα και η άνεση του χώρου, κι έπειτα η ποιότητα του αέρα παράλληλα με τον φωτισμό. Ύστερα από κάποιες αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν στο κτήριο αυτό, τα αποτελέσματα ήταν διακριτά:

- Ευημερία, αύξηση 25 μονάδων στο 76%
- Αίσθηση κοινωνικοποίησης, αύξηση 28 μονάδων στο 79%
- Συμμετοχικότητα, αύξηση 48 μονάδων στο 82%.
- Όπως επίσης αύξηση της παραγωγικότητας και της αποδοτικότητας των εργαζομένων



Copyright © 2019 by International WELL Building Institute (IWBI). All rights reserved.

Εικόνα 44 ΤΑ 10 ΣΗΜΕΙΑ ΤΟΥ WELLBEING <https://www.3blmedia.com/News/Well-Tip-Understanding-Comparison-Between-Well-V1-and-Well-V2-Pilot>

⁶⁷ <https://www.building.co.uk/data/sustainability-the-well-standard/5102980.article>

⁶⁸ <https://www.cundall.com/>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Συνεπώς, ένας σωστός σχεδιασμός φωτισμού, λαμβάνοντας υπ' όψιν τα σωστά επίπεδα φωτισμού του χώρου, τη σχεδίαση σύμφωνα με τον κερκάρδιο φωτισμό και θέτοντας το άτομο στο κέντρο της μελέτης, τη χρωματική απόδοση του χώρου, καθώς και την τοποθέτηση συστημάτων ελέγχου του φωτισμού, αποτελούν χαρακτηριστικά τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στην απόκτηση υψηλής βαθμολογίας για την τελική αξιολόγηση του πιστοποιητικού WELL. Το πρότυπο WELL μπορεί να λειτουργεί συμπληρωματικά με άλλα συστήματα αξιολόγησης πράσινων κτιρίων όπως το LEED ή το BREEAM. Το κάθε χαρακτηριστικό του WELL είναι σχεδιασμένο να αντιμετωπίζει ζητήματα που επηρεάζουν την υγεία και ευεξία, μέσω σχεδιασμού, λειτουργίας και συμπεριφοράς του κτιρίου.

ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ | WELL STANDARD v2.0 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Πίνακας 14 <https://www.youtube.com/watch?v=1ZSvow5xJ2M&t=358s>

| ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ (ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΑ) | ΠΕΡΙΛΗΨΗ | |
|--|---|---|
| ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ L01: Έκθεση στο φως και Εκπαίδευση | Παροχή στους χρήστες πρόσβαση στο φωτισμό εσωτερικού χώρου και εκπαίδευση σε αυτόν | ➔ΦΥΣΙΚΟ ΦΩΣ + ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ED |
| ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ L02: Απεικονιστικός σχεδιασμός φωτισμού | Παροχή οπτικής άνεσης και ενίσχυση της για όλους τους χρήστες μέσω του ηλεκτρικού φωτισμού | ➔ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ LTG ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ |
| ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ L03: Σχεδιασμός κερκάρδιου φωτισμού | Υποστήριξη της κερκάρδιας υγείας μέσω παρεμβάσεων με χρήση του ηλεκτρικού φωτισμού | ➔SPDs, μετρήσεις στα μάτια |
| ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ L04: Έλεγχος θάμβωσης | Ελαχιστοποίηση της οπτικής ενόχλησης που προκαλείται από τη λάμψη από το φως της ημέρας και το ηλεκτρικό φως. | ➔ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ |
| ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ L05: Ενίσχυση της πρόσβασης του φυσικού φωτός | Υποστήριξη της κερκάρδιας και ψυχολογικής υγείας μέσω της έκθεσης στο φως της ημέρας στους εσωτερικούς χώρους και της εξωτερικής θέας | ➔ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ SDA |
| ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ L06: Οπτική ομοιομορφία | Δημιουργία γενικού φωτισμού που ενισχύει την οπτική άνεση | ➔ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΦΩΤΕΙΝΟΤΗΤΑΣ |
| ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ L07: Ποιότητα ηλεκτρικού φωτισμού | Ενίσχυση της οπτικής άνεσης και ελαχιστοποίηση της φωτεινής | ➔CRI, TM-30 ΦΩΤΕΙΝΗ ΜΑΡΜΑΡΥΓΗ (flicker) |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

| | | |
|--|---|----------|
| | μαρμαρυγής με τη χρήση ηλεκτρικού φωτισμού | |
| ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ L08: Έλεγχος του γενικού φωτισμού από τους χρήστες | Παρέχει στους χρήστες πρόσβαση σε περιβάλλον φωτισμού προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις τους. | →ΕΛΕΓΧΟΙ |

Το WELL⁶⁹ προτείνει ελαχιστοποίηση της θάμβωσης που δημιουργείται από το φυσικό και τεχνητό φωτισμό για ένα πιο ευχάριστο και άνετο οπτικά περιβάλλον εργασίας. Για γενικό φωτισμό συστήνει επίπεδα έντασης 215-300 lux, σε αντίθεση με τη συνήθη πρακτική να χρησιμοποιείται γενικός φωτισμός των 500 lux ο οποίος προκαλεί οπτική δυσφορία και αύξηση της κατανάλωσης ρεύματος.⁷⁰ Είναι όμως απαραίτητο ο κάθε εργαζόμενος να διαθέτει πρόσβαση ανά πάσα στιγμή σε δικό του φωτιστικό γραφείου, το οποίο ο ίδιος θα μπορεί να ρυθμίζει την ένταση που επιθυμεί. Επειδή το φως επηρεάζει το βιολογικό ρολόι το WELL καθιερώνει τις ελάχιστες απαιτήσεις μελανοπικής έντασης φωτός για τη διατήρηση υγιούς κιρκάδιου ρυθμού. Συστήνεται η έκθεση στο φως της ημέρας κατά τις πρωινές ώρες για το συγχρονισμό του κιρκάδιου ρυθμού. Η θέση εργασίας πρέπει να έχει θέα στο εξωτερικό περιβάλλον και να επιτρέπεται η είσοδος του φυσικού φωτισμού στον εργασιακό χώρο μέσω των ανοιγμάτων του κτηρίου. Με τον τεχνητό φωτισμό μετά από σωστή σχεδίαση και τη χρήση διαφορετικών φωτιστικών σωμάτων με ρυθμιζόμενη ένταση και SPD επιτυγχάνονται τα κατάλληλα επίπεδα CS. Έτσι τις πρωινές ώρες θα πρέπει να παρέχεται φως υψηλής θερμοκρασίας χρώματος-ψυχρό λευκό- με αυξημένη ποσότητα του SPD στην περιοχή του μπλε, τις επόμενες ώρες μέχρι να βραδιάσει χαμηλότερης θερμοκρασίας χρώματος -ουδέτερο λευκό- και κατά το βράδυ ακόμα χαμηλότερης θερμοκρασίας χρώματος δημιουργώντας θερμό λευκό φωτισμό με αυξημένη ποσότητα SPD στην περιοχή του κίτρινου και ερυθρού. Το πρότυπο WELL απαιτεί τη χρήση περισσότερου και ψυχρότερου φωτός για την ενίσχυση των κιρκάδιων ρυθμών. Τις βραδινές όμως ώρες θα πρέπει να αποφεύγονται τα υψηλά επίπεδα φωτισμού και ο ψυχρός φωτισμός για αυτό ο φωτισμός δεν πρέπει να είναι στατικός, αλλά οι συνθήκες του φωτισμού θα πρέπει να είναι κυμαινόμενες και να επιτρέπεται η ρύθμιση του κατάλληλου επιπέδου φωτισμού καθώς και των θερμοκρασιών χρώματος με την πάροδο του χρόνου. Πιο ψυχρό λευκό φως με υψηλότερη ένταση βοηθά στην αφύπνιση των αισθήσεων. Επίσης και οι εποχές θα πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν, έτσι κατά τη διάρκεια του χειμώνα που είναι πιο σκοτεινά θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα για περισσότερο τεχνητό φωτισμό ακόμα και κατά τη διάρκεια της ημέρας. Επίσης το πρότυπο WELL απαιτεί από τις εταιρείες να ενημερώνουν και να εκπαιδεύουν το προσωπικό τους σχετικά με τη σημασία και τα οφέλη του καλού φωτισμού. Επειδή ο φυσικός φωτισμός συνδέεται άμεσα με την ψυχική υγεία είναι βασικό τα κτήρια να έχουν επάρκεια σε φυσικό φωτισμό. Κτήριο διαμορφωμένο με διάταξη open plan χωρίς διαχωριστικά επιτρέπει τη διείσδυση του φυσικού φωτός σε μεγάλο βάθος εξυπηρετώντας και περισσότερους χρήστες.

⁶⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=1ZSvow5xJ2M&t=358s>

⁷⁰ <http://buildinggreen.gr/well-building-standard-to-epomeno-kefalaio-sta-ktiria/>

5.4 ΜΕΛΑΝΟΠΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Εκτός από τα στοιχεία που είναι υπεύθυνα για την ανθρώπινη όραση, το ανθρώπινο μάτι περιέχει επίσης μη οπτικούς φωτοϋποδοχείς που έχουν αισθητή επίδραση στον κερκάρδιο ρυθμό. Αυτοί οι υποδοχείς ελέγχουν τις ορμονικές ισορροπίες, ειδικά αυτή της μελατονίνης, η οποία είναι υπεύθυνη για τη ρύθμιση αφύπνισης/ύπνου. Ως μέτρο για την μέτρηση των βιολογικών αυτών επιδράσεων του φωτός στους ανθρώπους ορίζεται το Melanopic Lux (EML). Η συγκεκριμένη μονάδα μέτρησης προτάθηκε⁷¹ από τον Lucas και τους συνεργάτες του, μέσα από την έρευνα 'Measuring and using light in the melanopsin age'.⁷²

Έτσι λοιπόν κάθε φάσμα φωτός -σχετίζεται με μια σταθερά. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει την αναλογία μελανοπικού lx / φωτοπικού lx.

Πίνακας 15 Melanopic lux

| CCT(K) | Light Source | Ratio (R) |
|--------|----------------------|-----------|
| 2700 | LED | 0.45 |
| 3000 | Φθορισμού | 0.45 |
| 2800 | Πυρακτώσεως | 0.54 |
| 4000 | Φθορισμού | 0.58 |
| 4000 | LED | 0.76 |
| 5450 | CIE E (Equal Energy) | 1.00 |
| 6500 | Φθορισμού | 1.02 |
| 6500 | Daylight | 1.10 |
| 7500 | Φθορισμού | 1.11 |

Το μελανοπικό lx (EML),δίνεται από την σχέση:

$$EML = L \times R$$

Όπου :

L η τιμή των lx που υπολογίζονται στον χώρο όπου μελετάται (E_v)

R οι αναγραφόμενες τιμές του παραπάνω πίνακα

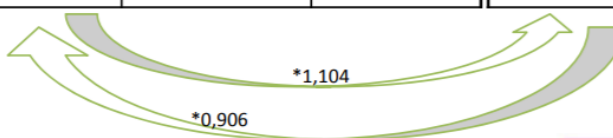
Στον επόμενο πίνακα (Εικ. 45), φαίνεται ξεκάθαρα η σχέση φωτοπικού και μελανοπικού φωτισμού ανάλογα το φάσμα των πηγών.

⁷¹ <http://lucasgroup.lab.manchester.ac.uk/research/measuringmelanopicilluminance/>

⁷² <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4699304/pdf/nihms699742.pdf>

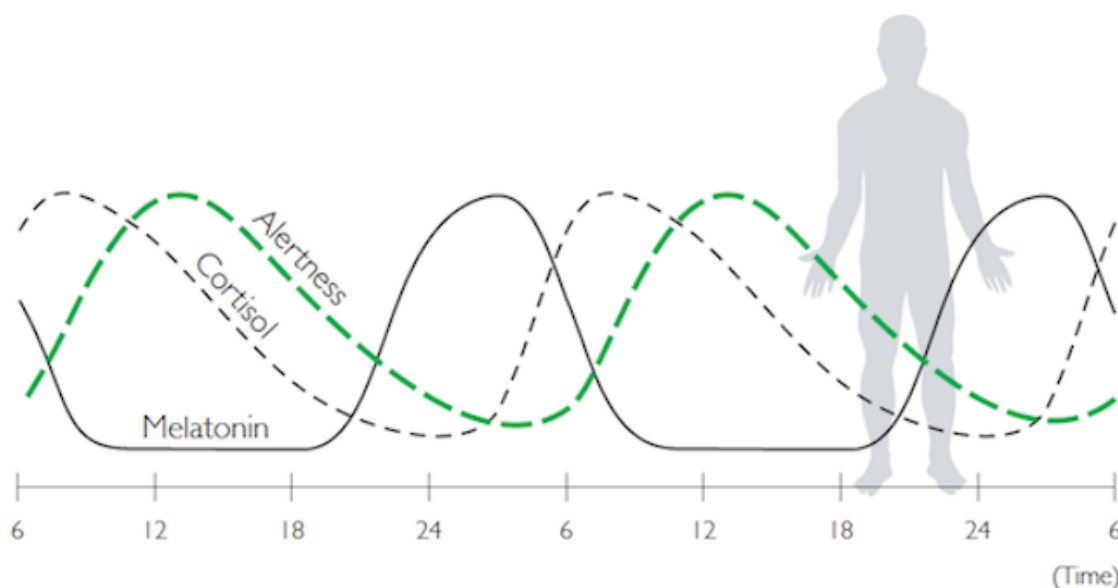
Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

| illuminant | Photopic illuminance E_V | Melanopic daylight-equivalent illuminance $E_{v, mel, D65}$ | Conversion factor $m_{v, mel, D65} = E_{v, mel, D65} / E_V$ | Melanopic irradiance $E_{e, mel}$ | melanopic lux (Lucas' Irradiance Toolbox) |
|---|----------------------------|---|---|-----------------------------------|---|
| Std. illuminant A (CCT= 2856 K) | 1000 lx | 496 lx | 0,496 | 0,658 W/m ² | 547 |
| Fluorescent type CIE F10 (FL, CCT= 5000 K) | 1000 lx | 683 lx | 0,683 | 0,906 W/m ² | 754 |
| Fluorescent type CIE F12 (FL, CCT= 3000 K) | 1000 lx | 404 lx | 0,404 | 0,535 W/m ² | 445 |
| Std. illuminant D65 (daylight CCT= 6500 K) | 1000 lx | 1000 lx | 1,000 | 1,326 W/m² | 1104 |
| illuminant P (candle light) | 1000 lx | 267 lx | 0,267 | 0,355 W/m ² | 295 |
| LED, white (CCT= 3075 K) | 1000 lx | 427 lx | 0,427 | 0,553 W/m ² | 472 |
| LED, white (CCT= 5400 K) | 1000 lx | 787 lx | 0,787 | 1,044 W/m ² | 869 |
| LED, white (CCT= 6535 K) | 1000 lx | 800 lx | 0,800 | 1,062 W/m ² | 883 |
| High CCT Fluorescent (CCT= 8000 K) | 1000 lx | 957 lx | 0,957 | 1,269 W/m ² | 1056 |



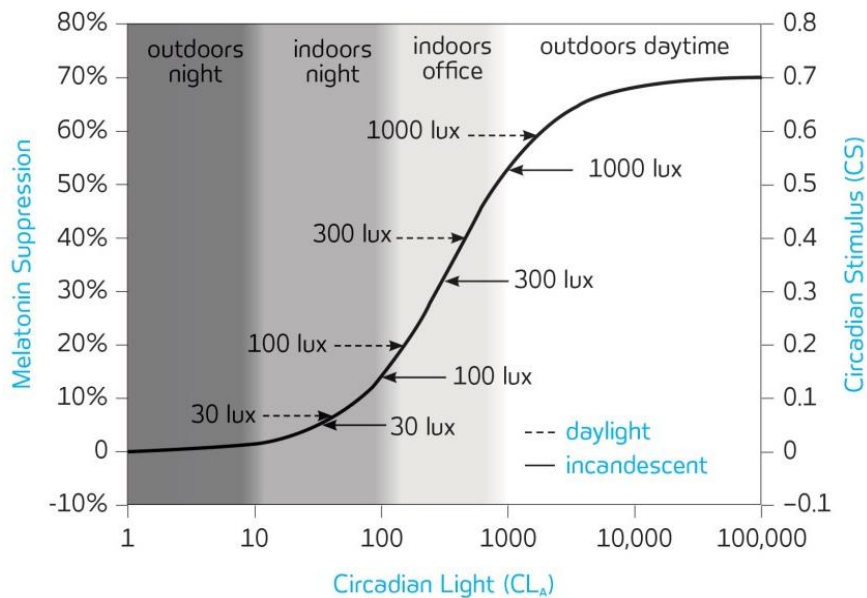
Εικόνα 45 Παράδειγμα για Μελανοπικό ισοδύναμο φωτισμό ημέρας $E_{v, mel, D65}$ <http://lightingforpeople.eu/2016/wp-content/uploads/2016/10/Day-light-related-metrics-for-human-centric-lighting.pdf>

Το EML στην ουσία μεταφράζει πόσο το φάσμα μιας πηγής φωτός διεγείρει τα φωτοευαίσθητα κύτταρα και επηρεάζει το κερκάδιο σύστημα. Ένας κατάλληλος φωτισμός βελτιώνει την ποιότητα ζωής. Η χρήση κατάλληλων επιπέδων μελανοπικού φωτισμού βελτιώνει την ευημερία των χρηστών, συμβάλλοντας στη καλή υγεία και λειτουργία του οργανισμού τους, κάνει τα άτομα πιο δραστήρια και βελτιώνει την συγκέντρωσή τους. Επιπλέον, σε περίπτωση ασθένειας ο συγκεκριμένος τρόπος φωτισμού βοηθάει στη γρήγορη ανάρρωση, χαλαρώνει το άτομο από το άγχος και βελτιώνει τον φυσικό κύκλο ύπνου/αφύπνισης του σώματος.



Εικόνα 46 Επίπεδα μελατονίνης και κορτιζόλης στο άτομο <https://www.parans.com/the-circadian-rhythm-in-balance/>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)



Εικόνα 47 Απεικόνιση Σχέσης κηκκάδιου ερεθίσματος με κηκκάδιο φωτισμό <https://lightglasslighting.com/circadian-lighting-vs-color-tuning/>

Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει τις συστάσεις που δίνονται από το **WELL Building Standard**, (σε συνδυασμό με το DIN SPEC 5031-100) και τις κατευθυντήριες γραμμές του Κέντρου Έρευνας Φωτισμού (LRC). Οι συστάσεις επισημαίνονται με κίτρινο χρώμα. οι υπόλοιπες μετρήσεις στον πίνακα επεξεργάζονται με βάση αυτές. Τα κοινά στοιχεία των δύο αυτών κανονισμών είναι η προτεινόμενη ελάχιστη τιμή για τον μελανοπικό φωτισμό $EML=200 \text{ Lux}^{73}$ και η ικανοποιητική ελάχιστη τιμή του κηκκάδιου ερεθίσματος με την τιμή $CS=0.3$.

⁷³ <https://lledoenergia.es/en/daylighting-metrics-eml/>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

| WELL Building Standard | | | | |
|---|--------------------------------|-------------------------|---|-----------------|
| Melanopic Daylight Equivalent Illuminance MDEI (lux) | Equivalent Melanopic Lux (EML) | Circadian Stimulus (CS) | Photopic illuminance D65 (lux) – see note 1 | Remarks |
| 181 | 200 | 0.30 | 181 | v1 – see note 2 |
| 136 | 150 | 0.25 | 136 | v1 – see note 3 |
| 217 | 240 | 0.34 | 217 | v2 – see note 3 |
| 163 | 180 | 0.28 | 163 | v2 – see note 3 |
| 109 | 120 | 0.21 | 109 | v2 – see note 3 |
| DIN SPEC 67600 (in conjunction with DIN SPEC 5031-100) | | | | |
| Melanopic Daylight Equivalent Illuminance MDEI (lux) | Equivalent Melanopic Lux (EML) | Circadian Stimulus (CS) | Photopic illuminance D65 (lux) – see note 1 | Remarks |
| 239 | 264 | 0.35 | 239 | See note 4 |
| 99 | 109 | 0.19 | 99 | See note 4 |
| Lighting Research Center guidelines | | | | |
| Melanopic Daylight Equivalent Illuminance MDEI (lux) | Equivalent Melanopic Lux (EML) | Circadian Stimulus (CS) | Photopic illuminance D65 (lux) – see note 1 | Remarks |
| 180 | 199 | 0.3 | 180 | See note 5 |

Εικόνα 48 Πίνακας συστάσεων WELL Building Standard, DIN SPEC 67600 <https://www.thelightreviewonline.com/circadian-lighting-youre-asking-the-wrong-question/>

5.5 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΓΡΑΦΕΙΟΥ Helvar Espoo ⁷⁴

Ένα σύγχρονο παράδειγμα μελέτης φωτισμού γραφείων αποτελεί το Helvar Espoo, στο Keilaniemi, μια πολυώροφη επιχειρηματική κατασκευήπεριοχή, κοντά στο κέντρο του Ελσίνκι, της Φινλανδίας. Πρόκειται για μια εταιρεία που ασχολείται με τον φωτισμό και έχει σχεδιάσει τους χώρους της με σύγχρονα καινοτόμα προϊόντα φωτισμού, στοχευμένα στις ανάγκες των χρηστών της.

Για τον φωτισμό του χώρου υποδοχής των γραφείων, η εταιρεία τοποθέτησε κρυφό φωτισμό, όπου χάρη στην υφασμάτινη επιφάνεια που το κάλυπτε, μπορούσε να απλωθεί **ομοιόμορφα** μέσα στον χώρο. Για τον χώρο αυτόν χρησιμοποιήθηκε λευκός φωτισμός, ο οποίος μπορούσε να ρυθμιστεί σε θερμοκρασία χρώματος από 3000 K έως 6500 K και σε ένταση από 0% έως 100%, ανάλογα με την ώρα της ημέρας ή την απαιτούμενη ατμόσφαιρα. Τα επίπεδα φωτισμού μπορούσαν επίσης να ρυθμιστούν και χάρη στην οθόνη αφής ILLUSTRIS ή την εφαρμογή SceneSet για κινητά ενσωματωμένη στο σύστημα ελέγχου φωτισμού Helvar Imagine.



Εικόνα 49 Εσωτερικός χώρος Γραφείων Helvar

Στον υπόλοιπο χώρο, η εταιρεία σχεδίασε τον φωτισμό σύμφωνα με τον **κικράδιο ρυθμό**. Έτσι λοιπόν ο φωτισμός του χώρου ξεκινά να φωτίζεται στην μέγιστη έντασή του (100%) και θερμοκρασία χρώματος στα 6500K και καταλήγει στον κλείσιμο της ημέρας με θερμοκρασία χρώματος 3000K .

Με τον τρόπο αυτόν επιτυγχάνεται η δημιουργία ενός χώρου όπου μέσα σε αυτόν ο χρήστης στο ξεκίνημα της ημέρας θα βρίσκεται σε εγρήγορση και η απόδοσή του θα είναι στα μέγιστα επίπεδα, ενώ στο τέλος της ημέρας ο φωτισμός θα τον βοηθάει να χαλαρώνει ρίχνοντας τους σφυγμούς του. Όλο αυτό επιτυγχάνεται από τους αισθητήρες φωτός, οι οποίοι απενεργοποιούν τον φωτισμό σταδιακά όταν δεν χρησιμοποιείται ο χώρος και τον χαμηλώνουν όταν το εξωτερικό φως παρέχει φυσικό φωτισμό μέσα σε αυτό. Επιπλέον, έχει τοποθετηθεί ένα σύστημα ελέγχου φωτισμού το οποίο συλλέγει και αποθηκεύει διαρκώς πληροφορίες σχετικές με τις προτιμήσεις των χρηστών του χώρου, κατευθύνοντας την λειτουργία του φωτισμού μέσω ενός αλγορίθμου. Έχει ακόμα τοποθετηθεί για κάθε χρήστη ένας ασύρματος διακόπτης ρύθμισης φωτισμού, ελέγχοντας έτσι ο κάθε ένας τον φωτισμό που επιθυμεί. Έτσι δημιουργείται το αίσθημα **ικανοποίησης** των χρηστών και η **προσωπική άνεση**. Σημαντικό είναι και το γεγονός ότι ο σχεδιασμός αυτός έχει μελετηθεί και ενεργειακά, αφού δεν καταναλώνεται περισσότερη ενέργεια από αυτή που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί κάθε φορά.

Στην αίθουσα συσκέψεων έχει τοποθετηθεί πίνακας ελέγχου όπου κάθε φορά που χρειάζεται να πραγματοποιηθεί κάποια παρουσίαση, με το πάτημα ενός κουμπιού τα φώτα του χώρου χαμηλώνουν – σβήνουν. Υπάρχει ακόμα και η επιλογή φωνητικής ρύθμισης φωτισμού σε επιλεγμένους χώρους, γεγονός που εντυπωσιάζει και ευχαριστεί τους χρήστες.

⁷⁴ <https://helvar.com/case-studies/office/helvar-hq-finland/>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΕ ΧΩΡΟΥΣ ΓΡΑΦΕΙΩΝ

Στο κεφάλαιο αυτό θα πραγματοποιηθούν 3 μελέτες φωτισμού, οι οποίες θα ακολουθούν τους περιορισμούς (ενεργειακούς – σχεδιαστικούς) που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια. Ο χώρος όπου θα μελετηθεί ως προς τον φωτισμό του, λειτουργεί ως χώρος γραφείων σε καθημερινή βάση, από Δευτέρα ως Παρασκευή. Το σενάριο λειτουργίας παρουσιάζεται στον Πίνακα 16.

Πίνακας 16 Τυπικό ωράριο λειτουργίας κτηρίων ανά χρήση ⁷⁵

| Βασικές κατηγορίες κτηρίων | Χρήσεις κτηρίων ή θερμικών ζωνών | Ώρες λειτουργίας | Ημέρες λειτουργίας ανά εβδομάδα | Περίοδος λειτουργίας σε μήνες |
|----------------------------|----------------------------------|------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| ΧΩΡΟΙ ΓΡΑΦΕΙΩΝ | ΓΡΑΦΕΙΑ | 10.00-20.00 | 05 | 12 |

Η πρώτη μελέτη φωτισμού πραγματοποιείται σύμφωνα με τους ενεργειακούς περιορισμούς, όπως αυτοί αναγράφονται στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.. Η δεύτερη μελέτη πραγματοποιείται με επιπλέον περιορισμούς, οι οποίοι αφορούν το σχεδιαστικό κομμάτι – τον σχεδιασμό ανά επιφάνεια εργασίας, και η τρίτη σύμφωνα με την διαμόρφωση φωτισμού που θέλει ο μελετητής να επιτύχει από το στάδιο της ιδέας έως και την εφαρμογή – επιλογή των φωτιστικών στον χώρο. Η τρίτη μελέτη φωτισμού έχει να κάνει ουσιαστικά με την υλοποίηση της ιδέας ως αίσθηση του χώρου που έχει σκοπό ο μελετητής να επιτύχει.

⁷⁵ Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017

http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/GR_ENERGEIAS/kenak/files/TOTEE_20701-1_2017_TEE_1st_Edition.pdf

6.1 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 1 | ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ

Στην συγκεκριμένη προσέγγιση θα μελετηθεί ο χώρος γραφείων σύμφωνα και μόνο με τους ενεργειακούς κανονισμούς που προαναφέρθηκαν στο πρώτο κεφάλαιο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας.

Βάση των στοιχείων του Πίνακα 14 ένα κτήριο γραφείων καταναλώνει καθημερινά μεγάλη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας αφού λειτουργεί 10 ώρες την ημέρα, δηλαδή σχεδόν 2400 ώρες για έναν τυπικό χρόνο. Η ανάγκη για έναν καλύτερο σχεδιασμό φωτισμού που θα αποφέρει χαμηλότερη ενεργειακή κατανάλωση είναι σημαντική.

Συνεπώς, θα πρέπει να τηρηθούν κάποιες προδιαγραφές που αναφέρθηκαν ήδη σε προηγούμενα κεφάλαια:

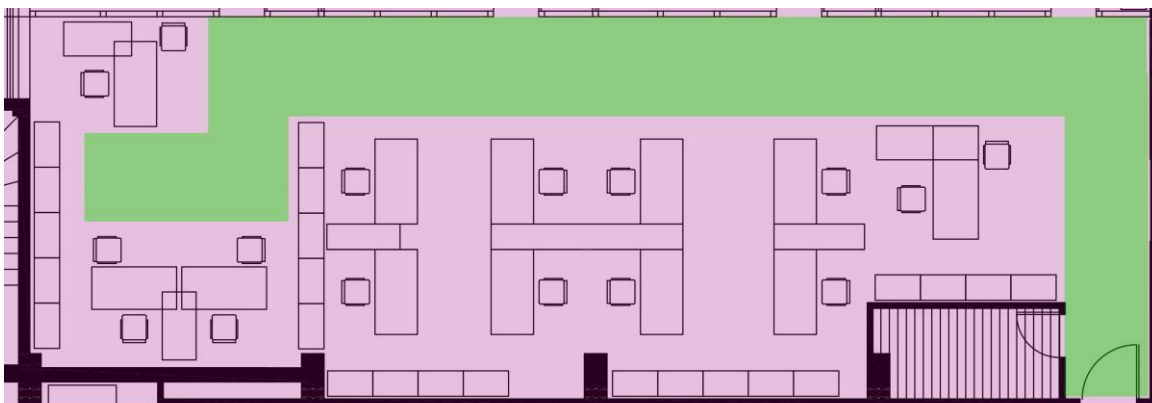
- Τα ελάχιστα όρια έντασης φωτισμού στα σημεία εργασίας να είναι 500lx.
- Η απόδοση των φωτιστικών να είναι μεγαλύτερη από 60lm/W.
- Τα φωτιστικά όπου θα φωτίζουν τις επιφάνειες των γραφείων να παρέχουν ημι-άμεσο φωτισμό, με ποσοστό κατεύθυνσης της φωτεινής ροής προς τα κάτω όχι μικρότερο του 70%.
- Και η επιτρεπόμενη θερμοκρασία των λαμπτήρων να κυμαίνεται από 2700K-4200K.

Έτσι λοιπόν, ο φωτισμός του συγκεκριμένου χώρου γραφείων μελετήθηκε ως εξής:

Σε πρώτη φάση, αφού πρόκειται για έναν ενιαίο χώρο γραφείων, διαχωρίστηκαν οι ζώνες λειτουργίας σε

- Ζώνη κινητικότητας.
- Ζώνη θέσης γραφείων (με ελάχιστη απαραίτητη τιμή για τις επιφάνειες εργασίας τα 500lx).

Ο λόγος που έγινε αυτό είναι για να υπάρχει καλύτερος έλεγχος φωτισμού και να μην ξοδεύεται περισσότερη ενέργεια σε σημεία που δεν είναι αναγκαία για υψηλή ένταση φωτός.

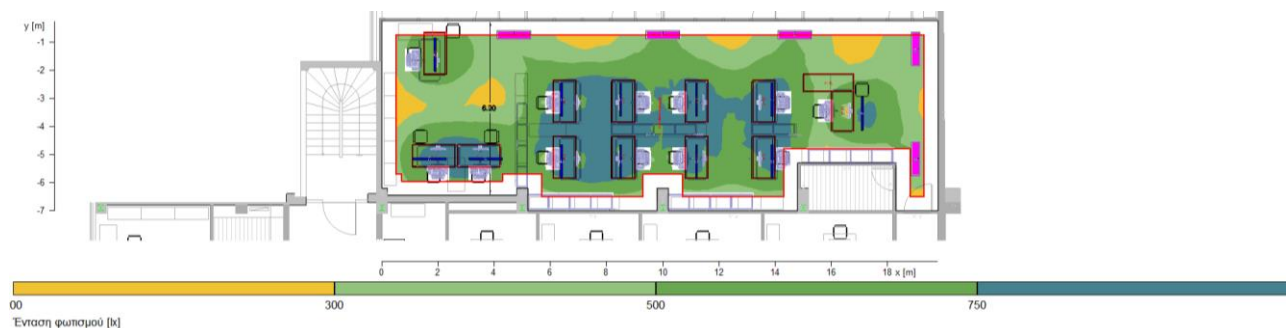


■ Ζώνη Κινητικότητας ■ Ζώνη Γραφείων

Εικόνα 50 Κατοψική απεικόνιση Ζώνης Κινητικότητας και Ζώνης Γραφείων

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Έτσι λοιπόν, εξετάζονται η **Μέση ένταση φωτισμού (Em)**, η οποία θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 500lx, **το ποσοστό απόκλισης της Έντασης Φωτισμού** από αυτή που ορίζει ο κανονισμός της ΤΟΤΕΕ με το τελικό αποτέλεσμα της μελέτης να μην ξεπερνά το 20%, **η ενεργειακή απόδοση**, καθώς και **ο τύπος φωτιστικών** που χρησιμοποιούνται.



Εικόνα 51 Μελέτη 1 | Κατοψική απεικόνιση αποτελεσμάτων Έντασης φωτισμού

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Τα αποτελέσματα αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 17 Μελέτη 1, Προσπάθεια 2


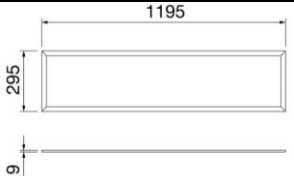
| | Em | Απόκλιση Έντασης Φωτισμού | Ενεργειακή Απόδοση lm/W | Φωτισμός Φωτιστικών πάνω/κάτω | Ισχύς ανά 100lx |
|--|--------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Τι ορίζει η ΤΟΤΕΕ | >500lx | <20% | >60lm/W | 30%/70% | <2,0 |
| Αποτελέσματα Φωτομετρικής Μελέτης | 576lx | (576-500)/500= 15,2% < 20% | 135lm/W | 30%/70% | 0,95W/m ² /100lx |

Ο ΚΕΝΑΚ αναφέρει ότι για εσωτερικούς χώρους ύψους έως και 3m, η τιμή W/m²/100lx δεν θα πρέπει να υπερβαίνει την τιμή **2,0**. Βάση των αποτελεσμάτων από το πρόγραμμα ReLux, για τον συγκεκριμένο χώρο εμβαδού 124,36m² η τιμή είναι 0.95W/m²/100lx, τιμή **μικρότερη** του 2, επομένως, έως αυτό το σημείο πληρούνται όλες αυτές οι προϋποθέσεις.

Βάση του παραπάνω Πίνακα παρατηρείται ότι τα αποτελέσματα από την συγκεκριμένη μελέτη φωτισμού είναι μέσα στα όρια που ορίζει η ΤΟΤΕΕ. Τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιήθηκαν για την Μελέτη φωτισμού σύμφωνα με τους ενεργειακούς διακανονισμούς είναι τα εξής:

Για την Ζώνη Κίνησης:

Πίνακας 18 Χαρακτηριστικά Φωτιστικού Σώματος Για την Ζ.Κ.

|  GWF1610LN840+GWS2992 Ceiling recessed luminaire ELIA PL Αριθμός Τεμαχίων : 5 | | |
|---|---|---|
|  | Μήκος: 1195 mm Πλάτος: 295 mm Ύψος: 9 mm | |
| Συνολική ισχύς συστήματος: 33 W | Απόδοση φωτιστικού: 121,21 lm / W | Κατεύθυνση διανομής φωτεινής ροής ↓ 98,2% ↑ 1,8% |
| Συνολική φωτεινή ροή: 4000 lm | Θερμοκρασία χρώματος 4.000 K (Ουδέτερο Λευκό) | Λειτουργία DALI |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Για την Ζώνη Γραφείων:

Πίνακας 19 Χαρακτηριστικά Φωτιστικού Σώματος Για την Ζ.Γ.

| LGTUP PEN1186-1600 LED6000-840 Q51 Αριθμός Τεμαχίων : 12 | | |
|---|---|---|
| Διάρκεια Ζωής Λαμπτήρων L80 50.000H | Μήκος: 1186 mm Πλάτος: 68 mm Ύψος: 58 mm | |
| Συνολική ισχύς συστήματος: 43 W | Απόδοση φωτιστικού: 139,53 lm / W | Κατεύθυνση διανομής φωτεινής ροής ↓ 70,1% ↑ 29,9% |
| Συνολική φωτεινή ροή: 4000 lm | Θερμοκρασία χρώματος 4.000 K (Ουδέτερο Λευκό) | Λειτουργία DALI |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

6.2 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 2 | ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΑΝΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στην συγκεκριμένη μελέτη θα εξετασθούν επιπλέον στοιχεία που συμβάλλουν στην δημιουργία καλής ποιότητας φωτισμού και στην επίτευξη ενός ευχάριστου περιβάλλοντος εργασίας για τους χρήστες.

Εκτός από:

- Τα ελάχιστα όρια έντασης φωτισμού στα σημεία εργασίας,
- Την απόδοση των φωτιστικών σωμάτων,
- Τα φωτιστικά όπου θα φωτίζουν τις επιφάνειες των γραφείων,
- Και την επιτρεπόμενη θερμοκρασία των λαμπτήρων,

Θα εξετασθούν επίσης και :

- Ο δείκτης θάμβωσης UGR < 19.
- Ο δείκτης ομοιομορφίας $U_o > 0.6$.
- Ο χρωματικός δείκτης να είναι CRI > 80.
- Η μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού (E_z), για χώρους γραφείων όπου ορίζονται (σύμφωνα με το EN 12464-1) ως ελάχιστη τιμή τα 150lx.

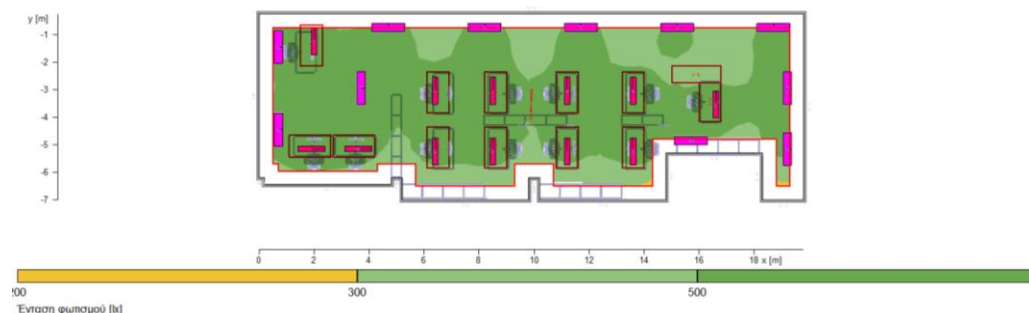
Συνεχίζοντας την τελευταία μελέτη, τα αποτελέσματα για τα στοιχεία αυτά είναι:

Πίνακας 20 Μελέτη 2, Προσπάθεια 1

| | Μέση ένταση φωτισμού $E_m [lx]$ | Απόκλιση Έντασης Φωτισμού | Ενεργειακή Απόδοση lm/W | Δείκτης Θάμβωσης (UGR) | Δείκτης Ομοιομορφίας (U_o) min/av. [-] | Χρωματικός δείκτης (CRI) | Μέση Κυλινδρική Ένταση Φωτισμού (E_z) | Φωτισμός Φωτιστικών πάνω/κάτω |
|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|--|--------------------------|---|-------------------------------|
| Τι ορίζει η ΤΟΤΕΕ | >500lx | <20% | >60lm/W | <19 | >0,6 | >80 | >150lx | 30%/70% |
| Αποτελέσματα Φωτομετρικής Μελέτης | 576lx | (576-500)/500= 15,2% < 20% | 135lm/W | ≤ 18,8 | 0,36 | >80 | 217lx | 30%/70% |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Γίνεται αντιληπτό ότι προκειμένου η μελέτη αυτή να είναι αποτελεσματική θα πρέπει ο δείκτης ομοιομορφίας (U_o) να είναι μεγαλύτερος από 0.6, κάτι το οποίο στην προκειμένη περίπτωση δεν ισχύει. Επομένως θα πρέπει είτε να προστεθεί κι άλλο φωτιστικό σώμα, είτε να αντικατασταθούν τα φωτιστικά σώματα που ήδη χρησιμοποιήθηκαν με νέα χαμηλότερης έντασης φωτισμού. Επειδή από την Μελέτη 1, (με επιπλέον φωτιστικά) υπήρχε υπέρβαση του ορίου της απόκλισης της Έντασης Φωτισμού, στην μελέτη αυτή θα παραμείνουν τα φωτιστικά σώματα της ζώνης κινήσεως ενώ θα χρησιμοποιηθούν νέα φωτιστικά σώματα μικρότερης λαμπρότητας από την ήδη υπάρχουσα, για την ζώνη των γραφείων.



Εικόνα 52 Μελέτη 2 | Κατοψική απεικόνιση αποτελεσμάτων Έντασης φωτισμού, προσπάθεια 1

Επομένως προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 21 Μελέτη 2, Προσπάθεια 2

| | Μέση ένταση φωτισμού $E_m [lx]$ | Απόκλιση Έντασης Φωτισμού | Ενεργειακή Απόδοση lm/W | Δείκτης Θάμβωσης (UGR) | Δείκτης Ομοιομορφίας (U_o) min/av. [-] | Χρωματικός δείκτης (CRI) | Μέση Κυλινδρική Ένταση Φωτισμού (E_z) | Φωτισμός Φωτιστικών πάνω/κάτω |
|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|--|--------------------------|---|-------------------------------|
| Τι ορίζει η ΤΟΤΕΕ | >500lx | <20% | >60lm/W | <19 | >0,6 | >80 | >150lx | 30%/70% |
| Αποτελέσματα Φωτομετρικής Μελέτης | 544lx | (544-500)/500= 8,8% < 20% | 130 lm/W | ≤ 18,8 | 0,61 | >80 | 328lx | 15,3%/84,7% |

Σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ, η μέση στάθμη του φωτισμού (lx) δεν θα πρέπει να ξεπερνάει το 20% των ανωτέρω τιμών της ελάχιστης στάθμης. Συνεπώς, η απόκλισή είναι 8,8%. Όσον αφορά τον δείκτη ομοιομορφίας U_o θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 0.60 ($0.61 > 0.60$), και ο δείκτης θάμβωσης να μην υπερβαίνει την τιμή 19. Έως εδώ όλες αυτές οι προϋποθέσεις πληρούνται. Στην συνέχεια εξετάστηκε αν το αποτέλεσμα της ενεργειακής απόδοσης του χώρου είναι μέσα στα όρια ($130lm/W > 60lm/W$).

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Έπειτα εξετάστηκε κι ένας άλλος περιορισμός που δίνει ο KENAK. Όπως ήδη αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο (Κεφ.2.1), για την μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού (E_z), για χώρους γραφείων ορίζονται (σύμφωνα με το EN 12464-1) ως ελάχιστη τιμή τα 150lx. Βάση των φωτομετρικών αποτελεσμάτων προκύπτει το εξής:

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|
| [m] | 162 | 192 | 185 | 160 | 168 | 169 | 198 | 165 | 150 | 151 | 163 | 157 | 145 | 139 | 151 | 159 | 109 | 160 | 149 | 162 | 152 | 99 | 98 | 126 | 137 | 163 | 90 | 138 | 148 | 145 | 129 | | |
| 4.5 | 234 | 257 | 262 | 250 | 252 | 258 | 256 | 245 | 243 | 231 | 230 | 240 | 243 | 242 | 233 | 222 | 229 | 232 | 237 | 234 | 223 | 219 | 225 | 220 | 219 | 211 | 201 | 212 | 221 | 226 | 108 | | |
| 4.0 | 220 | 264 | [285] | 273 | 272 | 270 | 274 | 268 | 252 | 246 | 248 | 258 | 267 | 258 | 245 | 236 | 243 | 254 | 259 | 247 | 238 | 235 | 238 | 235 | 229 | 218 | 211 | 216 | 239 | 241 | 129 | | |
| 3.5 | 207 | 259 | 267 | 272 | 277 | 256 | 265 | 267 | 252 | 247 | 253 | 267 | 258 | 251 | 246 | 246 | 245 | 247 | 253 | 254 | 245 | 238 | 239 | 238 | 232 | 232 | 224 | 228 | 239 | 236 | 158 | | |
| 3.0 | 217 | 256 | 266 | 271 | 276 | 255 | 263 | 267 | 253 | 248 | 250 | 271 | 265 | 246 | 250 | 250 | 246 | 244 | 252 | 257 | 249 | 239 | 252 | 250 | 250 | 236 | 230 | 236 | 245 | 229 | 139 | | |
| 2.5 | 222 | 256 | 277 | 279 | 283 | 275 | 272 | 260 | 253 | 264 | 273 | 272 | 274 | 267 | 256 | 249 | 259 | 259 | 261 | 259 | 262 | 270 | 268 | 267 | 273 | 261 | 241 | 239 | 243 | 244 | 184 | | |
| 2.0 | 214 | 262 | 282 | [285] | [285] | 273 | 260 | 253 | 248 | 252 | 264 | 270 | 263 | 259 | 254 | 246 | 250 | 257 | 254 | 252 | 252 | 263 | 264 | 236 | 209 | 212 | 211 | 193 | 218 | 227 | 107 | | |
| 1.5 | 229 | 259 | 258 | 273 | 272 | 246 | 242 | 240 | 231 | 226 | 236 | 253 | 244 | 229 | 231 | 234 | 228 | 223 | 234 | 238 | 231 | 224 | 242 | | | | | | | | | | |
| 1.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 2 | | 4 | | 6 | | 8 | | 10 | | 12 | | 14 | | 16 | | 18 | | | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|--------------------------|-------------------------------------|
| Κυλινδρικός φωτισμός | |
| Ύψος επιπέδου αναφοράς | : 1.20 m |
| Μέση ένταση φωτισμού | E_m : 230 lx |
| Ελάχιστη ένταση φωτισμού | E_{av} : 48 lx |
| Μέγιστη ένταση φωτισμού | E_{max} : 285 lx |
| Ομοιομορφία U_0 | E_{min}/E_m : 1 : 4.81 (0.21) |
| Διαφορά U_d | E_{min}/E_{max} : 1 : 5.96 (0.17) |



Εικόνα 53 Κατοψική απεικόνιση τιμών Μέσης κυλινδρικής έντασης φωτισμού (E_z)

Όπως φαίνεται από την παραπάνω εικόνα αποτελεσμάτων για την μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού (E_z) του χώρου γραφείων, η ελάχιστη τιμή έντασης φωτισμού είναι τα 230lx, τιμή μεγαλύτερη από το ελάχιστο όριο που ορίζει ο κανονισμός.

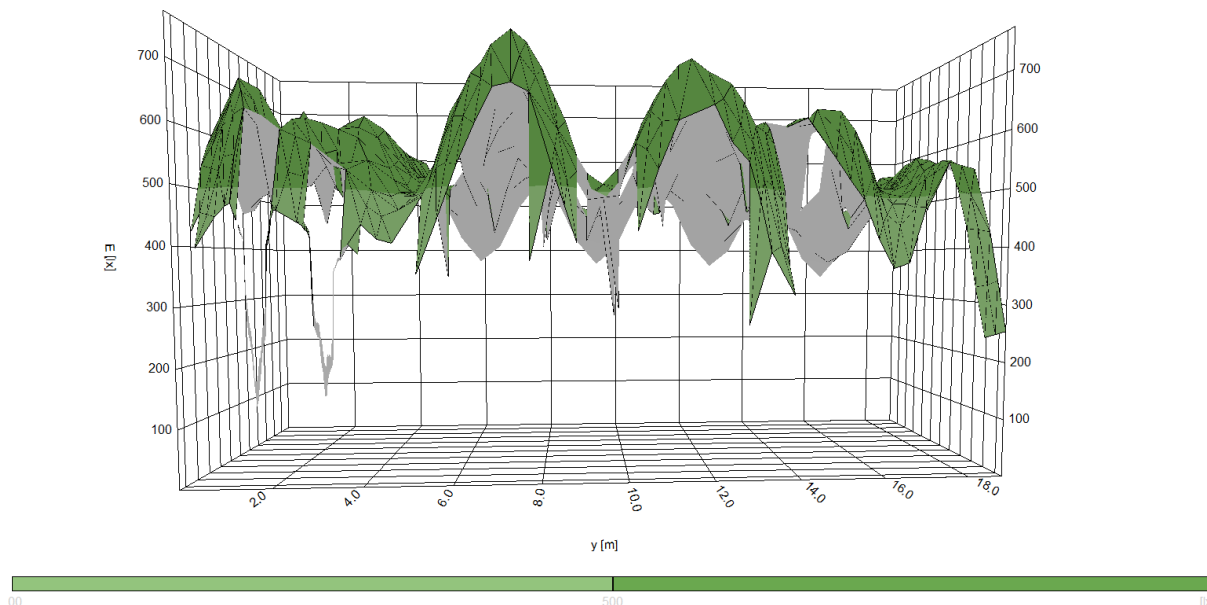
Βάση των αποτελεσμάτων από το πρόγραμμα ReLux, για τον συγκεκριμένο χώρο η ισχύς φωτισμού έχει την τιμή 1.12 W/m²/100lux, τιμή μικρότερη του 2.8W/m² ανά 100lx (βλ. Πίνακας 10 σελ.48). Στο σημείο αυτό το αποτέλεσμα ήταν αναμενόμενο ότι θα έβγαине μεγαλύτερο από την προηγούμενη μελέτη αφού οι απαιτήσεις φωτισμού ήταν περισσότερες.



Εικόνα 54 3D απεικόνιση εσωτερικού χώρου

Αφού λοιπόν έχουν εξετασθεί τα αποτελέσματα των τιμών όσον αφορά την τιμή έντασης φωτισμού, τον δείκτη θάμβωσης UGR, τον δείκτη ομοιομορφίας U_0 καθώς και την μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού (E_z), το αποτέλεσμα της συγκεκριμένης μελέτης φωτισμού, σύμφωνα με τους Ενεργειακούς κανονισμούς είναι έγκυρο.

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)


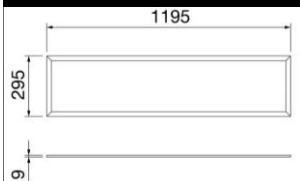


Εικόνα 55 Ογκογράφημα – Παρουσίαση κατανομής έντασης φωτός μέσα στον χώρο, ReLux

Τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιήθηκαν για την Μελέτη φωτισμού 2 σύμφωνα με τον οργανωτικό σχεδιασμό είναι τα εξής:

Για την Ζώνη Κίνησης:

Πίνακας 22 Χαρακτηριστικά Φωτιστικού Σώματος Για την Ζ.Κ.

| | | |
|---|---|---|
|  GWF1610LN840+GWS2992 Ceiling recessed luminaire ELIA PL Αριθμός Τεμαχίων : 13 | | |
|  | | |
| Μήκος: 1195 mm Πλάτος: 295 mm Ύψος: 9 mm | | |
| Συνολική ισχύς συστήματος: 33 W | Απόδοση φωτιστικού: 121,21 lm / W | Κατεύθυνση διανομής φωτεινής ροής ↓ 98,2% ↑ 1,8% |
| Συνολική φωτεινή ροή: 4000 lm | Θερμοκρασία χρώματος 4.000 K (Ουδέτερο Λευκό) | Λειτουργία DALI |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Για την Ζώνη Γραφείων:

Πίνακας 23 Χαρακτηριστικά Φωτιστικού Σώματος Για την Ζ.Γ.

|  LICHT + RAUM URS LED DIREKT 980x350 Αριθμός Τεμαχίων : 12 | | |
|---|---|--|
| Διάρκεια Ζωής Λαμπτήρων | Μήκος: 980 mm Πλάτος: 200 mm Ύψος: 350 mm | |
| Συνολική ισχύς συστήματος: 27,6 W | Απόδοση φωτιστικού: 148,55 lm / W | Κατεύθυνση διανομής φωτεινής ροής ↓84,7% ↑15,3% |
| Συνολική φωτεινή ροή: 3800 lm | Θερμοκρασία χρώματος 3.800 K (Ουδέτερο Λευκό) | Ενεργειακή Κλάση A++ |

Στην συνέχεια, θα εξετασθεί άλλη μία παράμετρος που συμβάλλει στο αποτέλεσμα του οργανωτικού – ποιοτικού φωτισμού και αφορά την επίτευξη του ανθρωποκεντρικού φωτισμού.

Στο παρελθόν, ο φωτισμός γραφείων επικεντρωνόταν συχνά μόνο στον φωτισμό για τις περιοχές - επιφάνειες εργασίας, που συνήθως σήμαινε την τοποθέτηση επιτραπέζιων φωτιστικών γραφείου, δημιουργώντας έτσι το λεγόμενο «φαινόμενο σπηλαίου». Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται όταν όλες οι πηγές φωτισμού σε μια σκηνή κατευθύνονται προς τα κάτω, χωρίς αυτές στην συνέχεια να αντανακλώνται προς τα πάνω. Το φαινόμενο του σπηλαίου είναι γενικά ανεπιθύμητο επειδή κάνει τους εσωτερικούς χώρους να μοιάζουν δυσοίωνα, όπως το εσωτερικό ενός σπηλαίου⁷⁶.

Ένας μελετητής φωτισμού, εξετάζοντας προσεκτικά πώς φωτίζεται ένας χώρος αποφεύγει αυτά τα προβλήματα, βοηθώντας στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος όπου οι εργαζόμενοι μπορούν να αισθάνονται άνετα και ταυτόχρονα πιο αποδοτικοί.

Για την συγκεκριμένη διαδικασία μελέτης δόθηκε μεγάλη προσοχή στην κατάλληλη επιλογή των φωτιστικών σωμάτων. Το γεγονός ότι τα κύρια φωτιστικά σώματα του χώρου όπου επιλέχθηκαν διαθέτουν ρύθμιση θερμοκρασίας χρώματος και έντασης, σε συνδυασμό με έναν αισθητήρα φωτός σημαίνει ότι ο φωτισμός ανά πάσα στιγμή του χρόνου μπορεί να διαμορφωθεί ανάλογα με τα ερεθίσματα του εξωτερικού περιβάλλοντος, κάνοντας λόγο για μίμηση της φυσικής ροής του φυσικού φωτός. Έτσι λοιπόν, το βιολογικό ρολόι των ατόμων παραμένει ρυθμισμένο σύμφωνα με τα ερεθίσματα του εξωτερικού τους περιβάλλοντος, χωρίς να ταλαντεύεται ο κερκάρδιος ρυθμός τους.

Ένα άλλο στοιχείο είναι ότι για κάθε άτομο που εργάζεται μέσα στον χώρο αυτό, έχει τοποθετηθεί ένα φωτιστικό σώμα, φωτίζοντας κάθετα την επιφάνεια εργασίας – γραφεία. Επίσης κάθε φωτιστικό σώμα μπορεί να ρυθμιστεί μεμονωμένα σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη. Δίνοντας λοιπόν τον έλεγχο

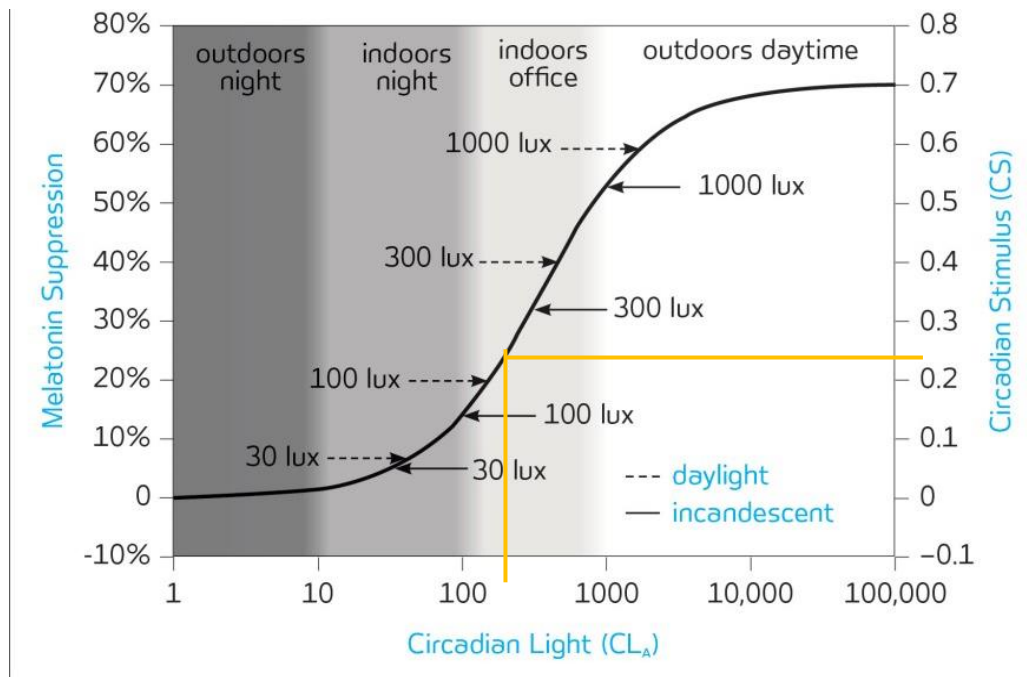
⁷⁶ <https://videocide.com/glossary/cave-effect/>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

φωτισμού στον χρήστη, δημιουργείται το αίσθημα της άνεσης και του οικείου, βοηθώντας στην καλύτερη απόδοση του εργαζομένου.

Σύμφωνα με το **WELL Building Standard**, και την βοήθεια του επόμενου Πίνακα 25 υπολογίζεται ο μελανοπικός φωτισμός ως εξής: $EML = L \cdot R$

Όπου L, η τιμή κατακόρυφου φωτισμού και R η τιμή υπολογισμένη με την απλή μέθοδο των τριών χρησιμοποιώντας τον παρακάτω Πίνακα) $= 230 \cdot 0.73 = 168$ με $0.3 < CS < 0.4$. Από το παρακάτω γράφημα προκύπτει ότι $CS = 0.24$, επομένως βάση του αποτελέσματος, ο ανθρωποκεντρικός φωτισμός δεν έχει επιτευχθεί.



Εικόνα 56 Σχέση Κιρκάδιου φωτισμού και επίπεδα μελατονίνης για 4000K

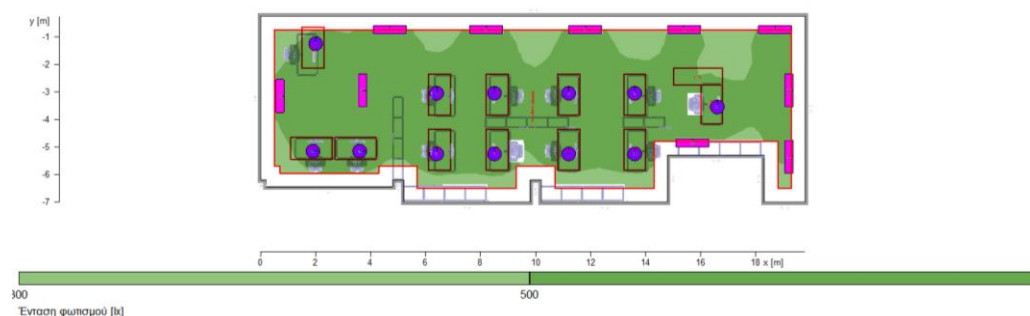
Πίνακας 24 Melanopic lux

| CCT(K) | Light Source | Ratio (R) |
|--------|----------------------|-----------|
| 2700 | LED | 0.45 |
| 3000 | Φθορισμού | 0.45 |
| 2800 | Πυρακτώσεως | 0.54 |
| 4000 | Φθορισμού | 0.58 |
| 4000 | LED | 0.76 |
| 5450 | CIE E (Equal Energy) | 1.00 |
| 6500 | Φθορισμού | 1.02 |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

| | | |
|-------------|-----------|------|
| 6500 | Daylight | 1.10 |
| 7500 | Φθορισμού | 1.11 |

Σε επόμενη προσπάθεια βελτίωσης του ανθρωποκεντρικού φωτισμού, αντικαθίστανται τα φωτιστικά γραφείων με άλλα διαφορετικής θερμοκρασίας χρώματος. Αυτή την φορά 6500K. Προκειμένου ο δείκτης ομοιομορφίας να είναι στα επιτρεπόμενα όρια, αφαιρέθηκαν 4 φωτιστικά σώματα από την ζώνη Διαδρόμου. Επομένως προκύπτει το εξής αποτέλεσμα:



Εικόνα 57 Μελέτη 2 | Κατοψική απεικόνιση αποτελεσμάτων Έντασης φωτισμού, 6500K

Πίνακας 25 Αποτελέσματα Μελέτης 2

| | Μέση ένταση φωτισμού E_m [lx] | Απόκλιση Έντασης Φωτισμού | Ενεργειακή Απόδοση lm/W | Δείκτης Θάμβωσης (UGR) | Δείκτης Ομοιομορφίας (U_o) min/av. [-] | Χρωματικός δείκτης (CRI) | Μέση Κυλινδρική ή Ένταση Φωτισμού (E_z) | Modeling Index E_z/E_m | Φωτισμός Φωτιστικών πάνω/κάτω |
|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|--|--------------------------|---|--------------------------|-------------------------------|
| Τι ορίζει η ΤΟΤΕΕ | >500lx | <20% | >60lm/W | <19 | >0,6 | >80 | >150lx | 0.3<MI<0.6 | Εως 30%/70% |
| Αποτελέσματα Φωτομετρικής Μελέτης | 554lx | (554-500)/500=10,8% < 20% | 125,34lm/W | ≤ 23,8 | 0,63 | >80 | 352lx | 0,63 | 15,3%/84,7% |

Από τα παραπάνω αποτελέσματα προκύπτει ότι ο δείκτης θάμβωσης UGR είναι μικρότερος ή ίσος του 23,8, ενώ ο περιορισμός της ΤΟΤΕΕ ορίζει την τιμή αυτή μικρότερη του 19. Για να βελτιωθεί το αποτέλεσμα αυτό θα πρέπει να δοκιμαστούν κάποιες από τις παρακάτω ενέργειες:


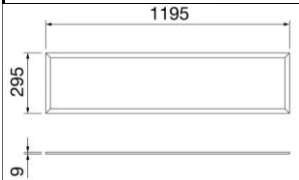
Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

- Για τον χώρο τον οποίο μελετάται, κι όπου η διάταξη των γραφείων είναι γνωστή, θα μπορούσαν να τοποθετηθούν τα φωτιστικά σε θέση η οποία να μην βρίσκονται στην άμεση οπτική γωνία των εργαζομένων ως προς την επιφάνεια εργασίας τους.
- Για εξαρτήματα οροφής, θα μπορούσαν να επιλεγθούν αυτά με στενότερη γωνία δέσμης (μείωση φωτεινότητας του φωτιστικού). Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα να μειωθεί η φωτεινή ένταση όπως την αντιλαμβάνεται ο θεατής
- Θα μπορούσε ακόμα να αυξηθεί η φωτεινότητα του φόντου.


Για το τελευταίο σενάριο, τα φωτιστικά όπου έχουν επιλεγεί διαθέτουν και λειτουργία Dali. Επομένως μπορεί να βελτιωθεί ο δείκτης θάμβωσης οποτεδήποτε κατά την διάρκεια της ημέρας σύμφωνα με τις προτιμήσεις των χρηστών μέσα στον χώρο.

Τα φωτιστικά σώματα που χρησιμοποιήθηκαν για την Μελέτη φωτισμού 2 σύμφωνα με τον οργανωτικό σχεδιασμό είναι τα εξής:

Για την Ζώνη Κίνησης:

| | | |
|---|---|---|
|  | GWF1610LN840+GWS2992 Ceiling recessed luminaire ELIA PL Αριθμός Τεμαχίων : 10 | |
|  | Μήκος: 1195 mm Πλάτος: 295 mm Ύψος: 9 mm | |
| Συνολική ισχύς συστήματος: 33 W | Απόδοση φωτιστικού: 121,21 lm / W | Κατεύθυνση διανομής φωτεινής ροής ↓ 98,2% ↑ 1,8% |
| Συνολική φωτεινή ροή: 4000 lm | Θερμοκρασία χρώματος 4.000 K (Ουδέτερο Λευκό) | Λειτουργία DALI |

Για την Ζώνη Γραφείων:

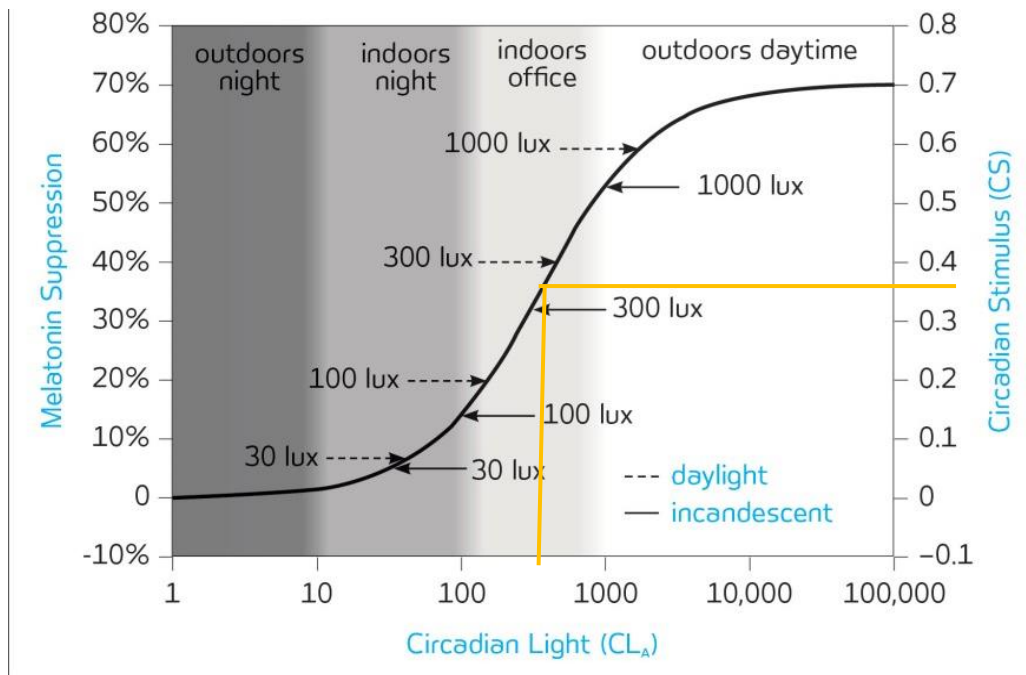
| | | |
|---|---|--|
|  | Regent SOLO S CR514 Αριθμός Τεμαχίων : 12 | |
| Διάρκεια Ζωής Λαμπτήρων LED L80 50'000 h | Διάμετρος: 514 mm | |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

| | | |
|---|---|--|
| Συνολική ισχύς συστήματος: 33 W | Απόδοση φωτιστικού: 128,79 lm / W | Κατεύθυνση διανομής φωτεινής ροής ↓100% ↑ 0% |
| Συνολική φωτεινή ροή: 4.100 lm | Θερμοκρασία χρώματος 6500 K (Ουδέτερο Λευκό) | Ενεργειακή Κλάση A++ |

Σύμφωνα με το **WELL Building Standard** και με την βοήθεια του Πίνακα 25 ο μελανοπικός φωτισμός υπολογίζεται ως εξής, για θερμοκρασία χρώματος 6500K κατά τις πρωινές ώρες:

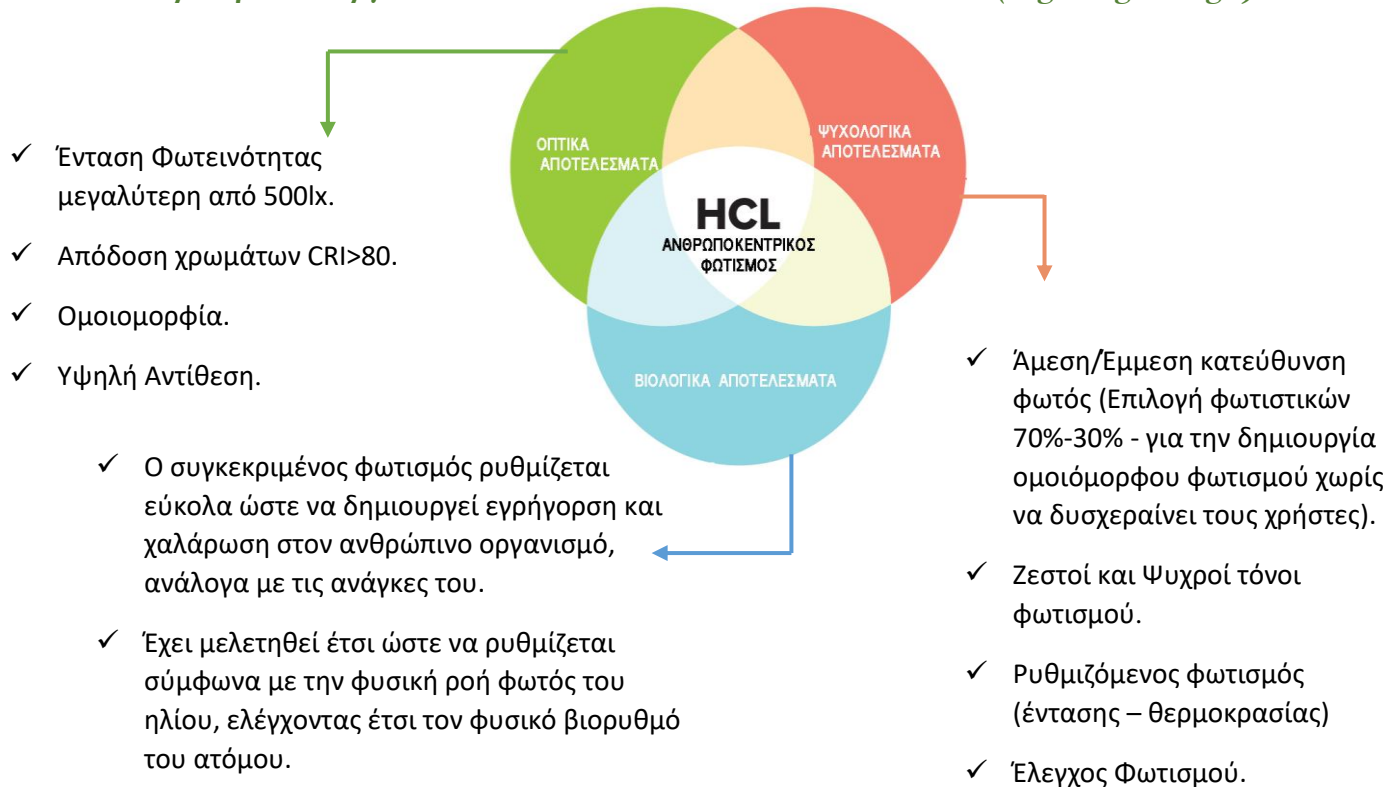
$EML = L \cdot R = 239 \cdot 1,2 = 287$ με $0.3 < CS < 0.4$ (Η τιμή R υπολογίστηκε με την απλή μέθοδο των 3). Το πρότυπο συνιστά την τιμή $CS=0.37$, επομένως βάση του αποτελέσματος, ο ανθρωποκεντρικός φωτισμός έχει επιτευχθεί πλήρως.



Εικόνα 58 Γραφική παράσταση σχέσης Κιρκάδιου φωτισμού, ερεθισμάτων και επιπέδων μελατονίνης για 6500K

Ο συνδυασμός, δημιουργίας ενός χώρου φιλικού και ευχάριστου ως προς τους χρήστες, που η ατμόσφαιρά του συμβαδίζει με την φυσική αλλαγή φωτισμού του εξωτερικού περιβάλλοντος, μαζί με τη χρήση επιλεγμένων φωτιστικών σωμάτων και λαμπτήρων σύμφωνα πάντα με τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές ώστε να συμβάλλουν στην οπτική άνεση των χρηστών, οδηγεί στην επίτευξη ανθρωποκεντρικού φωτισμού.

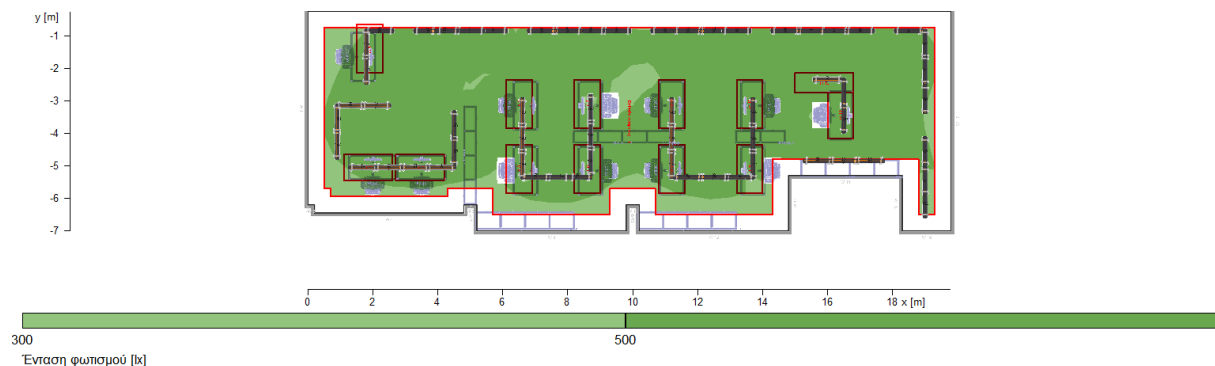
Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)



6.3 ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ 3 | ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΒΑΣΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΑΙΣΘΗΣΗΣ

Στην συγκεκριμένη υπό-ενότητα θα εξετασθεί η μελέτη φωτισμού με μια εντελώς διαφορετική προσέγγιση από τις προηγούμενες. Μέσα από την μελέτη αυτή θα φανεί αν μπορεί η συγκεκριμένη προσέγγιση να καλύψει τόσο το αισθητικό κομμάτι όσο και τις ενεργειακές και ποιοτικές απαιτήσεις φωτισμού βάσει των περιορισμών που τις διέπουν.

Ο χώρος χωρίζεται σε 2 ζώνες (Ζώνη κίνησης και Ζώνη Γραφείων). Το σενάριο σε αυτή την περίπτωση είναι η τοποθέτηση χωνευτού ενιαίου φωτιστικού σώματος για την Ζώνη κίνησης όπου σκοπό θα έχει να 'καθοδηγεί' τους χρήστες μέσα στον χώρο. Έπειτα η ροή των φωτιστικών θα συνεχίζει πάνω από τις ομάδες γραφείων παρέχοντάς τους τον επιθυμητό φωτισμό, δημιουργώντας μια σύγχρονη αισθητική στον χώρο. Τοποθετώντας τα στοιχεία στο φωτομετρικό πρόγραμμα, δίνονται τα εξής αποτελέσματα:



Εικόνα 59 Μελέτη 3 | Κατοψική απεικόνιση αποτελεσμάτων Έντασης φωτισμού

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)



Εικόνα 60 Μελέτη 3 | 3D απεικόνιση χώρου



Εικόνα 61 Μελέτη 3 | 3D απεικόνιση χώρου

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Πίνακας 26 Αποτελέσματα Μελέτης 3

| | Μέση ένταση φωτισμού $E_m [lx]$ | Απόκλιση Έντασης Φωτισμού | Ενεργειακή Απόδοση lm/W | Δείκτης Θάμβωσης (UGR) | Δείκτης Ομοιομορφίας (U_o) min/av. [-] | Χρωματικός δείκτης (CRI) | Μέση Κυλινδρική Ένταση Φωτισμού (E_z) | Φωτισμός Φωτιστικών πάνω/κάτω |
|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|--|--------------------------|---|-------------------------------|
| Τι ορίζει η ΤΟΤΕΕ | >500lx | <20% | >60lm/W | <19 | >0,6 | >80 | >150lx | 30%/70% |
| Αποτελέσματα Φωτομετρικής Μελέτης | 533lx | (533-500)/500=6,6% < 20% | 266,25 lm/W | ≤ 22,5 | 0,60 | >80 | 304lx | 0%/100% |

Από τα αποτελέσματα του παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η τιμή θάμβωσης UGR μπορεί να πάρει τιμές και μεγαλύτερες από το επιτρεπόμενο όριο που ορίζει ο ΚΕΝΑΚ. Συνεπώς θα πρέπει είτε να ελεγχθεί η ένταση των φωτιστικών σωμάτων είτε τους αλλαχθεί θέση. Σε αυτή την μελέτη όμως το ενδεχόμενο του να αλλαχθεί η θέση των φωτιστικών σωμάτων σημαίνει ότι θα αλλάξει και την πρωταρχική ιδέα που επιθυμεί ο σχεδιαστής φωτισμού να επιτύχει. Συνεπώς μεγάλης σημασίας αποτελεί η επιλογή φωτιστικών με δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινής έντασης.

Για την Μελέτη 3:

Πίνακας 27 Φωτιστικά Σώματα Μελέτης 3

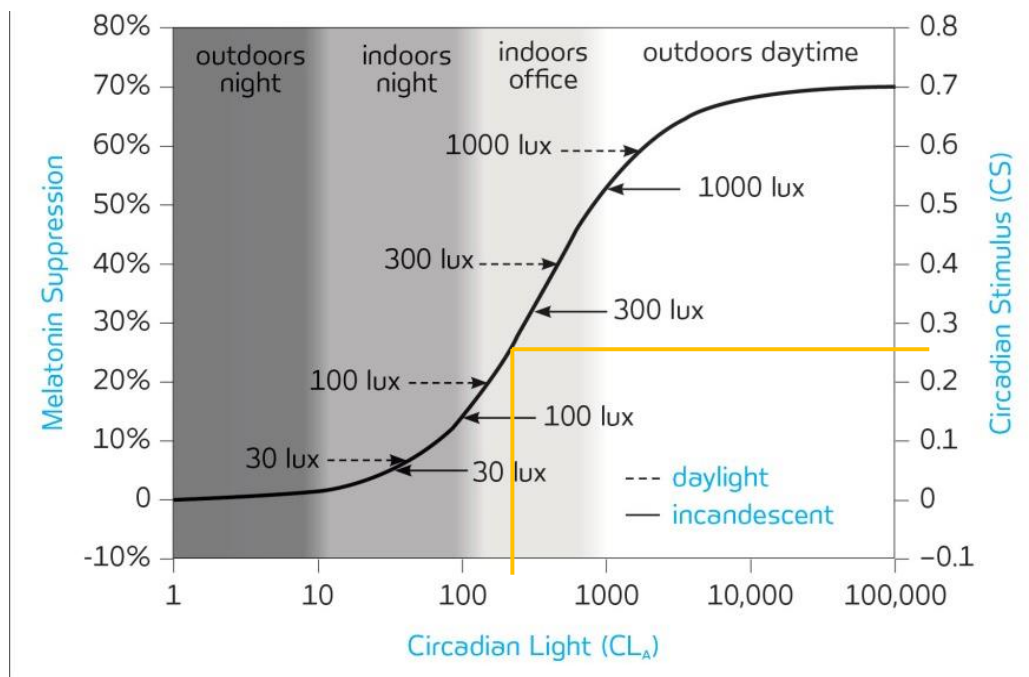
| | | | |
|---|---|---|----------------|
|  | Prolicht Trimless recessed profile lights IDAHO 880mm RL LED Αριθμός Τεμαχίων : 60 | | |
| IP20 | Μήκος: 880 mm Πλάτος: 100 mm Ύψος: 0.00mm | | |
| Συνολική ισχύς συστήματος: 8 W | Απόδοση φωτιστικού: 203.95 lm / W | Κατεύθυνση διανομής φωτεινής ροής ↓ 100% ↑ 0% | |
| Συνολική φωτεινή ροή: 2130 lm | Θερμοκρασία χρώματος 3500 K (Θερμό Λευκό) | 3 LED | 0.73W/m2/100lx |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Σε επόμενο στάδιο μελετάται ο μελανοπικός φωτισμός με την βοήθεια του Πίνακα 25:

$EML = L * R = 274 * 0,66 = 180.84$, όπου $L = 274$ lx η τιμή κατακόρυφου φωτισμού μέσα από τα αποτελέσματα του DiaLux.

Έπειτα υπολογίζεται ο κιρκάδιος με επιθυμητό εύρος τιμών $0.3 < CS < 0.4$. Το πρότυπο συνιστά την τιμή $CS = 0.26$, επομένως βάση του αποτελέσματος, ο ανθρωποκεντρικός φωτισμός στην συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης δεν έχει επιτευχθεί.



Εικόνα 63 Γραφική παράσταση σχέσης Κιρκάδιου φωτισμού, ερεθισμάτων και επιπέδων μελατονίνης για 6500K

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό να απαντήσει στο ερώτημα, σε τι βαθμό οι ενεργειακοί κανονισμοί επιδρούν στο σχεδιασμό φωτισμού. Αρχικά θα πρέπει να γίνει σαφές ότι πέρα από τον χώρο που καλείται ένας μελετητής φωτισμού να σχεδιάσει, θα πρέπει να ληφθούν υπ όψη κι άλλες παράμετροι φωτισμού όπως τα υλικά του χώρου καθώς και τα χρώματα, στοιχεία που επηρεάζουν την διάχυση ή απορρόφηση του φωτός. Επομένως προκειμένου να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα θα πρέπει να συμπεριληφθούν όλοι οι περιορισμοί που συμβάλλουν σε αυτό. Επειδή κάθε μέτρηση πραγματοποιείται σε συνθήκες απόλυτου σκότους, για να δημιουργηθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα θα πρέπει ο εκάστοτε μελετητής να συμπεριλάβει και τις προαναφερόμενες παραμέτρους.

Κάθε χώρος που μελετάται διαθέτει τους δικούς του περιορισμούς. Για παράδειγμα σε έναν χώρο γραφείων οι απαιτήσεις έντασης φωτισμού διαφέρουν ανά περίπτωση. Ο χώρος της γραμματείας απαιτεί ως ελάχιστη τιμή έντασης 300lx σε αντίθεση με ένα χώρο όπου στεγάζονται γραφεία (ελάχιστη απαιτούμενη τιμή έντασης φωτός 500lx). Έτσι, παρά τους περιορισμούς που θέτει ο εκάστοτε χώρος, με την σωστή σχεδίαση μπορεί να δημιουργηθεί ένα αποδοτικό αποτέλεσμα. Το αποτέλεσμα αυτό εξαρτάται από την ευχέρεια του μελετητή και από τον τρόπο που αντιμετωπίζει την κάθε περίπτωση. Επίσης, το κάθε φωτιστικό θα πρέπει να επιλέγεται και να μελετάται σύμφωνα με τις λειτουργίες που παρέχει στον χρήστη, καθώς η λειτουργία του διαφέρει από χώρο σε χώρο.

Στο κεφάλαιο αυτό συνοψίζονται τα αποτελέσματα από τις 3 μελέτες φωτισμού που πραγματοποιήθηκαν και συγκρίνονται μεταξύ τους προκειμένου να γίνει κατανοητός ο βαθμός επιρροής των ενεργειακών κανονισμών στον σχεδιασμό φωτισμού.

Πίνακας 28 Πίνακας αποτελεσμάτων

| Συνολική Ισχύς ανά περιοχή | Μέση Ένταση Φωτισμού (E _m) | Δείκτης Ομοιομορφίας (U _o) | Δείκτης Θάμβωσης (UGR) | Μέση Κυλινδρική Ένταση Φωτισμού (E _z) | Συνολική Απόδοση λαμπτήρων | Αριθμός Φωτιστικών σωμάτων | MODEL NG INDEX E _z /E _m |
|--|--|--|------------------------|---|----------------------------|---|--|
| ΜΕΛΕΤΗ 1 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ (ΤΕΛΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ- 2) | | | | | | | |
| 5.48W/m ² (0.95W/m ² /100lx) | 576lx | 0,36 | ≤ 18,8 | 209x | 135,09lm/W | 5 (Z.Δ.) x1LED 12 (Z.Γ.) x1LED | 0,36 |
| ΜΕΛΕΤΗ 2 ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ (ΣΕΝΑΡΙΟ – 4000K) | | | | | | | |
| 5.80W/m ² (1.07W/m ² /100lx) | 554lx | 0,61 | ≤ 18,8 | 328lx | 130lm/W | 11 (Z.Δ.) x1LED | 0,60 |

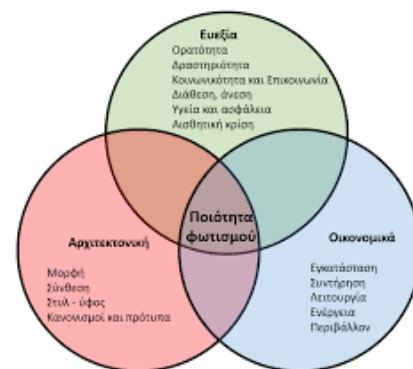
Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

| | | | | | | | |
|---|-------|------|--------|-------|------------|--|------|
| | | | | | | 13 (Ζ.Γ.) x1LED | |
| ΜΕΛΕΤΗ 2 ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ (ΣΕΝΑΡΙΟ – 6500K) | | | | | | | |
| 5.84W/m ² (1.05W/m ² /100lx) | 554lx | 0,63 | ≤ 23,8 | 352lx | 125,34lm/W | 10 (Ζ.Δ.) x1LED 12 (Ζ.Γ.) x1LED | 0,63 |
| ΜΕΛΕΤΗ 3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ | | | | | | | |
| 3.86W/m ² (0.70W/m ² /100lx) | 533lx | 0,60 | ≤ 22.2 | 243lx | 266,25lm/W | 60 x3 LED | 0,50 |

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα γίνεται φανερό ότι δεν είναι το πλήθος των φωτιστικών που βελτιώνουν το τελικό αποτέλεσμα αλλά οι παράμετροι που το καθορίζουν. Η Μελέτη 2 ήταν αυτή με τα περισσότερα κριτήρια σχεδίασης κι σαν αποτέλεσμα είναι η πιο ολοκληρωμένη, σε αντίθεση με την Μελέτη 1 η οποία ως σκοπό είχε να πραγματοποιήσει τον φωτισμό σύμφωνα και μόνο με τους ενεργειακούς φωτισμούς. Για τον λόγο αυτό, παρατηρείται κι όλας ότι ο δείκτης ομοιομορφίας U_0 βρίσκεται κάτω από το επιτρεπόμενο όριο του κανονισμού της ΤΟΤΕΕ.

Για την αποφυγή θάμβωσης θα πρέπει να τοποθετηθούν τα φωτιστικά σε θέση τέτοια ώστε να μην βρίσκονται στην άμεση οπτική γωνία των εργαζομένων ως προς την επιφάνεια εργασίας τους, αλλιώς, θα μπορούσαν να επιλεχθούν αυτά με στενότερη γωνία δέσμης (μείωση φωτεινότητας του φωτιστικού). Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα να μειώσει τη φωτεινή ένταση όπως την αντιλαμβάνεται ο θεατής. Μία άλλη λύση πάλι είναι η αύξηση της φωτεινότητας του φόντου. Όποιος κι αν είναι ο χώρος όπου μελετάται μπορεί να ακολουθηθεί μία από αυτές της επιλογές για την καλύτερη ποιότητα φωτισμού.

Στην Μελέτη 2 χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 24 φωτιστικά σώματα για την πρώτη περίπτωση και 22 φωτιστικά σώματα για την δεύτερη περίπτωση, τα οποία λειτουργούν με έναν μόνο λαμπτήρα LED, ενώ για τη Μελέτη 3 χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 61 φωτιστικά σώματα από 3 λαμπτήρες LED το καθένα. Στο σημείο αυτό γίνεται αντιληπτός κι ένας άλλος παράγοντας, ο οικονομικός. Ο μελετητής φωτισμού δηλαδή πριν επιλέξει τον τύπο φωτιστικού, θα πρέπει να σκεφτεί και το ενδεχόμενο της αντικατάστασής του σε περίπτωση βλάβης.



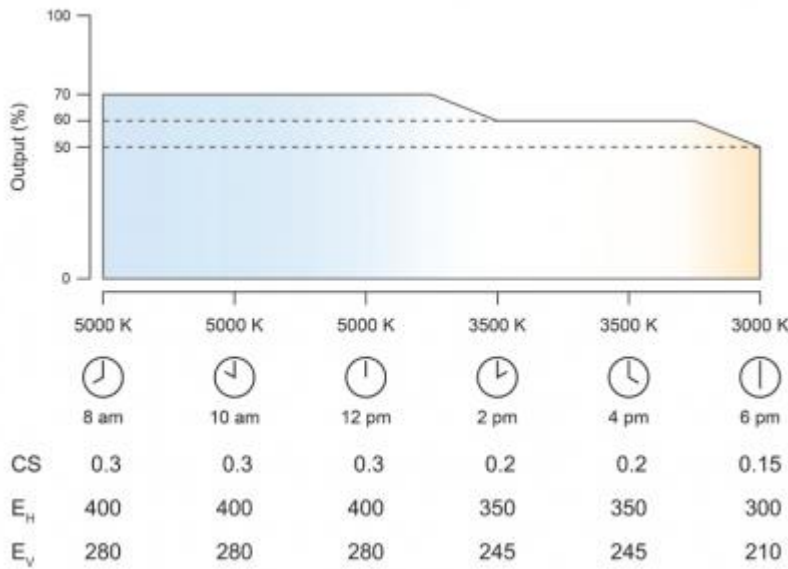
Εικόνα 64 Βασικά χαρακτηριστικά ενός ποιοτικού σχεδιασμού

<https://www.google.com/imgres?imgurl=x-raw-image%3A%2F%2F%2F56457b3ae34956c3374bfd7098db2066cfd9713d508b2d20d9f18b54e0bfc58b>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Όσον αφορά την επίτευξη δημιουργίας ανθρωποκεντρικού φωτισμού, αυτή παρατηρείται στην Μελέτη 2. Αυτό γιατί, οι περιορισμοί που έπρεπε να ληφθούν υπ' όψιν για την δημιουργία ενός ποιοτικού σχεδιασμού υλοποιήθηκαν επιτυχώς με συνέπεια την δημιουργία ενός καλού φωτισμού που βοηθάει στην σωστή λειτουργία του κερκάρδιου κύκλου των χρηστών του χώρου.

Για τον υπολογισμό του κερκάρδιου ρυθμού, στην μελέτη 2.1 το CS είχε την τιμή 0.24 για θερμοκρασία χρώματος φωτός 4000K και EML= 168lx, ενώ για θερμοκρασία χρώματος 6500K το CS ήταν 0.37 και EML=287. Για την Μελέτη φωτισμού 3 που υλοποιήθηκε το αποτέλεσμα CS ήταν 0.26 και EML=180.84. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι καθώς αυξάνονται οι τιμές της θερμοκρασίας του φωτός, μεγαλώνει και η τιμή του κερκάρδιου ερεθίσματος, ενώ όσο μειώνεται η θερμοκρασία φωτός μειώνεται και η τιμή CS. Αυτό είναι



Εικόνα 625 Σχέση θερμοκρασίας χρώματος και κερκάρδιου ερεθίσματος κατά την διάρκεια της ημέρας

λογικό αφού οι υψηλότερες θερμοκρασίες φωτισμού που παρατηρούνται κατά τις πρωινές ώρες της ημέρας όπου το άτομο έχει περισσότερη ενέργεια γιατί παράγει περισσότερα επίπεδα σεροτονίνης. Καθώς «κυλάει» η ημέρα τα επίπεδα σεροτονίνης είναι φυσικό να μειωθούν. Εκεί παρατηρείται άνοδος της μελατονίνης, ορμόνης της χαλάρωσης και του ύπνου.

Στην εικόνα 65 φαίνεται καθαρά η σχέση τομών θερμοκρασίας χρώματος και κερκάρδιου ερεθίσματος (CS).

Στην προσπάθεια του να επιτευχθεί το αισθητικό κομμάτι γίνεται κατανοητό ότι χάνεται η επίτευξη του ανθρωποκεντρικού σχεδιασμού. Αυξομειώνοντας το πλήθος των παραμέτρων αλλάζει και η τελική απόδοση φωτισμού, χωρίς όμως αυτό να μας εμποδίζει στο να βγούμε στο σωστό αποτέλεσμα. Όσο περισσότερες παραμέτρους χρησιμοποιηθούν, τόσο πιο ικανοποιητικό θα είναι το αποτέλεσμα, τόσο ενεργειακά όσο και ανθρωποκεντρικά.

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

| α/α | ΧΡΗΣΗ ΧΩΡΟΥ | Em Μέση ένταση φωτισμού [lx] | Επίπεδο αναφοράς μέτρησης [m] | Δείκτης θάμβωσης UGR [-] | Ομοιομορφία φωτισμού Uo min/av. [-] |
|-----|--|------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| 3 | Κοιν. & βοηθ. θερμαινόμενοι χώροι Κατοικίας (κλιμ/σια, αποθήκες γενικής χρήσης κ.λπ.) | 100 | 0.0 | 25 | 0.40 |
| 7 | Reception, Lobby | 300 | 0.8 | 22 | 0.60 |
| 8 | Αίθουσα εκδηλώσεων | 300 | 0.8 | 22 | 0.60 |
| 10 | Χώροι προσωπικού | 300 | 0.8 | 19 | 0.60 |
| 14 | Διάδρομοι & Χώροι κυκλοφορίας Προσωρινής Διαμονής | 100 | 0.0 | 25 | 0.40 |
| 15 | Βοηθ. θερμ. χώροι Προσωρινής Διαμονής (κλιμ/σια, αποθήκες, λινοθήκες, χώρος αποσκευών, W.C. κ.λπ.) | 100 | 0.8 | 25 | 0.40 |
| 16 | Εστιατόριο (χώρος πελατών) | - | - | - | - |
| 18 | Αίθουσα πολλαπλών χρήσεων | 300 | 0.8 | 22 | 0.60 |
| 19 | Μουσική σκηνή - κυρίως καθήμενοι (χώρος πελατών) | 200 | 0.0 | 22 | 0.50 |
| 27 | Foyer | 200 | 0.8 | 22 | 0.40 |
| 28 | Κουζίνα - Παρασκευαστήρια | 500 | 0.8 | 22 | 0.60 |
| 33 | Βιβλιοθήκη (χώρος ραφιών) | 200 | 90° | 19 | 0.60 |
| 34 | Αίθουσα συνεδρίων, αμφιθέατρο, αίθουσα δικαστηρίων | 500 | 0.8 | 19 | 0.60 |
| 40 | Χώροι αναμονής | 200 | 0.8 | 22 | 0.40 |
| 41 | Λουτρό (κοινόχρηστο) | 200 | 0.8 | 22 | 0.40 |
| 42 | Διάδρομοι & Χώροι κυκλοφορίας Συνάθροισης Κοινού | 100 | 0.0 | 25 | 0.40 |
| 43 | Βοηθ. θερμ. χώροι Συνάθροισης Κοινού (κλιμ/σια, αποθήκες, W.C. κ.λπ.) | 100 | 0.8 | 25 | 0.40 |
| 49 | Κουζίνα - Προετοιμασία Φαγητού | 500 | 0.8 | 22 | 0.60 |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

| | | | | | |
|-----------|--|-----|-----|----|------|
| 57 | Αίθουσες - διάδρομοι αναμονής | 200 | 0.0 | 22 | 0.40 |
| 77 | Κλειστά γραφεία | 500 | 0.8 | 19 | 0.60 |
| 78 | Ανοιχτοί γραφειακοί χώροι | 500 | 0.8 | 19 | 0.60 |
| 79 | Εντευκτήριο | 400 | 0.8 | 22 | 0.40 |
| 80 | Αρχείο | 200 | 0.8 | 25 | 0.40 |
| 81 | Διάδρομοι & Χώροι κυκλοφορίας Γραφείων | 100 | 0.0 | 25 | 0.40 |
| 82 | Βοηθ. θερμ. χώροι Χώροι Γραφείων (κλιμ/σια, αποθήκες, χώροι φωτοτυπικών, W.C.) | 100 | 0.8 | 25 | 0.40 |
| 93 | Περιοχές χώρων στάθμευσης (κλειστές σε ευρύ κοινό, πχ γραφείων) | 75 | 0.0 | - | |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

| | | |
|------------------|---|--------|
| Εικόνα 1 | Δείγματα χρωμάτων για τις δοκιμές των φασμάτων φωτεινών πηγών και του καθορισμού του δείκτη Ra ή CRI όπως έχουν καθοριστεί από τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού (CIE) με τη χρήση 8 βασικών χρωμάτων (α), TOTEE σελ.37 | σελ.15 |
| Εικόνα 2 | Δείγματα χρωμάτων για τις δοκιμές των φασμάτων φωτεινών πηγών και του καθορισμού του δείκτη Ra ή CRI όπως έχουν καθοριστεί από τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού (CIE) με τη χρήση 8 βασικών χρωμάτων (β), TOTEE σελ.37 | σελ.15 |
| Εικόνα 3 | Αποχρώσεις φωτός ανά Kelvin http://graficnotes.blogspot.com/2016/04/blog-post.html | σελ.16 |
| Εικόνα 4 | WELL Building standard | σελ.17 |
| Εικόνα 5 | Φωτεινή ροή λαμπτήρων LED συναρτήσει του χρόνου λειτουργίας τους. TOTEE 20701-7/2021 | σελ.21 |
| Εικόνα 6 | Μορφές Φωτισμού https://eclass.aegean.gr/modules/document/file.php/511244/07.%20%CE%8C%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%B7%CE%A6%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82.pdf Σελ.18 | σελ.22 |
| Εικόνα 7 | Ψηφιακός Χρονοδιακόπτης https://www.a-store.gr/psifiakos-xronodiakoptis-me-chroniki-leitourgia-enos-deuteroleptou-kai-ano-16a-220v-ac | σελ.24 |
| Εικόνα 8 | Αισθητήρας κίνησης https://ledmagonisstore.gr/light-motion-sensors/807-dome-light-12w-sensor | σελ.24 |
| Εικόνα 9 | Universal ρυθμιστής φωτισμού KNX, 1 x 300W TXA661A | σελ.24 |
| Εικόνα 10 | Εσωτερικό ενός dimmer, https://elestore.gr/product/%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CF%8C%CF%80%CF%84%CE%B7%CF%82-dimmer-wifi-shelly-dimmer-2 | σελ.25 |
| Εικόνα 11 | Πλεονεκτήματα Έξυπνων Κτηρίων | σελ.26 |
| Εικόνα 12 | Μέση Κυλινδρική ένταση φωτισμού Ez1, TOTEE | σελ.28 |
| Εικόνα 13 | Κάθετη ένταση φωτισμού Εν ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ www.ils.com.gr | σελ.29 |
| Εικόνα 14 | Όριζόντια ένταση φωτισμού ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ Ehor. www.ils.com.gr | σελ.29 |
| Εικόνα 15 | Απόδοση χρωμάτων με διαφορετικούς δείκτες χρωματικής απόδοσης | σελ.30 |
| Εικόνα 16 | Εμφάνιση προϊόντων με διαφορετικό δείκτη χρωματικής απόδοσης | σελ.31 |
| Εικόνα 17 | Κρίσιμη ζώνη απευθείας θάμβωσης, TOTEE | σελ.31 |
| Εικόνα 18 | Φαινόμενο θάμβωσης . Η ενόχληση που δημιουργείται στο άτομο οφείλεται στην αντανάκλαση του φωτός πανω στην επιφάνεια του Η/Υ όπου εργάζεται. Η αποφυγή της ενόχλησης είναι δύσκολη https://applyergonomics.wordpress.com/ | σελ.32 |
| Εικόνα 19 | Φαινόμενο θάμβωσης. Η ενόχληση του ατόμου μπορεί να αποφευχθεί αν αλλάξει θέση https://applyergonomics.wordpress.com/ | σελ.32 |
| Εικόνα 20 | Θάμβωση έμμεση και άμεση - Χωρίς Θάμβωση | σελ.33 |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

| | | |
|------------------|---|--------|
| Εικόνα 21 | Διαχωρισμός των χώρων | σελ.35 |
| Εικόνα 22 | Πώς επηρεάζει ο φυσικός φωτισμός τον ανθρώπινο οργανισμό https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%B9%CF%81%CE%BA%CE%AC%CE%B4%CE%B9%CE%BF%CF%82_%CF%81%CF%85%CE%B8%CE%BC%CF%8C%CF%82 | σελ.39 |
| Εικόνα 23 | Ανθρωποκεντρικός Φωτισμός https://www.encyclopedia.com/technology/encyclopedia/anthropocentric-lighting | σελ.40 |
| Εικόνα 24 | Αποχρώσεις κατά την διάρκεια της ημέρας https://glamox.com/gsx/human-centric-lighting | σελ.40 |
| Εικόνα 25 | Στόχος Ανθρωποκεντρικού φωτισμού https://www.google.com/search?q=%CE%A3%CF%84%CF%8C%CF%87%CE%BF%CF%82+%CE%91%CE%BD%CE%B8%CF%81%CF%89%CF%80%CE%BF%CE%BA%CE%B5%CE%BD%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D+%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D+%&tbm=isch&ved=2ahUKEwinqSksPP1AhXJmYsKHRzdAwMQ2-cCegQIABAA&oeq=%CE%A3%CF%84%CF%8C%CF%87%CE%BF%CF%82+%CE%91%CE%BD%CE%B8%CF%81%CF%89%CF%80%CE%BF%CE%BA%CE%B5%CE%BD%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%8D+%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CF%8D+%&gs_lcp=CgNpbWcQA1DeDVjeDWDeEWgAcAB4AIAbWQGIaAcCkgEDMC4ymAEAoAEBqgELZ3dzLXdpei1pbWfAAQ&scIlient=img&ei=3xgEYufGlcMzrgScuo8Y&bih=722&biw=1536&hl=el#imgrc=w1ZJ4zp7RVb0mM | σελ.41 |
| Εικόνα 26 | Κιρκάδιος Σχεδιασμός https://www.ledvance.com/professional/products/product-stories/human-centric-lighting | σελ.42 |
| Εικόνα 27 | Ο ανθρωποκεντρικός φωτισμός βασίζεται στην φυσική εξέλιξη φωτός της μέρας, έχοντας θετικά αποτελέσματα στο άτομο http://en.licht.de/ , https://www.ledvance.com/professional/products/product-stories/human-centric-lighting | σελ.43 |
| Εικόνα 28 | Σχηματική παράσταση του φωτομετρικού νόμου των αποστάσεων https://docplayer.gr/13457885-Fotouetrika-uegethi-poliki-katanoui-fotovoliias.html | σελ.45 |
| Εικόνα 29 | Richard Kelly (1910-1977) https://www.blairmcintosh.com/blog/2018/2/21/richard-kelly | σελ.51 |
| Εικόνα 30 | Τα 3 δόγματα σχεδιασμού φωτισμού https://www.blairmcintosh.com/blog/2018/2/21/richard-kelly | σελ.51 |
| Εικόνα 31 | Φωτισμός Χώρου Γραφείων, αποτύπωση lx μέσα από το πρόγραμμα ReLux | σελ.52 |
| Εικόνα 32 | 3D απεικόνιση φωτισμού Χώρου Γραφείων , μέσα από το πρόγραμμα ReLux | σελ.52 |
| Εικόνα 33 | Φωτισμός Χώρου Γραφείων, αποτύπωση lx μέσα από το πρόγραμμα ReLux | σελ.53 |
| Εικόνα 34 | 3D απεικόνιση Χώρου Γραφείων , μέσα από το πρόγραμμα ReLux | σελ.53 |
| Εικόνα 35 | Παιχνίδι φωτός https://litawards.com/winners/winner.php?id=2439&mode=win | σελ.54 |
| Εικόνα 36 | Μέση αλλαγή στη θετική διάθεση σε γυναίκες και άνδρες ως συνάρτηση της ηλικίας Effects of Indoor Lighting p-824 (p.9 of pdf) | σελ.55 |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

| | | |
|------------------|---|--------|
| Εικόνα 37 | Μέση αλλαγή στην αρνητική διάθεση σε νεότερους και μεγαλύτερους ενήλικες ως συνάρτηση ψυχρού και θερμού φωτισμού Effects of Indoor Lighting p-825 (p.10 of pdf) | σελ.56 |
| Εικόνα 38 | Μέση Επίδοση Επίλυσης Προβλημάτων σε Γυναίκες και Άντρες ως συνάρτηση της ηλικίας Effects of Indoor Lighting p-826 (p.11 of pdf) | σελ.56 |
| Εικόνα 39 | Διαδικασίες που επηρεάζουν το άτομο Photoshop | σελ.57 |
| Εικόνα 40 | 3D απεικόνιση Χώρου Γραφείων , μέσα από το πρόγραμμα ReLux | σελ.60 |
| Εικόνα 41 | Σύγκριση έντασης δύο φωτεινών πηγών διαφορετικού μεγέθους και έντασης φωτισμού | σελ.60 |
| Εικόνα 42 | Βαθμίδες Βαθμολόγησης LEED, https://www.usgbc.org/help/what-leed | σελ.64 |
| Εικόνα 43 | Έννοιες WELL και μερικές τυπικές βελτιώσεις https://www.building.co.uk/data/sustainability-the-well-standard/5102980.article | σελ.70 |
| Εικόνα 44 | Έννοιες WELL και WELL v2 https://www.building.co.uk/data/sustainability-the-well-standard/5102980.article | σελ.71 |
| Εικόνα 45 | TA 10 ΣΗΜΕΙΑ ΤΟΥ WELLBEING https://www.3blmedia.com/News/Well-Tip-Understanding-Comparison-Between-Well-V1-and-Well-V2-Pilot | σελ.72 |
| Εικόνα 46 | Παράδειγμα για Μελανοπικό ισοδύναμο φωτισμό ημέρας E_v , mel, D65 http://lightingforpeople.eu/2016/wp-content/uploads/2016/10/Day-light-related-metrics-for-human-centric-lighting.pdf | σελ.76 |
| Εικόνα 47 | Επίπεδα μελατονίνης και κορτιζόλης στο άτομο https://www.parans.com/the-circadian-rhythm-in-balance/ | σελ.76 |
| Εικόνα 48 | Απεικόνιση Σχέσης κερκάρδιου ερεθίσματος με κερκάρδιο φωτισμό https://lightglasslighting.com/circadian-lighting-vs-color-tuning/ | σελ.77 |
| Εικόνα 49 | Πίνακας συστάσεων WELL Building Standard, DIN SPEC 67600 https://www.thelightreviewonline.com/circadian-lighting-youre-asking-the-wrong-question/ | σελ.78 |
| Εικόνα 50 | Εσωτερικός χώρος Γραφείων Helvar https://helvar.com/case-studies/office/helvar-hq-finland/ | σελ.79 |
| Εικόνα 51 | Κατοψική απεικόνιση Ζώνης Κινητικότητας και Ζώνης Γραφείων | σελ.81 |
| Εικόνα 52 | Μελέτη 1 Κατοψική απεικόνιση αποτελεσμάτων Έντασης φωτισμού, προσπάθεια 2 | σελ.82 |
| Εικόνα 53 | Μελέτη 2 Κατοψική απεικόνιση αποτελεσμάτων Έντασης φωτισμού, προσπάθεια 1 | σελ.86 |
| Εικόνα 54 | Κατοψική απεικόνιση τιμών Μέσης κυλινδρικής έντασης φωτισμού (E_z) | σελ.87 |
| Εικόνα 55 | 3D απεικόνιση εσωτερικού χώρου | σελ.87 |
| Εικόνα 56 | Ογκογράφημα – Παρουσίαση κατανομής έντασης φωτός μέσα στον χώρο, ReLux | σελ.88 |
| Εικόνα 57 | Σχέση Κερκάρδιου φωτισμού και επίπεδα μελατονίνης | σελ.90 |
| Εικόνα 58 | Μελέτη 2 Κατοψική απεικόνιση αποτελεσμάτων Έντασης φωτισμού, προσπάθεια 2 | σελ.91 |
| Εικόνα 59 | Γραφική παράσταση σχέσης Κερκάρδιου φωτισμού, ερεθισμάτων και επιπέδων μελατονίνης | σελ.93 |
| Εικόνα 60 | Μελέτη 3 Κατοψική απεικόνιση αποτελεσμάτων Έντασης φωτισμού | σελ.94 |
| Εικόνα 61 | Μελέτη 3 3D απεικόνιση χώρου | σελ.94 |
| Εικόνα 62 | Μελέτη 3 3D απεικόνιση χώρου | σελ.95 |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

| | | |
|------------------|--|---------|
| Εικόνα 63 | Γραφική παράσταση σχέσης Κιρκάδιου φωτισμού, ερεθισμάτων και επιπέδων μελατονίνης | |
| Εικόνα 64 | Βασικά χαρακτηριστικά ενός ποιοτικού σχεδιασμού https://www.google.com/imgres?imgurl=x-raw-image%3A%2F%2F%2F56457b3ae34956c3374bfd7098db2066cfd9713d508b2d20d9f18b54e0bfc58b | σελ.100 |
| Εικόνα 65 | Σχέση θερμοκρασίας χρώματος και κιρκάδιου ερεθίσματος κατά την διάρκεια της ημέρας ⁶³ https://lledoenergia.es/en/daylighting-metrics-cs/ | |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

| | | |
|-------------------|--|--------|
| Πίνακας 1 | ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΑΝΑ ΤΥΠΟ ΛΑΜΠΤΗΡΑ https://www.ledcity.gr/article?article_id=1 | σελ.20 |
| Πίνακας 2 | Τύποι φωτιστικών https://oaedhlectrologoi.blogspot.com/2016/11/blog-post_25.html | σελ.22 |
| Πίνακας 3 | Καθορισμός των απαιτήσεων φωτισμού ανάλογα με την επιφάνεια εργασίας και τον χώρο., τα δεδομένα πάρθηκαν από την ΤΟΤΕΕ | σελ.27 |
| Πίνακας 4 | Δείκτης θάμβωσης και συνθήκες φωτισμού, ΤΟΤΕΕ | σελ.33 |
| Πίνακας 5 | Πίνακας ανακλαστικότητας επιφανειών | σελ.34 |
| Πίνακας 6 | Μέγιστος δείκτης θάμβωσης ανάλογα τον χώρο., ΤΟΤΕΕ | σελ.34 |
| Πίνακας 7 | Επίπεδα φωτισμού επιμέρους περιοχών χώρου κατά EN 12464-1 | σελ.36 |
| Πίνακας 8 | Ποσοτικά κριτήρια σχεδιασμού για γραφεία σύμφωνα με EN 12464-1 | σελ.36 |
| Πίνακας 9 | Χώροι και απαιτούμενες προδιαγραφές https://www.techlumen.gr/el/odigoi-fotismoy/protypa-fotismoy-en12464-1-en12462-2 | σελ.46 |
| Πίνακας 10 | ΖΩΝΕΣ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΟΡΙΑ ΕΓΚΑΤΕΣΤΗΜΕΝΗΣ ΙΣΧΥΣ, EN 12464-1 | σελ.48 |
| Πίνακας 11 | Κατανάλωση ενέργειας ανά λειτουργία χώρου https://www.oleng.eu/fotismos-exoikonomisi-energeias-2/ | σελ.63 |
| Πίνακας 12 | Απαιτήσεις ισχύος εσωτερικού φωτισμού (μέθοδος space to space) , https://www.fcgov.com/building/files/lighting-wattage-worksheet-fillable1-space-by-space-2018.pdf | σελ.66 |
| Πίνακας 13 | Μέρος του Παραρτήματος 1 | σελ.69 |
| Πίνακας 14 | Προϋποθέσεις WELL https://www.youtube.com/watch?v=1ZSvow5xJ2M&t=358s | σελ.73 |
| Πίνακας 15 | Melanopic lux, EN 12464-1 | σελ.75 |
| Πίνακας 16 | Τυπικό ωράριο λειτουργίας κτηρίων ανά χρήση, Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017 | σελ.80 |
| Πίνακας 17 | Αποτελέσματα Μελέτης 1, Προσπάθεια 1 | σελ.82 |
| Πίνακας 18 | Αποτελέσματα Μελέτης 1, Προσπάθεια 2 | σελ.83 |
| Πίνακας 19 | Χαρακτηριστικά Φωτιστικού Σώματος Για την Ζ.Κ. | σελ.83 |
| Πίνακας 20 | Χαρακτηριστικά Φωτιστικού Σώματος Για την Ζ.Γ. | σελ.84 |
| Πίνακας 21 | Αποτελέσματα Μελέτης 2, Προσπάθεια 1 | σελ.85 |
| Πίνακας 22 | Αποτελέσματα Μελέτης 2, Προσπάθεια 2 | σελ.86 |
| Πίνακας 23 | Χαρακτηριστικά Φωτιστικού Σώματος Για την Ζ.Κ. | σελ.88 |
| Πίνακας 24 | Χαρακτηριστικά Φωτιστικού Σώματος Για την Ζ.Γ. | σελ.89 |
| Πίνακας 25 | Melanopic lux | σελ.90 |
| Πίνακας 26 | Αποτελέσματα Μελέτης 2, Προσπάθεια 2 | σελ.91 |

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

| | | |
|-------------------|--|--------|
| Πίνακας 27 | Χαρακτηριστικά Φωτιστικού Σώματος Για την Ζ.Κ. | σελ.95 |
| Πίνακας 28 | Χαρακτηριστικά Φωτιστικού Σώματος Για την Ζ.Γ. | σελ.97 |
| Πίνακας 28 | Πίνακας αποτελεσμάτων | σελ.97 |
| Πίνακας 29 | Φωτιστικά σώματα μελέτη 3.1 | σελ.97 |
| Πίνακας 30 | Φωτιστικά σώματα μελέτη 3.2 | σελ.98 |
| Πίνακας 31 | Πίνακας αποτελεσμ | σελ.99 |

ΠΗΓΕΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ | ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΗΛΙΑΚΑ ΚΤΙΡΙΑ | ΜΑΛΛΙΑΡΗΣ παιδεία

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΨΥΧΟΛΟΓΙΑ

https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/PPP105/%CE%92%CE%B9%CE%B2%CE%BB%CE%B9%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AF%CE%B1/enviro_psy_book.pdf

ΠΡΑΣΙΝΟ ΒΙΒΛΙΟ Φως στο μέλλον Επιτάχυνση της εξάπλωσης των καινοτόμων τεχνολογιών φωτισμού / * COM/2011/0889 τελικό */

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52011DC0889&from=EN>

EN12464-1

https://lumenlightpro.com/wp-content/themes/lumenlightpro/assets/EN_12464-1.pdf

<https://www.valosto.com/tiedostot/prEN%2012464-1.pdf>

Melanopic lux

A “Melanopic” Spectral Efficiency Function Predicts the Sensitivity of Melanops’ in Photoreceptors to Polychromatic Lights, Jazi al Enezi,* Victoria Revell,* Timothy Brown,* Jonathan Wynne,* Luc Schlangen,† and **Robert Lucas, PDF**

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΑ - ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΑΡΘΡΑ

«Ευφυής» και «ανθρωποκεντρικός» φωτισμός: Μία επανάσταση στην υπηρεσία των υπερηλίκων | Άρθρο του κ. Γεωργίου Ζήση και της κ. Estelle Guerry |

<https://www.electrologos.gr/wp-content/uploads/2021/03/%CE%95%CF%85%CF%86%CF%85%CE%B7%CC%81%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B1%CE%BD%CE%B8%CF%81%CF%89%CF%80%CE%BF%CE%BA%CE%B5%CE%BD%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CC%81%CF%82-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CC%81%CF%82.pdf>

Αρχιτεκτονικός φωτισμός: Ανθρωποκεντρικός φωτισμός, περιβάλλον και “έξυπνες” τεχνολογίες στο επίκεντρο

<http://buildinggreen.gr/architektonikos-fotismos-anthropokentrikos-fotismos-perivallon-ke-exypnes-technologies-sto-epikentro/>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

Φυσικό φως και αρχιτεκτονική Εκκλησία του Άγιου Ιωάννη του Βαπτιστή

<https://www.flashlight.gr/%CE%86%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%B1-m12/%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF-%CE%B3%CE%BD%CF%89%CF%83%CE%AF%CE%B1-s37/%CE%A6%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CF%86%CF%89%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B1%CF%81%CF%87%CE%B9%CF%84%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%BF%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE-id865>

S.Co.R.E. NATURAL LIGHTENING - Compatibility Model

http://www.scoremed.eu/documents/NATURAL%20LIGHTENING_GR.pdf

Τεχνικός_Οδηγός_ΚΣΜΚΕ

https://www.cea.org.cy/TOPICS/Buildings/2016/%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CE%9F%CE%B4%CE%B7%CE%B3%CF%8C%CF%82_%CE%9A%CE%A3%CE%9C%CE%9A%CE%95_FINAL.pdf

TOTEE 20701-7

<https://web.tee.gr/wp-content/uploads/TOTEE-20701-7-2021.pdf>

ΚΑΠΕ CRES

<http://www.cres.gr/services/istos.chtm?prnbr=25338&locale=el>

Τεχνικό Άρθρο - Πίνακας 13. Συστήματα φωτισμού

<https://kemioteko.gr/index.php/pyli-ergaleion/pea/pinakas-13-systimata-fotismoy>

ΧΡΩΜΑΤΙΚΟΣ ΔΕΙΚΤΗΣ

https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3491/1/02_chapters_02.pdf

<https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/834/1/02%20chapter%2014.pdf>

Ανθρωποκεντρικός φωτισμός

https://www.iald.org/About/About-Lighting-Design/Benefits-of-Good-Lighting?fbclid=IwAR3KWePtulYqE1nmFondlldRKFlj8wj48nd7_PzeAFy9EbguxDvcEAPv_tw

<https://www.electrologos.gr/wp-content/uploads/2021/03/%CE%95%CF%85%CF%86%CF%85%CE%B7%CC%81%CF%82-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B1%CE%BD%CE%B8%CF%81%CF%89%CF%80%CE%BF%CE%BA%CE%B5%CE%BD%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CC%81%CF%82-%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%BF%CC%81%CF%82.pdf>

<https://daewhakang.com/wellbeing/case-study-the-living-lab/? x tr sl=en& x tr tl=el& x tr hl=it& x tr pto=ajax,se,elem,sc>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6751071/>

<http://www.iis.org/CDs2008/CD2008SCI/SCI2008/PapersPdf/S232RV.pdf>

Η επίδραση των ενεργειακών κανονισμών στο σχεδιασμό φωτισμού (Lighting Design)

<https://sleep.hms.harvard.edu/>

https://nuckollsfund.org/wp-content/uploads/2013/04/ies_light_seniors_symposium_20121.pdf

<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1477153520958448>

<https://www.osapublishing.org/ome/fulltext.cfm?uri=ome-6-6-1905&id=340687>

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15502724.2018.1501234>

<https://www.encyvermont.com/Media/Default/bbd/2014/docs/presentations/efficiency-vermont-walerczyk-attendees-human-centric-lighting.pdf>

<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1550147719875878>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6751071/>

<https://www.lightingeurope.org/>

<https://lledoenergia.es/en/daylighting-metrics-cs/>

https://jpp.krakow.pl/journal/archive/11_06_s5/articles/02_article.html

<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1477153516682368>

Παράδειγμα Μελέτης

https://helvar.com/wp-content/uploads/2021/03/Helvar-HQ_DATASHEET_EN.pdf

DALI

<https://www.moonsindustries.com/article/dali-basic>