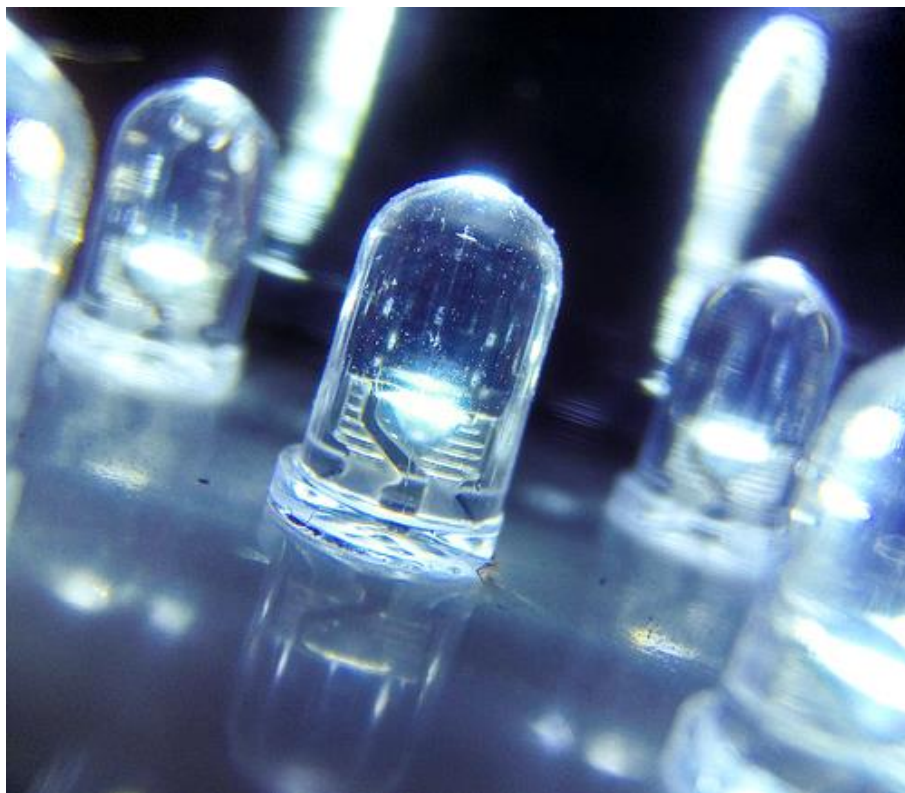


**Α.Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ**

**“ΜΕΛΕΤΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ΜΕ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ LED”**



**Επιβλέπων Καθηγητής:**  
**Σπουδαστής:**

**Ιωαννίδης Γεώργιος**  
**Ζάρδας Δημήτριος**

**Αν. Καθηγητής**  
**ΑΜ: 27137**

**Πειραιάς**

**Μάιος – 2014**

Copyright © Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή της για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ίδρυματος Πειραιά.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ευχαριστώ τον καθηγητή μου, κ. Ιωαννίδη Γεώργιο, για την πολύτιμη υποστήριξη και καθοδήγησή του, για την εκπόνηση ετούτης της πτυχιακής.

Ευχαριστώ την οικογένειά μου, για την αμέριστη αγάπη και υποστήριξή της.

Αφιερωμένη στη γυναίκα μου, Άννα, και την ερχόμενη κορούλα μας.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες .....	iii
Περιεχόμενα .....	iv
Λίστα σχημάτων .....	vi
Λίστα πινάκων .....	vii
Summary .....	1
Πρόλογος .....	2
<b>1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “Ημιαγωγοί - Δίοδοι” .....</b>	<b>4</b>
1.1 Γενικά στοιχεία αγωγών - ημιαγωγών .....	4
1.2 Διαφορές αγωγών - ημιαγωγών .....	4
1.2.1 Ειδική αντίσταση ημιαγωγών .....	4
1.2.2 Δομή αγωγών - ημιαγωγών .....	5
1.3 Κατασκευή ημιαγωγών .....	6
1.4 Γενικά στοιχεία διόδων .....	7
1.4.1 Ιδιότητες διόδων .....	7
1.4.2 Καταστροφή μιας διόδου .....	8
1.4.3 Χαρακτηριστική καμπύλη διόδου .....	9
1.5 Είδη διόδων .....	9
<b>2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “Δίοδος Φωτοεκπομπής - Light Emitting Diode (LED)” .....</b>	<b>12</b>
2.1 Περιγραφή – Ιστορική αναδρομή .....	12
2.1.1 Βασική αρχή λειτουργίας διόδου φωτοεκπομπής .....	12
2.1.2 Ιστορία της διόδου εκπομπής φωτός (LED) .....	13
2.2 Χαρακτηριστικά των LED .....	14
2.2.1 Χρώματα του φωτός των LED .....	14
2.2.2 Τύποι LED .....	15
2.2.2.1 Μικρά LED .....	15
2.2.2.2 Μεσαία LED .....	16
2.2.2.3 LED Υψηλής ισχύος .....	16
2.2.2.4 LED Ειδικών εφαρμογών .....	17
2.2.3 Διάρκεια ζωής και καταστροφή .....	17
2.3 Εφαρμογές των LEDs .....	18
2.3.1 Εφαρμογές ορατού φωτός .....	18
2.3.2 Εφαρμογές φωταγώγησης – Φωτισμός .....	19
2.3.3 Εφαρμογές μη ορατού φωτός .....	19
2.4 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα χρήσης LED .....	20
2.4.1 Πλεονεκτήματα .....	20
2.4.2 Μειονεκτήματα .....	21
<b>3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “Προδιαγραφές Μελέτης Φωτισμού σε Συγκρότημα Γραφείων” .....</b>	<b>22</b>
3.1 Προδιαγραφές μελέτης: πρότυπο EN12464-1:2011 .....	22
3.1.1 Φωτιστικές απαιτήσεις χώρου .....	22
3.1.2 Φωτιστικές περιοχές χώρου εργασίας .....	23
3.2 Φωτιστικά μεγέθη που αναφέρονται στη μελέτη .....	23
3.2.1 Φωτεινή ροή I (Lm) .....	23
3.2.2 Ένταση φωτισμού E (Lux) .....	24
3.2.3 Ομοιομορφία φωτισμού U .....	24
3.2.4 Λαμπρότητα (sb) .....	25
3.2.5 Θάμβωση (G) .....	25
3.3 Περιγραφή χώρων - δεδομένα - απαιτήσεις μελέτης .....	27
3.3.1 Περιγραφή χώρων μελέτης .....	27
3.3.1.1 Γραφείο .....	27
3.3.1.2 Γραφείο σχεδιασμού προϊόντων .....	29

3.3.1.3	Αίθουσα συνεδριάσεων.....	31
3.3.2	Δεδομένα - απαιτήσεις μελέτης φωτισμού.....	33
3.3.2.1	Καθορισμός πλέγματος υπολογισμού της έντασης φωτισμού.....	33
3.3.2.2	Ένταση κυλινδρικού και οριζόντιου φωτισμού. Λόγος Μοντελοποίησης.....	35
3.3.2.3	Συντελεστής συντήρησης φωτιστικής εγκατάστασης.....	36
<b>4<sup>ο</sup></b>	<b>Κεφάλαιο “Μελέτη με το Dialux”.....</b>	<b>39</b>
4.1	Υπάρχουσα εγκατάσταση με λαμπτήρες φθορισμού.....	39
4.1.1	Αποτελέσματα γραφείου.....	40
4.1.1.1	Ένταση φωτισμού και περίληψη του δωματίου.....	40
4.1.1.2	Ένταση και ομοιομορφία φωτισμού στη ζώνη εργασίας.....	41
4.1.1.3	Υπολογισμός θάμβωσης UGR.....	42
4.1.1.4	Κυλινδρικός φωτισμός και λόγος μοντελοποίησης.....	47
4.1.2	Αποτελέσματα γραφείου σχεδίασης προϊόντων.....	49
4.1.2.1	Ένταση φωτισμού και περίληψη του δωματίου.....	49
4.1.2.2	Ένταση και ομοιομορφία φωτισμού στη ζώνη εργασίας.....	50
4.1.2.3	Υπολογισμός θάμβωσης UGR.....	51
4.1.2.4	Κυλινδρικός φωτισμός και λόγος μοντελοποίησης στα 1,2 m.....	58
4.1.2.5	Κυλινδρικός φωτισμός και λόγος μοντελοποίησης στα 1,6 m.....	60
4.1.3	Αποτελέσματα αίθουσας συνεδριάσεων.....	62
4.1.3.1	Ένταση φωτισμού και περίληψη του δωματίου.....	62
4.1.3.2	Ένταση και ομοιομορφία φωτισμού στη ζώνη εργασίας.....	63
4.1.3.3	Υπολογισμός θάμβωσης UGR.....	64
4.1.3.4	Κυλινδρικός φωτισμός και λόγος μοντελοποίησης στα 1,2 m.....	69
4.1.4	Κόστος αρχικής εγκατάστασης.....	71
4.1.5	Σχέδιο και κόστος συντήρησης και λειτουργίας.....	72
4.1.6	Συμπεράσματα για την ήδη υπάρχουσα εγκατάσταση.....	76
4.2	Μελέτη εγκατάστασης με φωτιστικά LED.....	77
4.2.1	Αποτελέσματα γραφείου.....	79
4.2.1.1	Ένταση φωτισμού και περίληψη του δωματίου.....	79
4.2.1.2	Ένταση και ομοιομορφία φωτισμού στη ζώνη εργασίας.....	80
4.2.1.3	Υπολογισμός θάμβωσης UGR.....	81
4.2.1.4	Κυλινδρικός φωτισμός και λόγος μοντελοποίησης.....	86
4.2.2	Αποτελέσματα γραφείου σχεδίασης προϊόντων.....	88
4.2.2.1	Ένταση φωτισμού και περίληψη του δωματίου.....	88
4.2.2.2	Ένταση και ομοιομορφία φωτισμού στη ζώνη εργασίας.....	89
4.2.2.3	Υπολογισμός θάμβωσης UGR.....	90
4.2.2.4	Κυλινδρικός φωτισμός και λόγος μοντελοποίησης στα 1,2 m.....	95
4.2.2.5	Κυλινδρικός φωτισμός και λόγος μοντελοποίησης στα 1,6 m.....	97
4.2.3	Αποτελέσματα γραφείου συναντήσεων.....	99
4.2.3.1	Ένταση φωτισμού και περίληψη του δωματίου.....	99
4.2.3.2	Ένταση και ομοιομορφία φωτισμού στη ζώνη εργασίας.....	100
4.2.3.3	Υπολογισμός θάμβωσης UGR.....	101
4.2.3.4	Κυλινδρικός φωτισμός και λόγος μοντελοποίησης.....	106
4.2.4	Κόστος αρχικής εγκατάστασης.....	108
4.2.5	Σχέδιο και κόστος συντήρησης και λειτουργίας.....	109
4.2.6	Συμπεράσματα για τη μελέτη με φωτιστικά LED.....	113
	<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>1</b>
	<b>Παράρτημα 1.....</b>	<b>2</b>
	<b>Παράρτημα 2.....</b>	<b>3</b>

## ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1	Κρυσταλλική δομή πυριτίου. Με πορτοκαλί σημειώνονται οι ομοιοπολικοί δεσμοί.	5
Σχήμα 1.2	Ημιαγωγός τύπου N	6
Σχήμα 1.3	Ημιαγωγός τύπου P	6
Σχήμα 1.4	Σχηματική αναπαράσταση και πραγματική μορφή διόδου	7
Σχήμα 1.5	Ορθή και ανάστροφη πόλωση μιας διόδου	8
Σχήμα 1.6	Χαρακτηριστική καμπύλη μιας διόδου	9
Σχήμα 2.1	Σχηματική αναπαράσταση και πραγματική μορφή LED	12
Σχήμα 2.2	Πραγματική μορφή μικρών LED ( διαμέτρου 3, 5 και 8 mm)	15
Σχήμα 2.3	Πραγματική μορφή μεσαίων LED	16
Σχήμα 2.4	Πραγματική μορφή LED υψηλής ισχύος	16
Σχήμα 3.1	Προοπτικό σχέδιο γραφείου	27
Σχήμα 3.2	Κάτοψη γραφείου	28
Σχήμα 3.3	Προοπτικό σχέδιο γραφείου σχεδίασης προϊόντων	29
Σχήμα 3.4	Κάτοψη γραφείου σχεδίασης προϊόντων	30
Σχήμα 3.5	Προοπτικό σχέδιο αίθουσας συνεδριάσεων	31
Σχήμα 3.6	Κάτοψη αίθουσας συνεδριάσεων	32

## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1	Χρώματα των LED .....	14
Πίνακας 3.1	Φωτοτεχνικά χαρακτηριστικά για χώρους γραφείων .....	22
Πίνακας 3.2	Σχέση εντάσεως φωτισμού περιβάλλουσας περιοχής με την περιοχή εργασίας	23
Πίνακας 3.3	Πίνακας τιμών μεθόδου UGR.....	26
Πίνακας 3.4	Απόσταση και αριθμός κελιών πλέγματος υπολογισμού.....	34
Πίνακας 3.5	Πίνακας κατηγοριοποίησης συνθηκών περιβάλλοντος .....	37
Πίνακας 3.6	Πίνακας κατηγοριοποίησης φωτιστικών σωμάτων .....	38
Πίνακας 4.1	Αρχικό κόστος εγκατάστασης φωτιστικών φθορισμού .....	71
Πίνακας 4.2	Ώρες ηλιοφάνειας ανά μέρα και μήνα στην Αθήνα .....	72
Πίνακας 4.3	Μέρες ηλιοφάνειας ανά μέρα και μήνα στην Αθήνα.....	72
Πίνακας 4.4	Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων - φωτιστικά φθορισμού.....	75
Πίνακας 4.5	Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων - φωτιστικά LED .....	111
Πίνακας 4.6	Σύγκριση αποτελεσμάτων φθορισμού - Led.....	112

# SUMMARY

The subject of this exercise, is the lighting design of office spaces, using luminaries that incorporate LED technology. In the beginning there is an analysis of the semiconductors and diodes, followed by a brief history of the LED lamp evolution and luminaries. Based upon the European Lighting Requirements document, the lighting is redesigned in existing office spaces, using LED technology, in order to analyze and study the lighting characteristics and the efficiency of LED lighting in commercial uses. Factors such as luminance, luminance uniformity, glare and color are explained and noticed, as well as the cost of the investment and the energy savings that occur because of the reduced energy consumption. In order to complete the study and assist in the conclusions drawing, special lighting design software is used, specialized in indoor lighting design.

The first chapter analyses the semiconductors, regarding their structure, characteristics and function, in order to provide the basis for the study of the diodes that follow. The characteristics, curve and different types of diodes are mentioned and analyzed.

In the second chapter, the focus is on the light emitting diode ((LED), starting from its functioning principle, a short history of how it was discovered and developed. Following are the characteristics and the different kinds of LEDs that exist, to arrive to the multiple applications that LEDs are used and the main advantages and disadvantages of their usage.

In the third chapter, the lighting requirements as per the European lighting standard EN 12464-1 dictates are explained, along with all the lighting sizes that are mentioned and used in the lighting design study, followed by a presentation of the spaces that are studied.

In the fourth and last chapter, the existing lighting in the above spaces is analyzed and valued, while a new lighting design is made with the help of the Dialux lighting software, using LED luminaries and conforming to the European standard.

**Keywords:** semiconductor, LED, light emitting diode, light, lighting design, activity area, background area, task area, luminance, luminance distribution, illuminance, illuminance uniformity, glare, discomfort glare, color rendering, energy efficient, European lighting requirements



# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή αυτή εργασία πραγματεύεται τη μελέτη φωτισμού σε μια συστάδα γραφείων, χρησιμοποιώντας λαμπτήρες και φωτιστικά νέας τεχνολογίας, τύπου LED, σύμφωνη με το ευρωπαϊκό πρότυπο φωτισμού εσωτερικών χώρων. Θα εξεταστεί κατά πόσο αποτελούν μια επαρκή εναλλακτική λύση σε σχέση με την έως τώρα πεπατημένη, τη χρησιμοποίηση δηλαδή κλασσικών και συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού. Επίσης θα αξιολογηθούν τόσο η ποιότητα του φωτός που παράγουν λαμβάνοντας υπ' όψιν όλες τις φωτιστικές παραμέτρους, όσο και το κόστος αγοράς και εγκατάστασης των φωτιστικών σε μια ήδη υπάρχουσα ηλεκτρολογική εγκατάσταση. Για τους παραπάνω σκοπούς, θα χρησιμοποιηθεί εξειδικευμένο λογισμικό σχεδίασης και πραγματοποίησης φωτιστικής μελέτης σε εσωτερικούς χώρους.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση των ημιαγωγών, όσον αφορά την κατασκευή και τα χαρακτηριστικά, ώστε να περάσουμε στις διόδους, μελετώντας τις ιδιότητες, τη χαρακτηριστική τους καμπύλη, αλλά και τα διάφορα είδη διόδων που υπάρχουν.

Περνώντας στο δεύτερο κεφάλαιο, μελετάται συγκεκριμένα η δίοδος φωτοεκπομπής, αρχικά με την αρχή λειτουργίας της και μια μικρή ιστορική αναδρομή και έπειτα οι διάφοροι τύποι και τρόποι χρησιμοποίησης της δίοδου φωτοεκπομπής, καθώς αναφέρονται τα κυριότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται οι προδιαγραφές του φωτισμού κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 12464-1, καθώς και όλα τα φωτιστικά μεγέθη που αναφέρονται σε αυτό, το οποία χρησιμοποιούνται στη μελέτη. Ακολουθεί παρουσίαση των χώρων στους οποίους πραγματοποιείται η μελέτη.

Στο τέταρτο και τελευταίο κεφάλαιο, αναλύονται τα φωτιστικά χαρακτηριστικά στους παραπάνω χώρους με την υπάρχουσα φωτιστική εγκατάσταση και έπειτα εκπονείται νέα φωτιστική μελέτη με τη βοήθεια του λογισμικού Dialux, κάνοντας χρήση φωτιστικών νέας τεχνολογίας (LED), συμμορφωμένη με τις προδιαγραφές του ευρωπαϊκού προτύπου.

**Λέξεις κλειδιά:** ημιαγωγός, δίοδος, δίοδος φωτοεκπομπής, φωτισμός εσωτερικών χώρων, φωτεινή ροή, ένταση φωτισμού, ομοιομορφία φωτισμού, λαμπρότητα, θάμβωση, ενέργεια,

οικονομία, φωτιστική μελέτη εγκατάστασης, ευρωπαϊκό πρότυπο φωτισμού εσωτερικών χώρων

# 1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

## “ΗΜΙΑΓΩΓΟΙ - ΔΙΟΔΟΙ”

### 1.1 Γενικά στοιχεία αγωγών - ημιαγωγών

Τα στερεά σώματα χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες ανάλογα με την ικανότητά τους να διαρρέονται από το ηλεκτρικό ρεύμα:

- α) Καλοί αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος
- β) Κακοί αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος

Οι καλοί αγωγοί του ηλεκτρικού ρεύματος μπορούν επίσης να χωριστούν σε δύο κατηγορίες:

- α) Αγωγοί και υπεραγωγοί
- β) Ημιαγωγοί

Στην κατηγορία των αγωγών περιλαμβάνονται κυρίως μέταλλα και κεραμικά υλικά, ενώ στην κατηγορία των ημιαγωγών περιλαμβάνονται υλικά όπως το γερμάνιο (Ge), το πυρίτιο (Si), το σελήνιο (Se), κάποια οξείδια (οξείδιο του χαλκού  $\text{Cu}_2\text{O}$ , οξείδιο του ψευδάργυρου  $\text{ZnO}$ ) όπως και κάποιες χημικές ενώσεις (γαλιούχο αρσενικό GaAs, θειικό κάδμιο CdS).

### 1.2 Διαφορές αγωγών - ημιαγωγών

Δύο είναι οι βασικές διαφορές μεταξύ αγωγών και ημιαγωγών: η ειδική τους αντίσταση και η δομή τους.

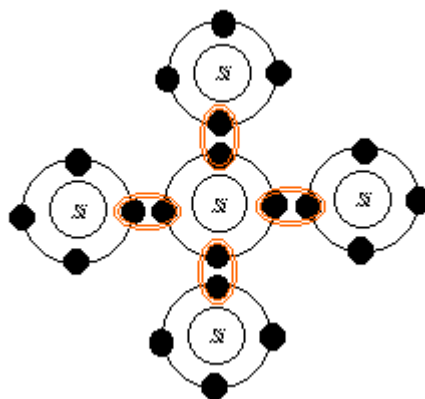
#### 1.2.1 Ειδική αντίσταση ημιαγωγών

Η βασική διαφορά που μπορούμε να βρούμε ανάμεσα στους ημιαγωγούς και τους αγωγούς (μέταλλα) είναι η ειδική τους αντίσταση, λαμβάνοντας όμως υπόψη και διάφορα άλλα φαινόμενα που επιδρούν στη φύση της ύλης. Παραδείγματος χάριν, η μεταβολή της θερμοκρασίας μεταβάλλει πιο πολύ την αντίσταση ενός ημιαγωγού παρά ενός μετάλλου και ειδικότερα, η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει την ειδική αντίσταση των ημιαγωγών, ενώ

την αυξάνει στα μέταλλα. Είναι συνήθης τακτική, να εισάγονται προσμίξεις στους ημιαγωγούς, ώστε να μειώνεται η ειδική αντίσταση του τελικού προϊόντος σε σχέση με το κάθε στοιχείο ξεχωριστά. Αυτή η σχέση, δηλαδή το είδος και η ποσότητα των προσμειξεων σε σχέση με την αγωγιμότητα του ημιαγωγού, αποτελεί και την αρχή κατασκευής των ημιαγωγών.

### 1.2.2 Δομή αγωγών - ημιαγωγών

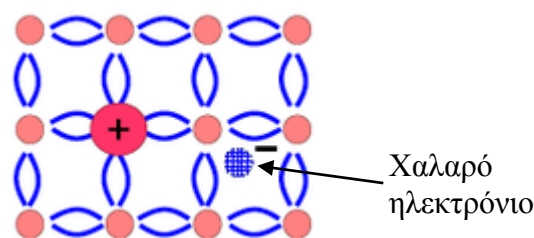
Η δεύτερη διαφορά που μπορούμε να βρούμε ανάμεσα στους αγωγούς και τους ημιαγωγούς, είναι η δομή τους. Οι ημιαγωγοί διατάσσονται σε κρυσταλλική μορφή, δηλαδή σε μια επαναλαμβανόμενη σταθερή δομή. Δύο γειτονικά άτομα αυτής της δομής, μοιράζονται ένα ζεύγος ηλεκτρονίων, δημιουργώντας ομοιοπολικούς δεσμούς. Παραδείγματος χάριν, σε μια κρυσταλλική δομή του πυριτίου (Σχήμα 1.1) παρατηρούμε ότι το κεντρικό άτομο μοιράζεται τα ηλεκτρόνιά του με τα άτομα γύρω του. Αυτή η δομή είναι σταθερή, και επειδή δεν υπάρχουν ελεύθερα ηλεκτρόνια για να κινηθούν και να προκαλέσουν ηλεκτρική αγωγιμότητα, οι ημιαγωγοί είναι μονωτές, κάτι που όμως ισχύει μόνο για θερμοκρασία  $-273^{\circ}$  Κελσίου, δηλαδή στο απόλυτο μηδέν (0 Kelvin). Αυξάνοντας την θερμοκρασία (ακόμη και θερμοκρασία δωματίου αρκεί) σπάνε οι ομοιοπολικοί δεσμοί, και στην κρυσταλλική δομή εμφανίζονται «οπές» καθώς και ελεύθερα ηλεκτρόνια. Οι οπές είναι θετικά φορτία με απόλυτη τιμή ίση με αυτή των ηλεκτρονίων, και είναι έτοιμες να δεχθούν κάποια από τα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Εφαρμόζοντας λοιπόν μία τάση στα άκρα ενός ημιαγωγού, παρατηρούμε τα ελεύθερα ηλεκτρόνια να κινούνται προς το θετικό πόλο, ενώ οι οπές, εφόσον είναι θετικά φορτία να κινούνται προς τον αρνητικό πόλο. Παρατηρούμε λοιπόν, ότι στους ημιαγωγούς εκδηλώνεται ηλεκτρική αγωγιμότητα από τα ελεύθερα ηλεκτρόνια, αλλά και τις οπές, αντιθέτως με τους αγωγούς, όπου εκεί εκδηλώνεται μόνο από τα ηλεκτρόνια.



Σχήμα 1.1 Κρυσταλλική δομή πυριτίου. Με πορτοκαλί σημειώνονται οι ομοιοπολικοί δεσμοί.

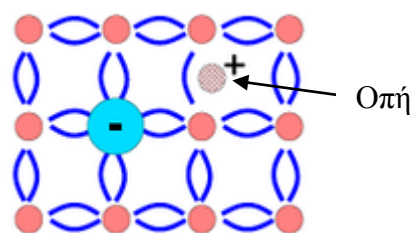
### 1.3 Κατασκευή ημιαγωγών

Οι ημιαγωγοί κατασκευάζονται κυρίως από πυρίτιο, το οποίο βρίσκεται σε αφθονία στη φύση, είναι φθηνό στην εξαγωγή του και παραμένει ημιαγωγός ακόμη και σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης κατασκευάζονται από γερμάνιο, αλλά είναι πιο σπάνιο υλικό και δεν έχει τις ιδιότητες του πυριτίου. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα στοιχεία αυτά διευκολύνουν την αγωγή του ρεύματος όταν έχουν προσμειχθεί με άλλα στοιχεία. Όταν προσμειχθούν με στοιχεία που τους αποδίδουν περίσσια ηλεκτρονίων, τότε ονομάζονται ημιαγωγοί τύπου «n», ενώ εάν προσμειχθούν με στοιχεία που τους αποδίδουν περίσσια οπών, τότε ονομάζονται ημιαγωγοί τύπου «p». Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται οι δύο τύποι ημιαγωγών.



Σχήμα 1.2 Ημιαγωγός τύπου N

Σε αυτή την περίπτωση, μέσα σε έναν κρύσταλλο γερμανίου, έχει προσμειχθεί άτομο ενός πεντασθενούς στοιχείου. Τα τέσσερα ηλεκτρόνια του στοιχείου θα σχηματίσουν ομοιοπολικούς δεσμούς με τα άτομα του γερμανίου, ενώ θα παραμείνει χαλαρό το πέμπτο ηλεκτρόνιο.



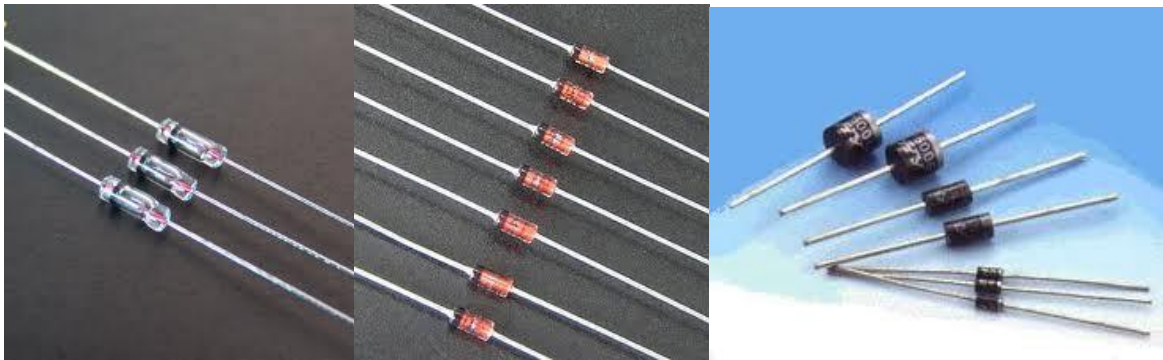
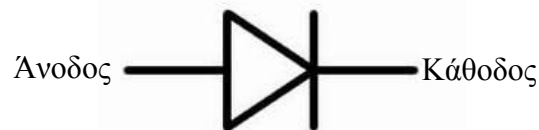
Σχήμα 1.3 Ημιαγωγός τύπου P

Σε αυτή την περίπτωση, μέσα σε έναν κρύσταλλο γερμανίου έχει προσμειχθεί άτομο τρισθενούς στοιχείου. Τα τρία ηλεκτρόνια του στοιχείου σχηματίζουν ομοιοπολικούς δεσμούς με τα άτομα του γερμανίου, ενώ θα παραμείνει και μία οπή, εκεί που δεν σχηματίζεται δεσμός με το ηλεκτρόνιο του ατόμου του γερμανίου.

Οι ημιαγωγοί τύπου n και τύπου p, αποτελούν βασικά στοιχεία στη δημιουργία των διόδων, οι οποίες περιγράφονται στο επόμενο κεφάλαιο.

## 1.4 Γενικά στοιχεία διόδων

Μία διάδος σχηματίζεται όταν σε έναν ημιαγωγό δημιουργηθούν με τις κατάλληλες προσμεϊξεις, δύο περιοχές στα άκρα του: μία τύπου N και μία τύπου P. Αποτελεί ένα βασικό εξάρτημα για την κατασκευή ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και χρησιμοποιείται κυρίως σε κυκλώματα με ρεύματα της τάξης των mA. Υπάρχουν βέβαια και διάδοι ισχύος που καλούνται να ανταπεξέλθουν σε ρεύματα της τάξεως ακόμη και των χιλιάδων Amperes.



Σχήμα 1.4 Σχηματική αναπαράσταση και πραγματική μορφή διόδου

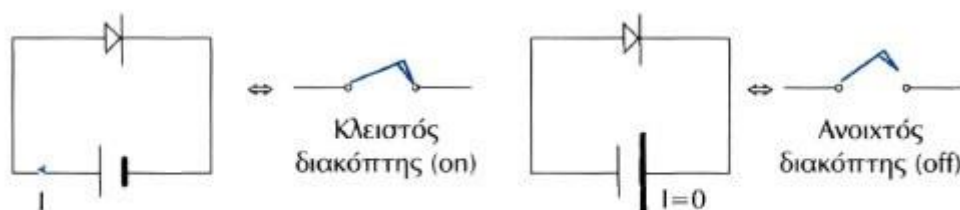
Οι διάδοι χρησιμοποιούνται ευρέως σε ηλεκτρονικά κυκλώματα διαφόρων τύπων. Μερικά από αυτά είναι κυκλώματα μετατροπής ισχύος μέσω ανορθωτών, κατασκευή λογικών πυλών, μέτρηση της θερμοκρασίας, αλλά και άλλες εφαρμογές που περιγράφονται αναλυτικότερα στα είδη διόδων.

### 1.4.1 Ιδιότητες διόδων

Οι βασικότερες ιδιότητες που παρουσιάζει μία διάδος είναι:  
όταν συνδεθεί με μια πηγή ρεύματος και ανάλογα με την πολικότητα αυτής, παρουσιάζει πολύ μικρή, ή πολύ μεγάλη αντίσταση (λειτουργεί δηλαδή σαν διακόπτης) και

είναι ένα "εργαλείο" ανόρθωσης του εναλλασσόμενου ρεύματος.

Το άκρο P αποτελεί την άνοδο της διόδου, ενώ το άκρο N αποτελεί την κάθοδο. Εάν συνδέσουμε μία πηγή με τη διόδο, τον θετικό πόλο της με το άκρο P, και τον αρνητικό με το άκρο N, τότε λέμε ότι έχουμε πολώσει ορθά τη διόδο και αυτή θα επιτρέψει να τη διαπεράσει το ηλεκτρικό ρεύμα, ενώ εάν συνδέσουμε τον αρνητικό πόλο με το άκρο P και τον θετικό με το άκρο N, τότε έχουμε πολώσει ανάστροφα, και το ηλεκτρικό ρεύμα δεν θα διαπεράσει τη διόδο, η οποία τώρα λειτουργεί σαν διακόπτης.



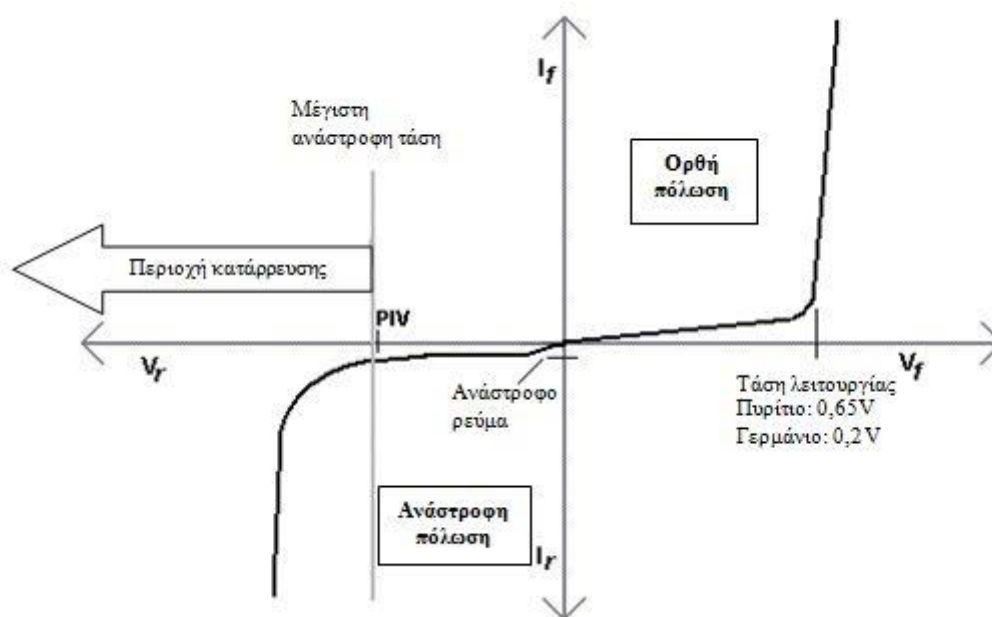
Σχήμα 1.5 Ορθή και ανάστροφη πόλωση μιας διόδου

#### 1.4.2 Καταστροφή μιας διόδου

Σε κανονική θερμοκρασία περιβάλλοντος, μεταξύ των δύο περιοχών P και N, υπάρχει μια διαφορά δυναμικού  $\Delta\phi_0$ , η οποία κυμαίνεται από 0,3V για τους ημιαγωγούς από γερμάνιο, έως 0,8V για ημιαγωγούς από πυρίτιο. Κατά την ορθή πόλωση της διόδου, αυτή η διαφορά δυναμικού, θα πρέπει να ξεπεραστεί ώστε να αρχίσει να περνά ρεύμα από τη διόδο. Κατά την ανάστροφη πόλωση μιας διόδου, το ρεύμα δεν μηδενίζεται εντελώς, αλλά παραμένει ένα πολύ μικρό ρεύμα διαρροής (ανάστροφο). Το ανάστροφο ρεύμα είναι άμεσα συσχετισμένο με την τάση που έχει εφαρμοστεί στα άκρα της διόδου, και συγκεκριμένα, όταν αυτή η τάση αυξάνεται, αυξάνεται και το ανάστροφο ρεύμα. Όταν η ανάστροφα εφαρμοζόμενη τάση φτάσει κάποια συγκεκριμένη τιμή, η οποία είναι η μέγιστη ανάστροφη τάση μιας διόδου, οι ανορθωτικές ιδιότητες της διόδου καταστρέφονται, η διόδος καταρρέει, περνάει από μέσα της υψηλό ρεύμα και τελικά καταστρέφεται. Η μέγιστη ανάστροφη τάση στα άκρα μιας διόδου ονομάζεται και τάση διάσπασης. Μία ακόμη αιτία καταστροφής μιας διόδου, είναι η υπερθέρμανση, λόγω του αυξημένου ρεύματος. Στην πράξη, χρησιμοποιούνται συστήματα ψύξης ή ψήκτρες για να αποφεύγονται τέτοια φαινόμενα.

### 1.4.3 Χαρακτηριστική καμπύλη διόδου

Στην παρακάτω γραφική παράσταση, απεικονίζεται η χαρακτηριστική καμπύλη της διόδου.



Σχήμα 1.6 Χαρακτηριστική καμπύλη μιας διόδου

Παρατηρούμε ότι κατά την ορθή πόλωσή της, το ρεύμα που τη διαπερνά αυξάνεται εφόσον η εφαρμοζόμενη τάση στα άκρα της ξεπεράσει την αρχική διαφορά δυναμικού της, που εξαρτάται από το υλικό κατασκευής της. Επίσης απεικονίζεται το ανάστροφο ρεύμα σε περίπτωση ανάστροφης πόλωσης, καθώς και η απότομη αύξηση αυτού, όταν η τάση ξεπεράσει την τάση διάσπασης της διόδου.

## 1.5 Είδη διόδων

- Δίοδος επαφής

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η δίοδος επαφής αποτελείται από ένα σύστημα ημιαγωγού που έχει μια επαφή P-N και δύο πόλους, την άνοδο (A) και την κάθοδο (K). Η άνοδος αντιστοιχεί στο τμήμα P και η κάθοδος στο τμήμα N. Η δίοδος επαφής δημιουργείται από έναν κρύσταλλο τύπου N όπου με σύγχρονες τεχνολογικές μεθόδους, δημιουργείται το τμήμα P. Τα αρχικά υλικά είναι ράβδοι πυριτίου ή γερμανίου, οι οποίες κόβονται σε πλακίδια, οι διαστάσεις των οποίων καθορίζουν και τα χαρακτηριστικά της διόδου. Στις διόδους μεγάλης ισχύος, η διάμετρος παίρνει τιμές από 5 έως 25mm και το πάχος από 0,35 έως 0,4mm, ενώ για μικρότερες διόδους, το πάχος πέφτει κάτω από τα 0,2mm.



- Δίοδος ακίδας

Οι διόδους ακίδας έχουν λόγω της κατασκευής τους πολύ μικρή παρασιτική χωρητικότητα, για αυτό και χρησιμοποιούνται για την ανόρθωση πολύ μικρών (μερικά mA), αλλά υψηλών συχνοτήτων (αρκετά MHz) ρευμάτων. Συναντάμε τέτοια ρεύματα σε συστήματα φώρασης, κυκλώματα δεκτών τηλεόρασης, ραντάρ, καθώς και σε κυκλώματα παλμών. Συνήθως τοποθετούνται σε γυάλινο ή μεταλλικό περίβλημα για προστασία.

- Δίοδος Zener

Η δίοδος Zener χρησιμοποιείται κυρίως ως σταθεροποιητής τάσης. Όταν πολώνεται ορθά, λειτουργεί σαν μια απλή ανορθωτική δίοδος, όταν όμως πολωθεί ανάστροφα, το ανάστροφο ρεύμα είναι πολύ μικρό, έως η τιμή της τάσης φτάσει την τάση διάσπασης. Τότε η αντίσταση της διόδου μειώνεται, το ρεύμα ανάστροφο αυξάνεται, όμως λόγω της κατασκευής της, η δίοδος δεν καταστρέφεται, αλλά συνεχίζει να λειτουργεί έως ότου η τάση επανέλθει σε τιμή πάνω από αυτή της τάσης διάσπασης. Η δίοδος Zener έχει μεγάλη αντοχή στη θερμοκρασία, και χρησιμοποιείται εν σειρά, εάν θέλουμε να πετύχουμε σταθεροποίηση μεγάλων τάσεων.

- Δίοδος σήραγγας

Εκ κατασκευής, το πλάτος της επαφής μιας διόδου σήραγγας, είναι πάρα πολύ μικρό, έτσι οι φορείς δεν χρειάζεται να υπερπηδήσουν το φράγμα δυναμικού μεταξύ των περιοχών P-N, αλλά ουσιαστικά απορροφούνται μεταξύ των περιοχών. Λόγω αυτού, για πολύ μεγάλες τάσεις, η δίοδος εμφανίζει αρνητική αντίσταση και χρησιμοποιείται κυρίως ως ενισχυτής και ταλαντωτής, με εφαρμογές στα κυκλώματα τηλεόρασης, μικροκυμάτων και ηλεκτρονικών υπολογιστών.

- Δίοδος μεταβλητής χωρητικότητας

Η δίοδος μεταβλητής χωρητικότητας είναι ουσιαστικά μία δίοδος επαφής P-N, η οποία παρουσιάζει μεγάλη ενδοχωρητικότητα. Αυτή η χωρητικότητα κυμαίνεται μεταξύ 1 και 500pF, και χρησιμοποιείται αντί μεταβλητής χωρητικότητας πυκνωτών, διότι έχει μικρότερες διαστάσεις, έχει καλύτερη απόκριση στις αλλαγές χωρητικότητας, καθώς και επιτρέπει τον ηλεκτρονικό έλεγχο της. Χρησιμοποιείται κυρίως σε κυκλώματα διαμόρφωσης FM, παραγωγής αρμονικών σημάτων υψηλής συχνότητας και άλλα.

- Φωτοδίοδος

Η φωτοδίοδος είναι μια δίοδος P-N, της οποίας το διερχόμενο ρεύμα, μεταβάλλεται ανάλογα με την προσπίπτουσα σε αυτή φωτεινή ακτινοβολία. Δηλαδή η ενέργεια του φωτός οδηγεί στην διάσπαση των ομοιοπολικών δεσμών της δίοδου, οπότε και αύξηση στον αριθμό των ηλεκτρικών φορέων. Η φωτοδίοδος χρησιμοποιείται κυρίως ως φωτογεννήτρια, με τη σύνδεση στα άκρα της ενός φορτίου, το οποίο μπορεί να τροφοδοτήσει με το ρεύμα που δημιουργείται στα άκρα της, λόγω της προσπίπτουσας σε αυτή ακτινοβολίας. Αυτή είναι και η αρχή λειτουργίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων. Χρησιμοποιείται επίσης σε συστήματα ελέγχου και ρύθμισης του φωτός, σε αυτόματους διακόπτες και σε κυκλώματα ανίχνευσης της φωτεινής ακτινοβολίας.

- Δίοδος εκπομπής φωτός

Η δίοδος εκπομπής φωτός, είναι μια δίοδος P-N, η οποία όταν πολωθεί ορθά, εκπέμπει φως. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια που μετακινούνται από την N περιοχή στην P περιοχή για να ενωθούν με τις οπές, περνάνε από τη στάθμη αγωγιμότητας στη στάθμη σθένους αποδίδοντας αυτή την ενεργειακή διαφορά, με φωτεινή και θερμική ενέργεια. Οι δίοδοι εκπομπής φωτός χρησιμοποιούνται κυρίως για λόγους απεικόνισης και ένδειξης, σε συστήματα οπτικών επικοινωνιών, στην κατασκευή στοιχείων για την ένδειξη γραμμάτων και αριθμών σε ηλεκτρονικά όργανα αλλά και εφαρμογές διασκέδασης, παιχνίδια κλπ. Η δίοδος εκπομπής φωτός, η οποία είναι και αυτή που μας ενδιαφέρει, αναλύεται εκτενέστερα στο παρακάτω κεφάλαιο.

## 2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

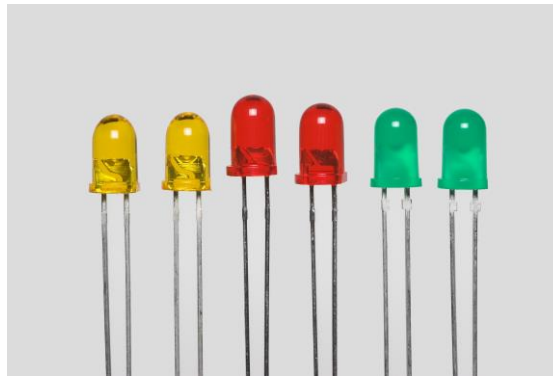
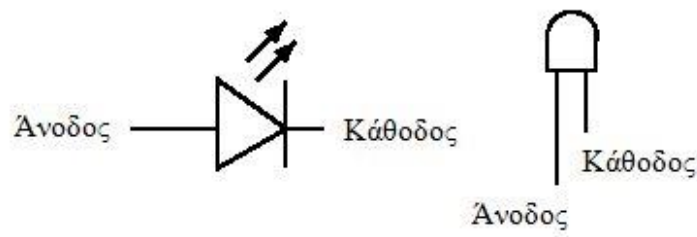
### “ΔΙΟΔΟΣ ΦΩΤΟΕΚΠΟΜΠΗΣ - LIGHT EMITTING DIODE (LED)”

#### 2.1 Περιγραφή – Ιστορική αναδρομή,

Ακολουθεί μια μικρή ιστορική αναδρομή καθώς και η περιγραφή των διόδων φωτοεκπομπής.

##### 2.1.1 Βασική αρχή λειτουργίας διόδου φωτοεκπομπής

Η δίοδος φωτοεκπομπής (LED, Light Emitting Diode) αποκαλείται ένας ημιαγωγός (επαφή P-N), ο οποίος όταν πολωθεί ορθά, εκπέμπει φωτεινή ακτινοβολία. Ακολουθούν η σχηματική αναπαράσταση καθώς και πραγματική μορφή διαφόρων τύπων LED.



Σχήμα 2.1 Σχηματική αναπαράσταση και πραγματική μορφή LED

Στην σημερινή εποχή, τα LED προσφέρονται σε διάφορα είδη αλλά και χρώματα. Το χρώμα του φωτός που εκπέμπεται, εξαρτάται από τη χημική σύσταση του ημιαγωγού που χρησιμοποιείται και μπορεί να είναι φως ορατό, υπεριώδες ή υπέρυθρο. Επίσης ρόλο παίζει και το μήκος κύματος του φωτός που εκπέμπεται το οποίο εξαρτάται από τα υλικά από τα οποία αποτελείται ο ημιαγωγός.

### 2.1.2 Ιστορία της διόδου εκπομπής φωτός (LED)

Η πρώτη αναφορά συμπαγούς διόδου εκπομπής φωτός γίνεται στις αρχές του περασμένου αιώνα, με το LED να μην αναπτύσσεται για πολλά χρόνια καθώς δεν υπάρχει πρακτική εφαρμογή, αλλά να έχει κυριέψει σε αρκετές εφαρμογές τις τελευταίες δεκαετίες, έχοντας ραγδαία ανάπτυξη και μεγάλη πρακτική εφαρμογή. Αναλυτικότερα:

- Το 1907, ο Βρετανός πειραματιστής Henry Joseph Round, παρατηρεί ότι αν διέλθει συνεχές ρεύμα μέσα σε ένα κομμάτι από ανθρακούχο πυρίτιο, τότε εκπέμπεται φως. Το φως όμως ήταν πολύς μικρής εντάσεως και δεν είχε πρακτική εφαρμογή, γι αυτό και δεν εξελίχθηκε περισσότερο. Το φαινόμενο αυτό ονομάστηκε ηλεκτροφωτεινότητα.
- Το 1920, ο Ρώσος Oleg V. Losev, μελέτησε τα φαινόμενα των LED σε εφαρμογές ραδιοφώνου. Αναφέρει τότε ότι γίνεται φωτοεκπομπή από ανθρακούχο πυρίτιο. Η έρευνά του αν και διανεμήθηκε σε αρκετές χώρες και γλώσσες, δεν βρήκε πρακτική εφαρμογή και αγνοήθηκε για δεκαετίες.
- Το 1955, ο Αμερικανός Rubin Brunstein, ανακαλύπτει το πρώτο υπεριώδες LED, καθώς καταφέρνει να ανιχνεύσει υπεριώδης εκπομπές από αρσενικό γάλλιο καθώς και από άλλα κράματα ημιαγωγών.
- Το 1961, ο Bob Biard μαζί με τον Gary Pittman, ανακαλύπτουν το πρώτο LED υπέρυθρης ακτινοβολίας, όταν προσπάθησαν να κατασκευάσουν μία δίοδο laser.
- Το 1962, ο Nick Holonyak, ανακαλύπτει το πρώτο LED ορατού φωτός (κόκκινο). Έκτοτε τα LED άρχισαν να χρησιμοποιούνται σε συστήματα ενδείξεων καθώς και σε οθόνες με επτά LED, για την δημιουργία ψηφίων. Στην αρχή χρησιμοποιούνταν σε εξειδικευμένα μηχανήματα, σε εξοπλισμούς εργαστηρίων αλλά και δοκιμής ηλεκτρονικού εξοπλισμού, αλλά αργότερα επεκταθήκανε σε οικιακές συσκευές, αριθμητικούς υπολογιστές, τηλεοράσεις, ραδιόφωνα κ.α.
- Το 1972, ο George M. Craford, εφεύρει τα πρώτα κίτρινα και πορτοκαλί LED, καθώς και ένα κόκκινο LED με 10 φορές μεγαλύτερη φωτεινή ένταση από το πρώτο.
- Το 1979, ο Shuji Nakamura, δημιουργεί το πρώτο υψηλής φωτεινότητας μπλε LED χρησιμοποιώντας νιτρούχο γάλλιο. Το LED αυτό θα φτάσει να είναι εμπορικά εκμεταλλεύσιμο στα μέσα της δεκαετίας του 1990, καθώς μέχρι τότε ήταν εξαιρετικά ακριβό.
- Το 1995, ο Alberto Barbieri, έχοντας ήδη μελετήσει τα μπλε, αλλά και υψηλής φωτεινότητας LED, δεν αργεί να δημιουργήσει το λευκό LED, χρησιμοποιώντας

επίστρωση φώσφορου για να αναμείξει κίτρινο με μπλε φως ώστε να εκπέμπεται λευκό φως.












- Το 2007, επιστήμονες στο Πανεπιστήμιο της Γλασκώβης βρήκανε ένα τρόπο να κατασκευάσουν LED υψηλότερης ενεργειακής απόδοσης, χρησιμοποιώντας μια μέθοδο αποτύπωσης δισεκατομμυρίων τρυπών επάνω τους, με μια μέθοδο λιθογραφίας σε επίπεδο nano.
- Το 2008, η Cree, κατασκεύασε ένα LED που σε θερμοκρασία δωματίου έφτανε τα 161 lumens/watt, με θερμοκρασία χρώματος στα 4689 K.
- Το μέλλον των LED: Quantum Dot LED. Είναι σε πειραματικό στάδιο και έχει εξελιχθεί από τον Michael Bowers. Αποτελεί μια επίστρωση με κβαντικές τελείες, που εκπέμπουν ένα λευκό φως πάνω σε ένα μπλε LED, δημιουργώντας ένα ζεστό υπόλευκο φως, που θυμίζει αυτό των λαμπτήρων πυρακτώσεως.

## 2.2 Χαρακτηριστικά των LED

### 2.2.1 Χρώματα του φωτός των LED

Στον παρακάτω πίνακα, παρουσιάζεται το φάσμα φωτός το οποίο μπορούμε να επιτύχουμε με τη χρήση LED, το οποίο εκτείνεται από την υπεριώδη έως και την υπέρυθρη ακτινοβολία. Επίσης αναφέρεται το μήκος κύματος του εκπεμπόμενου φωτός.

Πίνακας 2.1 Χρώματα των LED

	Χρώμα/ Ακτινοβολία	Μήκος κύματος λ (nm)
	Υπέρυθρη	$\lambda > 760$
	Κόκκινο	$610 < \lambda < 760$
	Πορτοκαλί	$590 < \lambda < 610$
	Κίτρινο	$570 < \lambda < 590$
	Πράσινο	$500 < \lambda < 570$
	Μπλε	$450 < \lambda < 500$
	Ιώδες	$400 < \lambda < 450$
	Μωβ	Διάφορα μήκη κύματος
	Υπεριώδης	$\lambda < 400$
	Ροζ	Διάφορα μήκη κύματος
	Λευκό	Ευρύ φάσμα

Παρατήρηση:

- Το ροζ χρώμα παράγεται συνήθως με ένα μπλε LED με ένα ή δύο στρώματα φωσφόρου, ή με ένα λευκό LED, βαμμένο με ροζ βαφή.
- Υπάρχουν δύο τρόποι να φτιαχτεί ένα LED λευκού φωτός: χρησιμοποιώντας τρία LED με τα βασικά χρώματα –κόκκινο, πράσινο και μπλε- αναμιγνύοντάς τα ώστε να παραχθεί λευκό φως, είτε χρησιμοποιώντας ένα μπλε LED, καλύπτοντας το με κάποιο φωσφορούχο υλικό, ώστε να παραχθεί λευκό φως ευρέως φάσματος.

## 2.2.2 Τύποι LED

Οι κύριοι τύποι LED μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω βασικές κατηγορίες: Μικρά LED, Μεσαία LED, Υψηλής ισχύος LED, LED για ειδικές εφαρμογές.

### 2.2.2.1 Μικρά LED

Τα μικρά LED είναι κυρίως μονοχρωματικά, κυκλικά με κυρτή ή επίπεδη κορυφή, ορθογώνια ή και τριγωνικά. Το κέλυφος μπορεί να είναι διάφανο, ή ακόμη και χρωματιστό. Τα μεγέθη τους κυμαίνονται από 2 έως 8 mm, και χρησιμοποιούνται κυρίως ως ενδεικτικές λυχνίες. Το μικρό μέγεθός τους περιορίζει το ρεύμα που μπορεί να τα διαπεράσει, το οποίο μπορεί να κυμαίνεται από 1 mA για τα χαμηλής ισχύος, έως και τα 20 mA για τα υπερυψηλής ισχύος. Συνήθως έρχονται με ενσωματωμένη αντίσταση για να μπορούν να συνδεθούν κατευθείαν σε τροφοδοτικό των 5 ή 12 Volts.



Σχήμα 2.2 Πραγματική μορφή μικρών LED ( διαμέτρου 3, 5 και 8 mm)

### 2.2.2.2 Μεσαία LED

Τα μεσαία LED αποτελούνται από τέσσερις απολήξεις (δύο ανόδους και δύο καθόδους), για να επιτευχθεί καλύτερη απαγωγή θερμότητας, η οποία δημιουργείται λόγω του μεγαλύτερου ρεύματος που τα διαπερνά. Μπορούν να διαχειριστούν μέχρι και 100 mA ρεύματος, το οποίο μεταφράζεται σε μεγαλύτερη φωτιστική ισχύ, και αυτό τα καθιστά ιδανικά για φωτισμούς έκτακτης ανάγκης καθώς και οπίσθια φωτιστικά αυτοκινήτων.



Σχήμα 2.3 Πραγματική μορφή μεσαίων LED

### 2.2.2.3 LED Υψηλής ισχύος

Τα LED υψηλής ισχύος μπορούν να διαπεραστούν από ρεύμα που φθάνει τα μερικά Amperes, και μπορούν να εκπέμψουν μέχρι και πάνω από 1000 lumens. Η θερμότητα που αναπτύσσεται είναι μεγάλη και μπορεί να καταστρέψει το LED σε μικρό χρονικό διάστημα, γι αυτό και συνοδεύονται σχεδόν πάντα από ενσωματωμένες ψήκτρες ή εξωτερικά συστήματα ψύξης. Η τεχνολογία έχει προχωρήσει τόσο, ώστε αυτά τα LED, κατασκευάζονται πια ως αντικαταστάτες για λαμπτήρες πυράκτωσης, φθορισμού και αλογόνου, χρησιμοποιώντας ένα ή περισσότερα LED ανά λαμπτήρα, με ενσωματωμένες διατάξεις ανόρθωσης του ρεύματος, αλλά και προστασίας από υπερτάσεις.



Σχήμα 2.4 Πραγματική μορφή LED υψηλής ισχύος

#### 2.2.2.4 LED Ειδικών εφαρμογών

Τα LED αυτά μπορούν να χωριστούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Διακοπτόμενα: χρησιμοποιούνται κυρίως για να αποσπάσουν/ τραβήξουν την προσοχή, έχοντας ενσωματωμένο ένα κύκλωμα διακοπών που τα αναβοσβήνει ένα συγκεκριμένο ρυθμό.
- Δίχρωμα: αποτελούνται από δύο εκπομπούς σε μία συσκευασία. Υπάρχουν τύποι που ανάλογα με τη φορά του ρεύματος εκπέμπουν διαφορετικό χρώμα, και τύποι που έχουν δύο ξεχωριστά κυκλώματα για καλύτερο έλεγχο του εκπεμπόμενου φωτός.
- Τρίχρωμα: αποτελούνται από τρεις εκπομπούς σε μία συσκευασία. Συνήθως μοιράζονται την άνοδο ή την κάθοδο, και έχουν άλλους τρεις ακροδέκτες για κάθε χρώμα.
- RGB LEDs: είναι τρίχρωμα LEDs, τα οποία έχουν ξεχωριστή άνοδο και κάθοδο, και έχουν ενσωματωμένο ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα για τον έλεγχό τους.
- Αλφαριθμητικές οθόνες: αποτελούνται από οθόνες που βασίζονται σε LED, κατανεμημένα έτσι ώστε να μπορούν να αποδώσουν αριθμούς και γράμματα. Πολύ δημοφιλή στις αριθμομηχανές, αρχίζουν και καταργούνται από την ραγδαία ανάπτυξη των οθονών υγρών κρυστάλλων.

#### 2.2.3 Διάρκεια ζωής και καταστροφή

Τα LED είναι εκ κατασκευής τους ένα συμπαγές στοιχείο, που αντέχει αρκετά σε μηχανικές καταπονήσεις. Παρόλα αυτά, θα πρέπει να λειτουργεί σε συγκεκριμένες τιμές θερμοκρασίας, διότι η απόδοσή τους σχετίζεται με τη θερμοκρασία. Όσο χαμηλότερη η θερμοκρασία, τόσο το LED φτάνει τη μέγιστη φωτιστική του απόδοση, αλλά και καλύτερη απαγωγή της δημιουργούμενης θερμότητας από τη λειτουργία του γίνεται, εάν πρόκειται για LED υψηλής ισχύος. Η χρήση των LED σε περιβάλλον με υψηλή θερμοκρασία, σημαίνει μικρότερη φωτιστική ισχύ θα εκπέμπεται από το LED, αλλά μπορεί να οδηγήσει και στην καταστροφή του. Αντιθέτως, η χρήση του σε πολύ ψυχρά κλίματα, μπορεί να σημαίνει ότι θα έχουμε πολύ μεγάλη φωτιστική ισχύ, αλλά λόγω της πολύ μικρής θερμότητας που αναπτύσσεται στο LED, μπορεί να σχηματιστεί πάγος ή και χιόνι επάνω στο LED, εμποδίζοντας την εκπομπή του φωτός.

Οι κατασκευαστές διόδων εκπομπής φωτός, δίνουν τιμές λειτουργίας και μετρήσεις για τα LED, στη θερμοκρασία των 25° C, και το προσδόκιμο ζωής των, μπορεί να κυμανθεί από 20.000 έως και 100.000 ώρες. Το πιο κοινό σύμπτωμα των LED είναι ότι με την πάροδο του χρόνου μειώνεται η φωτεινή τους ένταση, καθώς και η απόδοσή τους. Ειδικότερα, στα LED



υψηλής ισχύος που αναπτύσσονται μεγάλες θερμοκρασίες, αυτή η πτώση μπορεί να συμβεί αρκετά νωρίς στη διάρκεια ζωής του, έτσι, για να γίνει πι εύκολη η κατηγοριοποίηση των LED, αλλά και για να φανούν τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά, εφευρέθηκαν τα μεγέθη L70 και L50, τα οποία μας δίνουν το χρονικό διάστημα έως ότου η φωτεινή ένταση ενός LED θα πέσει στο 70% και 50% αντίστοιχα, από την αρχική της τιμή.

## 2.3 Εφαρμογές των LEDs

Οι εφαρμογές των LED μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Εφαρμογές ορατού φωτός, όπου το εκπεμπόμενο φως κατευθύνεται στο ανθρώπινο μάτι, για να μεταφέρει ένα μήνυμα ή μία έννοια,
- Εφαρμογές φωταγώγησης, όπου τα LED χρησιμοποιούνται για να φωτίσουν περιοχές και αντικείμενα,
- Μη ορατές εφαρμογές, όπου η αόρατη ακτινοβολία που εκπέμπεται από τα LED, χρησιμοποιείται για άλλους σκοπούς και με διαδικασίες που δεν γίνονται αντιληπτές με το ανθρώπινο μάτι.

### 2.3.1 Εφαρμογές ορατού φωτός

Τη σημερινή εποχή, τα LED χρησιμοποιούνται σε πάρα πολλές εφαρμογές εγκαταστάσεων και εξοπλισμού ως δείκτες αλλά και σηματοδότες, λόγω του μικρού μεγέθους τους, της πολύ μικρής κατανάλωσης αλλά και του χαμηλού κόστους συντήρησης. Οι χρήσεις τους απλώνονται από τους φακούς χειρός, τα λαμπάκια των Χριστουγέννων, τα φανάρια των δρόμων, έως και φανούς караβιών, και οπίσθια φωτιστικά σώματα αυτοκινήτων. Επίσης χρησιμοποιούνται σε μεγάλες οθόνες σε στάδια και συναυλίες, καθώς και σε πίνακες ανακοινώσεων και δρομολόγησης σε σταθμούς τρένων, λεωφορείων και караβιών, καθώς και σε σήμανση έκτακτης ανάγκης. Τέλος χρησιμοποιούνται στην μετάδοση πληροφοριών μέσω οπτικών ινών, όπου αν και ο άνθρωπος δεν βλέπει το φως διότι μεταδίδεται μέσα σε καλώδιο, χρησιμοποιείται ορατό φως.

### 2.3.2 Εφαρμογές φωταγώγησης – Φωτισμός

Τα LED άρχισαν να χρησιμοποιούνται ως μέσα φωτισμού, από τη στιγμή που εξελίχθηκαν τα LED υψηλής ισχύος. Ακολούθησε η κατασκευή λαμπτήρων που μπορούν να αντικαταστήσουν τους συμβατικούς λαμπτήρες της αγοράς, χρησιμοποιώντας τα κοινά ντουί που ήδη υπήρχαν. Έτσι τα LED εξαπλώθηκαν σε: φωτιστικά χώρων, σε οικιακές και επαγγελματικές εφαρμογές, φωτιστικά δρόμων και χώρων στάθμευσης, καθώς και σε προβολείς αυτοκινήτων. Χρησιμοποιούνται εκτεταμένα σε αεροπλάνα, αλλά και για τη σήμανση των αεροδιαδρόμων των αεροδρομίων, όπως επίσης σε φωτισμό συναυλιών αλλά και στούντιο τηλεοράσεων. Σε πιο οικιακές εφαρμογές, χρησιμοποιούνται για αντικατάσταση των κοινών λαμπτήρων πυρακτώσεως, σποτ αλογόνου αλλά και λαμπτήρων φθορισμού, αλλά τελευταία χρησιμοποιούνται στις τηλεοράσεις, στους φορητούς υπολογιστές και τους προβολείς που χρησιμοποιούν LED για να φωτίσουν τις οθόνες τους. Χρησιμοποιούνται επίσης στα κινητά τηλέφωνα, στους φακούς χειρός, αλλά και στο φωτισμό ενυδρείων.

### 2.3.3 Εφαρμογές μη ορατού φωτός

Ακόμη μια χρήση των LED είναι σε διαδικασίες και εφαρμογές που δεν γίνονται αντιληπτές από το ανθρώπινο μάτι. Μια τέτοια πολύ γνωστή εφαρμογή είναι η λειτουργία του τηλεκοντρόλ της τηλεόρασης, καθώς και άλλων ηλεκτρονικών συσκευών, όπου χρησιμοποιούνται τα LED υπέρυθρης ακτινοβολίας. Οι τελευταίας γενιάς σαρωτές χρησιμοποιούν LED, διότι δεν χρειάζονται χρόνο προθέρμανσης, και επιτρέπουν στη συσκευή να επιτύχει σωστή θερμοκρασία λευκού χρώματος με την οποία επιτυγχάνεται καλύτερη ακρίβεια χρωμάτων κατά τη σάρωση. Λόγω της γρήγορης απόκρισης των LED, χρησιμοποιούνται ευρέως στις τηλεπικοινωνίες, και κυρίως στα καλώδια οπτικών ινών.

Χρησιμοποιούνται επίσης σε συσκευές ελέγχου και ανίχνευσης, όπως παραδείγματος χάριν οι αισθητήρες ενός συναγερμού, ανιχνευτές κίνησης, ακόμη και σαν ανιχνευτές κίνησης για βιντεοπαιχνίδια. Ακόμη μια χρήση των λαμπτήρων LED, μπορεί να είναι η αντικατάσταση των λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται σε θερμοκήπια για την ανάπτυξη των φυτών, καθώς μπορούν να αναπαράγουν το ηλιακό φως, χωρίς όμως την ανεπιθύμητη θερμότητα που εκπέμπουν οι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται τώρα, η οποία μπορεί να καταστρέψει τα φυτά.

## 2.4 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα χρήσης LED

Παρακάτω αναφέρονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης των LED για διάφορους σκοπούς.

### 2.4.1 Πλεονεκτήματα

Παρακάτω αναλύονται τα πλεονεκτήματα και τα οφέλη που μπορούμε να έχουμε από τη χρήση των LED ως μέρη κυκλωμάτων αλλά και ως λαμπτήρων.

- Με τα LED επιτυγχάνεται μεγαλύτερη φωτεινή ροή (lumens) ανά watt ηλεκτρικής ισχύος από ότι με τις λάμπες πυράκτωσης. Παραδείγματος χάριν, ένας συμβατικός λαμπτήρας πυράκτωσης Philips Standard A55 των 40W, 415Lm, αποδίδει περίπου 10Lm/W ενώ ένας λαμπτήρας φτιαγμένος με LED όπως ο Philips Master LEDbulb D 8W, 470Lm, ζεστού φωτός, αποδίδει περίπου 58 lm/W, και ο Philips CorePro LEDbulb 10,5W, 806Lm, αποδίδει περίπου 76Lm/W.
- Έχουν μεγάλο χρόνο ζωής, ο οποίος κυμαίνεται από τις 15000 έως και τις 50000 ώρες. Ενδεικτικά οι λάμπες πυράκτωσης έχουν χρόνο ζωής 1000 με 2000 ώρες ενώ οι λαμπτήρες φθορισμού 10000 έως 15000 ώρες.
- Είναι λιγότερο ενεργοβόρα σε σχέση με τους συμβατικούς λαμπτήρες, και έχουν μικρό κόστος λειτουργίας.
- Δεν καίγονται όπως οι συμβατικοί λαμπτήρες, αλλά σταδιακά χάνουν τη φωτεινότητά τους.
- Τα LED έχουν μικρές διαστάσεις, και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολύ μικρές συσκευές και κατασκευές, όπως τυπωμένα κυκλώματα, ηλεκτρονικές συσκευές καθώς και πίνακες ενδείξεων.
- Έχουν μεγαλύτερη μηχανική αντοχή σε σχέση με τους κοινούς λαμπτήρες, καθώς είναι συμπαγείς κατασκευές, χωρίς κινούμενα μέρη.
- Μπορούν να εκπέμπουν συγκεκριμένης χρωματικής απόδοσης φως, χωρίς τη χρησιμοποίηση εξωτερικών φίλτρων, οπότε και τη μείωση της φωτεινής ροής.
- Μπορούν να φτιαχτούν έτσι ώστε να στέλνουν φως προς μία συγκεκριμένη κατεύθυνση, που τα καθιστά ιδανικά για χρήση σε φακούς.
- Δεν εκπέμπουν θερμότητα και υπέρυθη ακτινοβολία σαν απώλειες όπως οι λαμπτήρες πυράκτωσης.
- Με τις κατάλληλες ηλεκτρονικές διατάξεις μπορούν να ντιμαριστούν

- Έχουν άμεση απόκριση. Ένα LED μπορεί να ανάψει πλήρως σε λιγότερο από 1 microsecond.
- Είναι ιδανικά σε εφαρμογές όπου χρειάζεται επανειλημμένο άναμμα και σβήσιμο, όπως ταμπέλες καταστημάτων και φανάρια κυκλοφορίας.

#### 2.4.2 Μειονεκτήματα

Παρακάτω αναλύονται τα μειονεκτήματα της χρήσης των LED ως μέρη κυκλωμάτων αλλά και ως λαμπτήρων.

- Τα LED, και ειδικότερα οι λαμπτήρες φτιαγμένοι από LED έχουν υψηλό αρχικό κόστος εγκατάστασης, καθώς είναι κατά πολύ ακριβότεροι από τους συμβατικούς λαμπτήρες. Σημείωση: Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται, γίνεται όλο και πιο προσιτή και το κόστος των λαμπτήρων μειώνεται. Επίσης συνυπολογίζοντας το μειωμένο κόστος συντήρησης λόγω της μεγαλύτερης διάρκειας ζωής, το κόστος κτήσης και λειτουργίας μειώνεται περαιτέρω.
- Τα LED εξαρτώνται από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, οπότε και αναγκαία μέτρα πρέπει να παίρνονται όταν έχουμε υπερβολικές θερμοκρασίες. Παραδείγματος χάριν η εγκατάσταση μεγάλης ψήκτρας στο LED που λειτουργεί σε πολύ μεγάλες θερμοκρασίες.
- Για να δουλέψει ένα LED χρειάζεται να είναι ορθά πολωμένο, δηλαδή να συνδεθεί με συγκεκριμένη φορά σε κάποια πηγή. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος κυρίως σε εφαρμογές εναλλασσόμενης τάσης, τα οι λαμπτήρες LED έχουν ενσωματωμένους ανορθωτές.
- Χρειάζονται συγκεκριμένη τάση (πάνω από την τάση κατωφλίου) και συγκεκριμένης τιμής ρεύμα (κάτω από το μέγιστο ρεύμα) για να δουλέψουν. Είναι ευαίσθητα σε διακυμάνσεις τάσης καθώς και σε μεγάλα ρεύματα.
- Τα λευκά και ψυχρά λευκά LED με υψηλή θερμοκρασία χρώματος εκπέμπουν περισσότερο μπλε φως σε σχέση με συμβατικούς λαμπτήρες οδηγώντας σε έντονη φωτιστική ρύπανση από μπλε φως.

## 3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΕ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ ΓΡΑΦΕΙΩΝ”

#### 3.1 Προδιαγραφές μελέτης: πρότυπο EN12464-1:2011

Η φωτιστική μελέτη θα διεξαχθεί σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο φωτισμού εσωτερικών χώρων EN12464-1 του 2011, το οποίο έχει σαν σκοπό να συγκεκριμενοποιήσει τις φωτιστικές απαιτήσεις σε εσωτερικούς χώρους στους οποίους οι άνθρωποι χωρίς προβλήματα όρασης, δραστηριοποιούνται νιώθοντας οπτική ευφορία και καλή οπτική απόδοση.

Το πρότυπο, αποτελεί έναν οδηγό στο να επιλεγθούν τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του φωτισμού σε μια πληθώρα εσωτερικών χώρων. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά παίζουν μεγάλο ρόλο στο κατά πόσο ασφαλή, γρήγορα αλλά και άνετα, ένα άτομο καταλαβαίνει και φέρνει εις πέρας μια εργασία.

##### 3.1.1 Φωτιστικές απαιτήσεις χώρου

Τα χαρακτηριστικά του φωτισμού του χώρου που αναφέρονται παραπάνω θα πρέπει να ικανοποιούν τα παρακάτω κριτήρια ώστε να θεωρούνται επιτυχή: οπτική άνεση, οπτική απόδοση και ασφάλεια για τον χρήστη. Όλα τα παραπάνω εξαρτώνται άμεσα από τα μεγέθη που αναφέρονται στη συνέχεια (υποκεφάλαιο 3.2).

Ανατρέχοντας στο πρότυπο, μπορούμε να βρούμε τα φωτοτεχνικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει έχει ο χώρος τον οποίο θέλουμε να φωτίσουμε. Στο παρακάτω απόσπασμα πίνακα (ο πλήρης βρίσκεται στο Παράρτημα 1) από το πρότυπο, βλέπουμε τα χαρακτηριστικά για χώρους γραφείων.

Πίνακας 3.1 Φωτοτεχνικά χαρακτηριστικά για χώρους γραφείων

Περιοχή ή τύπος εργασίας	Μέση ένταση φωτισμού (lx)	Όριο θάμβωσης	Ομοιομορφία	Χρώμα
Διάβασμα, δακτυλογράφηση, γραφή, επεξεργασία δεδομένων	500	19	0,60	80
Τεχνικός σχεδιασμός	750	16	0,70	80
Αίθουσες συναντήσεων	500	19	0,60	80

### 3.1.2 Φωτιστικές περιοχές χώρου εργασίας

Ένας χώρος εργασίας, μπορεί να χωριστεί σε τρεις διακριτές φωτιστικές περιοχές:

- την περιοχή που εκτελείται η εργασία (θέση εργασίας στην περίπτωση ενός γραφείου),
- την περιβάλλουσα περιοχή (μια ζώνη πλάτους μισού μέτρου που περικλείει τη θέση εργασίας) και
- την περιοχή του φόντου (μια ζώνη πλάτους τριών μέτρων που περικλείει την άμεση γύρω περιοχή.)

Η περιβάλλουσα περιοχή θα πρέπει να φωτίζεται και αυτή, ακολουθώντας τα παραδείγματα του παρακάτω πίνακα, σε σχέση με την περιοχή που εκτελείται η εργασία.

Πίνακας 3.2 Σχέση εντάσεως φωτισμού περιβάλλουσας περιοχής με την περιοχή εργασίας

Ένταση φωτισμού περιοχής εργασίας (lx)	Ένταση φωτισμού άμεσης γύρω περιοχής (lx)
$\geq 750$	500
500	300
300	200
200	150
150	150
100	100
$\leq 50$	$\leq 50$

Τέλος, για να υπάρχει ομοιομορφία στο φωτισμό του χώρου, η ένταση φωτισμού της περιοχής φόντου, θα πρέπει να κυμαίνεται στο 1/3 της τιμής της εντάσεως φωτισμού της περιβάλλουσας περιοχής.

## 3.2 Φωτιστικά μεγέθη που αναφέρονται στη μελέτη

### 3.2.1 Φωτεινή ροή I (Lm)

Φωτεινή ροή μιας πηγής φωτός ορίζεται το ποσό της ακτινοβολούμενης ενέργειας σε σχέση με τη φωτεινή εντύπωση που δημιουργεί στο ανθρώπινο μάτι. Αυτό συμβαίνει διότι μια πηγή

φωτός εκπέμπει ενέργεια ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων προς όλες τις κατευθύνσεις, αλλά μόνο ένα μικρό φάσμα αυτών είναι αντιληπτά από το ανθρώπινο μάτι. Η φωτεινή ροή δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη πάνω στην πηγή φωτός αλλά αλλάζει με τη διεύθυνση. Η γνώση της κατανομής της φωτεινής ροής, αλλά και ο έλεγχος αυτής, μας επιτρέπει να φωτίζουμε αποτελεσματικά και αποδοτικά τα αντικείμενα - χώρους που θέλουμε να φωτίσουμε. Μονάδα της φωτεινής ροής είναι το Lumen.

### 3.2.2 Ένταση φωτισμού E (Lux)

Η ένταση φωτισμού εκφράζει τη φωτεινή ροή ανά μονάδα φωτιζόμενης επιφάνειας και ουσιαστικά μας δείχνει το πόσο δυνατά φωτίζεται ένα αντικείμενο ή μια επιφάνειας. Εκφράζεται από το πηλίκο:

$$E_N = d\Phi / dS_N \quad (3.1)$$

όπου,  $E_N$  είναι η ζητούμενη ένταση φωτισμού,  $d\Phi$  η φωτεινή ροή της πηγής και  $dS_N$  η επιφάνεια στην οποία προσπίπτει το φως. Μονάδα μέτρησης της έντασης φωτισμού είναι το Lux και ορίζεται 1 Lux, όταν σε μια επιφάνεια ενός τετραγωνικού μέτρου προσπίπτει φωτεινή ροή ίση με 1 Lumen.

Η ένταση φωτισμού μιας επιφάνειας διαφέρει από σημείο σε σημείο αυτής, γι' αυτό και μας ενδιαφέρει να βρεθεί η μέση ένταση φωτισμού της, διαιρώντας την ολική φωτεινή ροή της πηγής φωτός ( $\Phi$ ) με τη συνολική επιφάνεια στην οποία αυτή προσπίπτει ( $S$ ):

$$E = \Phi / S \quad (3.2)$$

### 3.2.3 Ομοιομορφία φωτισμού U

Η μέση ένταση φωτισμού μιας επιφάνειας μπορεί να εκφραστεί και ως ο μέσος όρος των εντάσεων φωτισμού σε κάθε σημείο της, εάν η επιφάνεια χωριστεί σε ίσα τετράγωνα και σαν σημείο μέτρησης της έντασης φωτισμού ληφθούν τα κέντρα των τετραγώνων. Εάν ονομάσουμε  $E_{min}$  την ελάχιστη τιμή εντάσεως φωτισμού από όλα τα τετράγωνα,  $E_{max}$  τη μέγιστη, και  $E_m$  τη μέση, τότε μπορούμε να αποφανθούμε για την ομοιομορφία φωτισμού μιας επιφάνειας, μέσω των συντελεστών ομοιομορφίας φωτισμού που περιγράφονται παρακάτω:

$$E_{min} / E_{\mu} \quad (3.3)$$

ο οποίος εκφράζει τον λόγο της μικρότερης τιμής προς τη μέση τιμή εντάσεως φωτισμού και

$$E_{min} / E_{max} \quad (3.4)$$

που εκφράζει τον λόγο της μικρότερης τιμής προς τη μεγαλύτερη τιμή εντάσεως φωτισμού. Ανάλογα με τον χώρο στον οποίο πραγματοποιείται μια φωτιστική μελέτη, αυτοί οι συντελεστές διαφοροποιούνται. Λεπτομερής αναφορά τους γίνεται στο ευρωπαϊκό πρότυπο μελέτης φωτισμού αλλά και στο Παράρτημα 1, για τους χώρους γραφείων που πραγματεύεται αυτή η μελέτη.

### 3.2.4 Λαμπρότητα (sb)

Ως λαμπρότητα μιας φωτεινής πηγής ορίζεται το πηλίκο της φωτεινής έντασης κατά τη διεύθυνση παρατήρησης διαιρούμενο από τη φαινομένη επιφάνεια της φωτεινής πηγής. Μετριέται σε stilb, όπου 1 sb ισούται με:

$$1 \text{ sb} = 1 \text{ cd} / 1 \text{ cm}^2 \quad (3.5)$$

### 3.2.5 Θάμβωση (G)

Η έννοια της θάμβωσης είναι η αίσθηση που δημιουργείται όταν στο οπτικό πεδίο ενός παρατηρητή υπάρχει κάποια πηγή φωτός με λαμπρότητα πολύ μεγαλύτερη από την λαμπρότητα στην οποία οι οφθαλμοί του έχουν προσαρμοστεί, προκαλώντας δυσφορία με ψυχολογικά φαινόμενα, μειωμένη οπτική ικανότητα και συχνά και τα δύο φαινόμενα μαζί.

Παρατηρώντας άμεσα μια λαμπρή πηγή φωτός έχουμε άμεση θάμβωση, ενώ παρατηρώντας την αντανάκλασή της πάνω σε μια λεία επιφάνεια τότε έχουμε ανακλώμενη θάμβωση. Η θάμβωση μπορεί να διακριθεί σε φυσιολογική και ψυχολογική.

- Η φυσιολογική θάμβωση (disability glare) έχει ως αποτέλεσμα τη μειωμένη οπτική ικανότητα και την οπτική εκτέλεση πράξεων, η οποία συνήθως δεν συναντάται σε εσωτερικούς χώρους.
- Η ψυχολογική θάμβωση (discomfort glare) έχει ως αποτέλεσμα την αίσθηση δυσφορίας, η οποία αυξάνεται με το πέρασ του χρόνου, συνεισφέροντας στην αίσθηση άγχους του παρατηρητή. Εξαρτάται όχι μόνο από τη λαμπρότητα της φωτεινής πηγής, αλλά και από την εργασία που εκτελείται στον χώρο που αυτή φωτίζει, παραδείγματος χάριν, σε ένα χώρο με υψηλή κινητικότητα, η δυσφορία θα είναι μικρή και αντίστροφα.



Η άμεση ψυχολογική θάμβωση μπορεί να περιοριστεί ελέγχοντας την λαμπρότητα λαμπτήρων ως προς την κατεύθυνση των οφθαλμών ενός παρατηρητή, κυρίως χρησιμοποιώντας φωτιστικά σώματα τα οποία περιορίζουν την λαμπρότητα των λαμπτήρων. Για τη μέτρηση της θάμβωσης σε εσωτερικό χώρο, έχει επινοηθεί το σύστημα «UGR», η οποία στηρίζεται στον υπολογισμό της τιμής UGR:

$$UGR = 8 \log_{10} \frac{0.25}{L_b} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \quad (3.6)$$

όπου

$L_b$  = λαμπρότητα περιβάλλοντος (cd / m<sup>2</sup>)

$L$  = λαμπρότητα των φωτεινών τμημάτων κάθε φωτιστικού στην διεύθυνση των οφθαλμών του παρατηρητή (cd / m<sup>2</sup>)

$\omega$  = στερεά γωνία υπό την οποία φαίνονται τα φωτεινά τμήματα κάθε φωτιστικού από τους οφθαλμούς του παρατηρητή (Sr)

$p$  = δείκτης θέσης Guth για κάθε ξεχωριστό φωτιστικό, ο οποίος το συσχετίζει με την μετατόπιση από τη γραμμή θέασης.

Η μέθοδος υπολογισμού της θάμβωσης UGR, δημιουργεί τον παρακάτω πίνακα αριθμών, ο οποίος μας δίνει την ερμηνεία για της συνθήκες της θάμβωσης:

*Πίνακας 3.3 Πίνακας τιμών μεθόδου UGR*

<b>UGR</b>	<b>Συνθήκες φωτισμού</b>
<13	Δεν υπάρχει θάμβωση
13-16	Κατάλληλες συνθήκες για ακριβείς οπτικές εργασίες
16-19	Κατάλληλες συνθήκες για συνήθεις οπτικές εργασίες
19-22	Κατάλληλες συνθήκες για οπτικές εργασίες μέτριων απαιτήσεων
22-28	Κατάλληλες συνθήκες για απλές οπτικές εργασίες
>28	Ακατάλληλες συνθήκες φωτισμού για εργασία

### 3.3 Περιγραφή χώρων - δεδομένα - απαιτήσεις μελέτης

Οι χώροι οι οποίοι θα μελετηθούν ως προς τα φωτιστικά τους χαρακτηριστικά είναι τρεις: ένα κλασικό γραφείο με τρεις θέσεις εργασίας, ένα γραφείο σχεδιασμού προϊόντων, και μια αίθουσα συναντήσεων. Πρόκειται για πραγματικούς χώρους, που ανήκουν σε εταιρεία που σχεδιάζει και εμπορεύεται είδη κάμπινγκ, εξοχής και βουνού. Η μέθοδος που θα ακολουθηθεί, είναι η εισαγωγή των υπάρχοντων φωτιστικών στη φωτιστική εφαρμογή, ανάλυση και εξαγωγή συμπερασμάτων, ακολουθούμενη από την επιλογή κατάλληλων φωτιστικών με τεχνολογία LED καθώς και πραγματοποίηση οικονομοτεχνικής μελέτης.

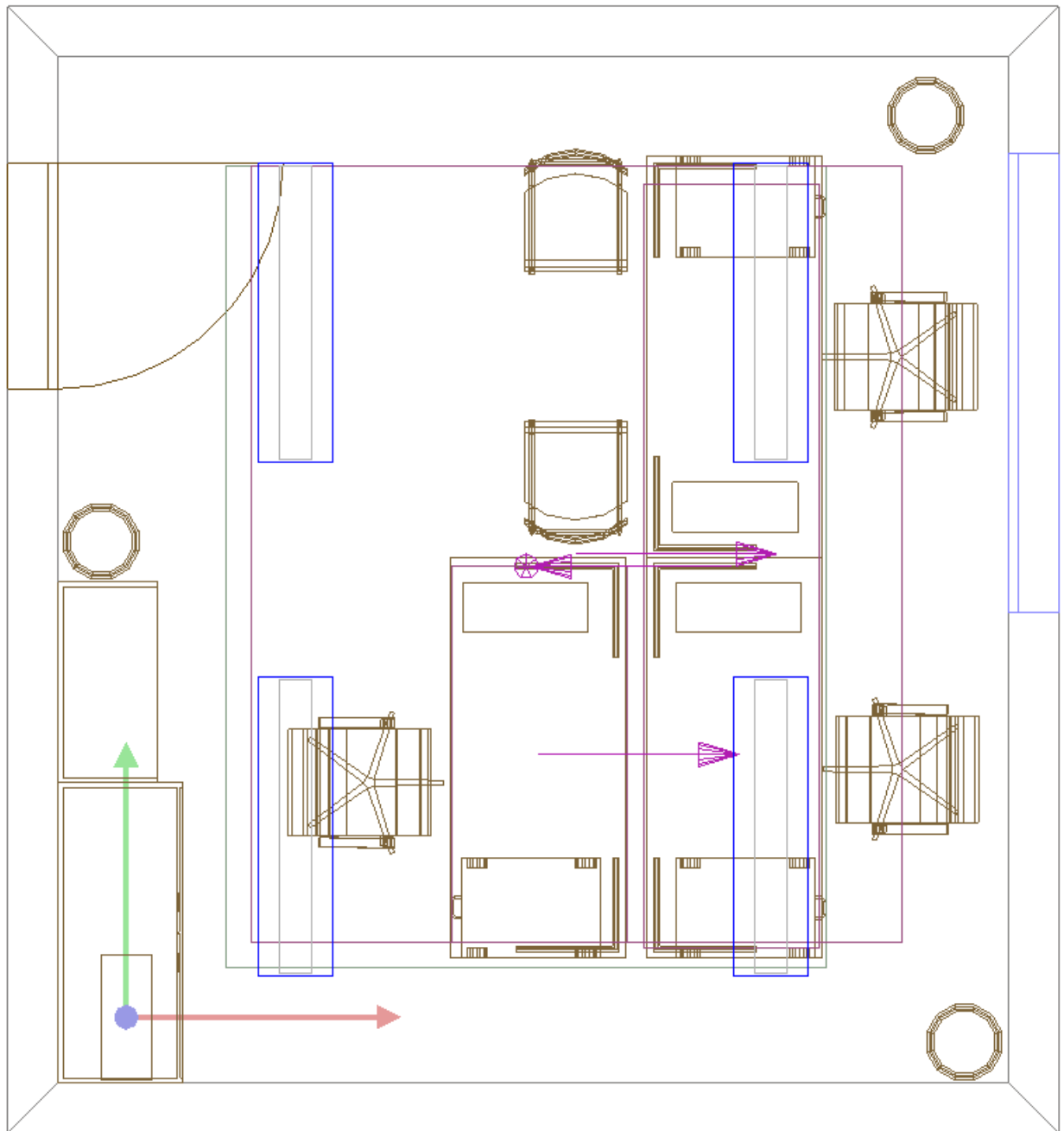
#### 3.3.1 Περιγραφή χώρων μελέτης

##### 3.3.1.1 Γραφείο

Πρόκειται για ένα γραφείο διαστάσεων  $M \times \Pi \times Y = 3,80 \times 4,10 \times 2,62$  m και αποτελείται από τρεις θέσεις εργασίας και μερικά έπιπλα γραφείου (ντουλάπα, ραφιέρα). Υπάρχει ένα παράθυρο, η οροφή και οι τοίχοι είναι ανοιχτόχρωμοι, ενώ οι συντελεστές ανάκλασης είναι 0,7 για την οροφή, 0,5 για τους τοίχους και 0,2 για το δάπεδο. Ο στόχος της εντάσεως φωτισμού στο επίπεδο εργασίας είναι τα 500 lx. Ακολουθούν η κάτοψη και προοπτικό σχέδιο του χώρου.



Σχήμα 3.1 Προοπτικό σχέδιο γραφείου



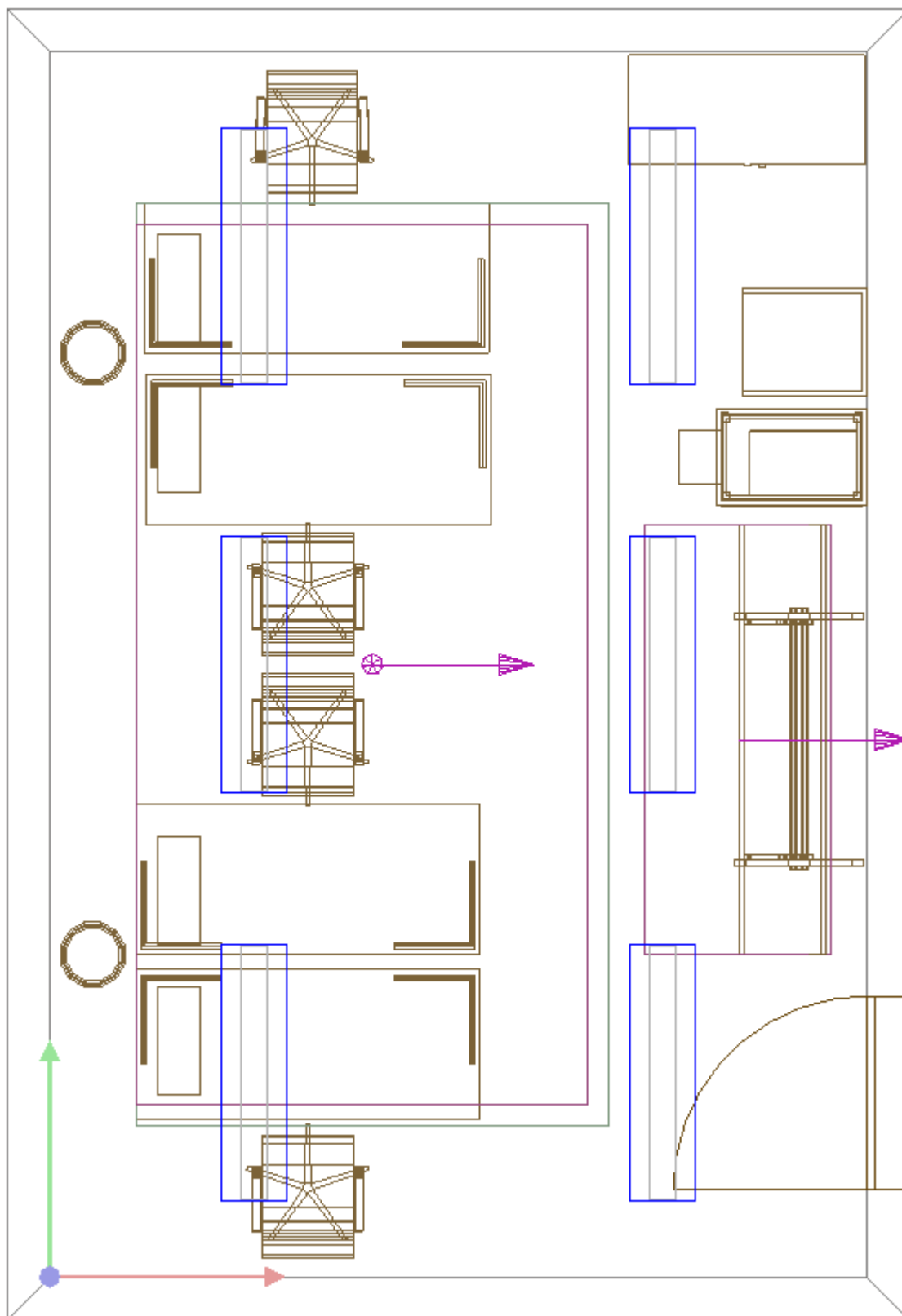
Σχήμα 3.2 Κάτοψη γραφείου

### 3.3.1.2 Γραφείο σχεδιασμού προϊόντων

Πρόκειται για ένα γραφείο με τέσσερις σταθμούς εργασίας διαστάσεων  $Mx\Pi x Y=3,80x5,70x2,62$  m. Στο χώρο υπάρχουν μια ντουλάπα και ένας εκτυπωτής, καθώς και ένας πίνακας σχεδιασμού. Η οροφή και οι τοίχοι είναι ανοιχτόχρωμοι, ενώ οι συντελεστές ανάκλασης είναι 0,7 για την οροφή, 0,5 για τους τοίχους και 0,2 για το δάπεδο. Ο στόχος της εντάσεως φωτισμού στο επίπεδο εργασίας είναι τα 750 lx. Ακολουθούν η κάτοψη και προοπτικό σχέδιο του χώρου.



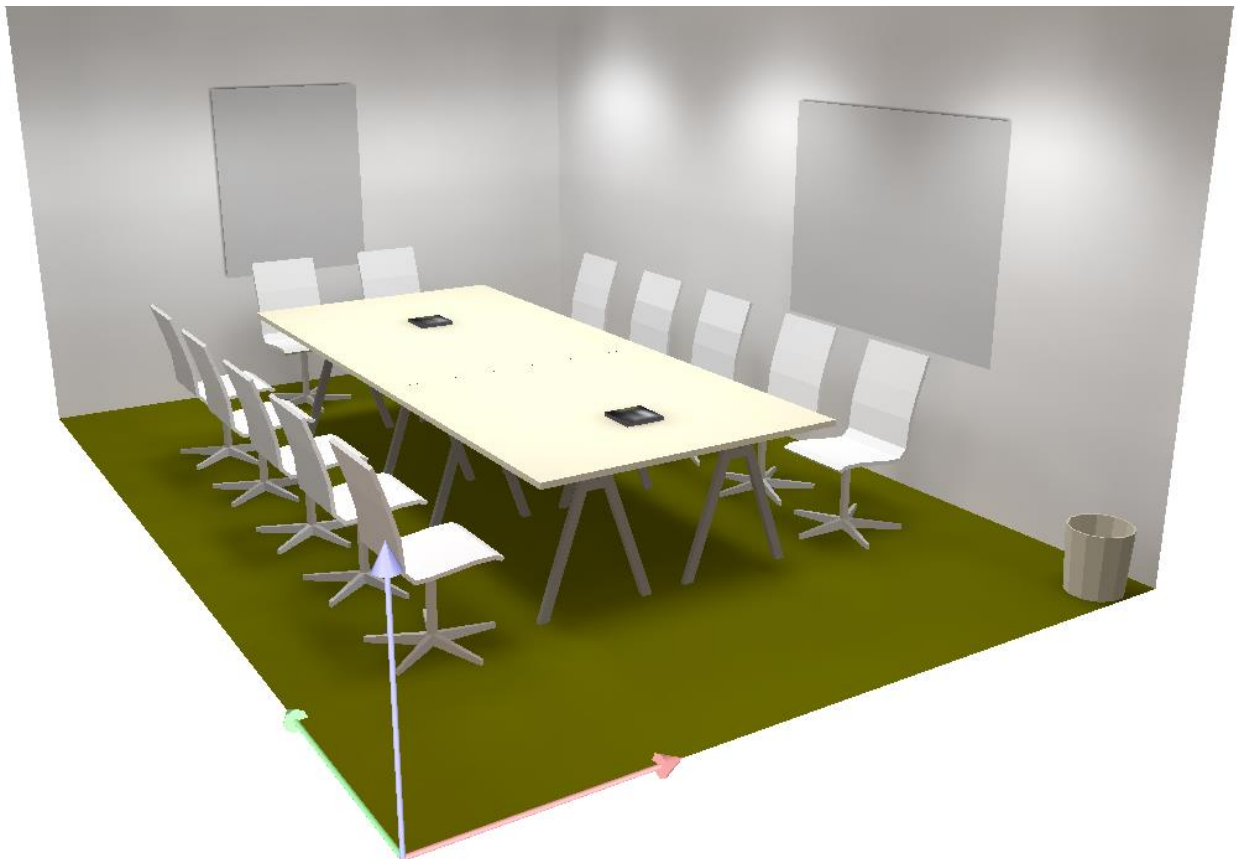
Σχήμα 3.3 Προοπτικό σχέδιο γραφείου σχεδίασης προϊόντων



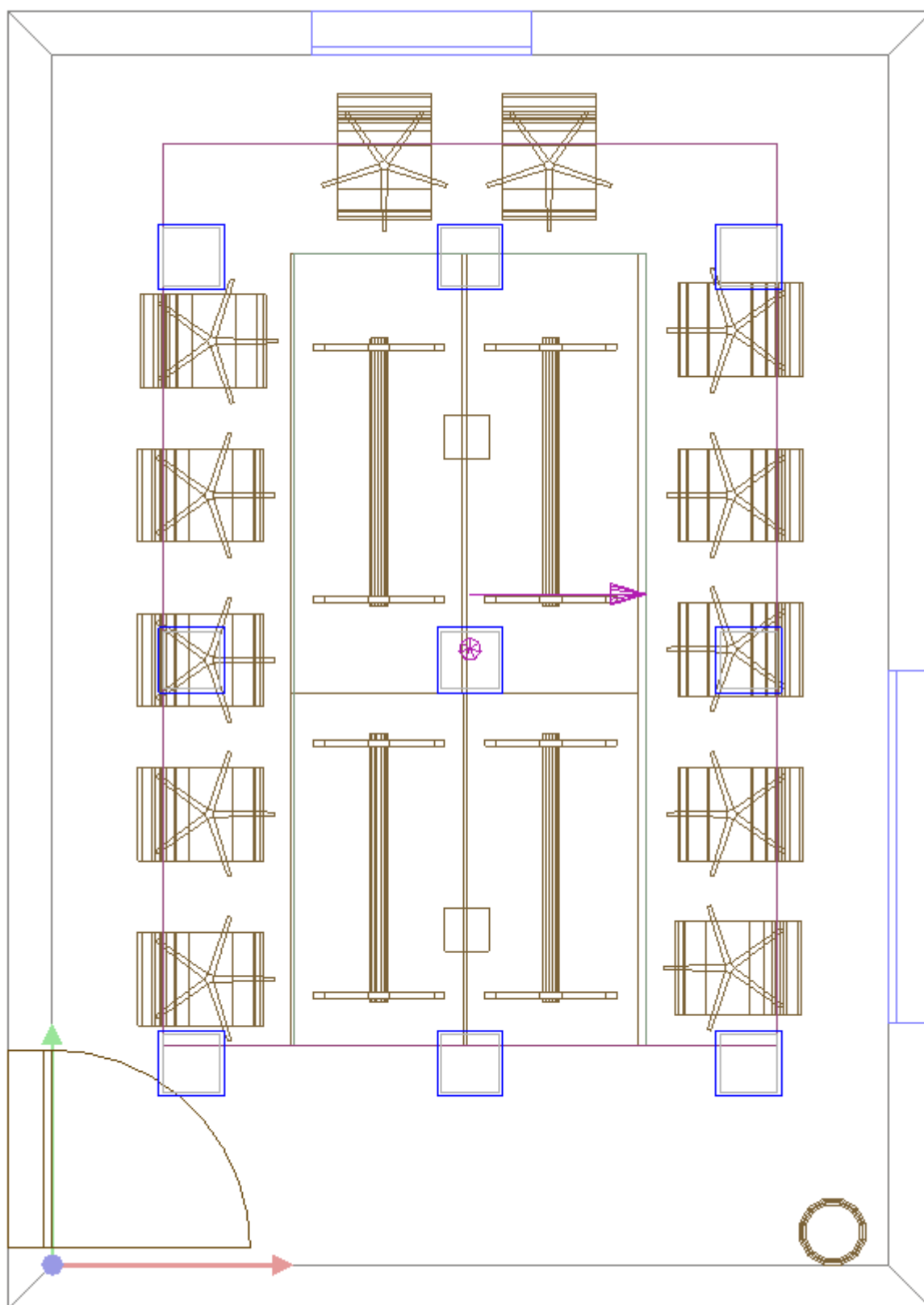
Σχήμα 3.4 Κάτοψη γραφείου σχεδίασης προϊόντων

### 3.3.1.3 Αίθουσα συνεδριάσεων

Πρόκειται για μια αίθουσα συναντήσεων, διαστάσεων  $M \times \Pi \times Y = 3,80 \times 5,50 \times 2,62$  m, στην οποία υπάρχει ένα μεγάλο τραπέζι περιβαλλόμενο από καρέκλες. Η οροφή και οι τοίχοι είναι ανοιχτόχρωμοι, ενώ οι συντελεστές ανάκλασης είναι 0,7 για την οροφή, 0,5 για τους τοίχους και 0,2 για το δάπεδο. Ο στόχος της εντάσεως φωτισμού στο επίπεδο εργασίας είναι τα 500 lx. Ακολουθούν η κάτοψη και προοπτικό σχέδιο του χώρου.



Σχήμα 3.5 Προοπτικό σχέδιο αίθουσας συνεδριάσεων



Σχήμα 3.6 Κάτοψη αίθουσας συνεδριάσεων

### 3.3.2 Δεδομένα - απαιτήσεις μελέτης φωτισμού

Όπως ήδη αναφέρθηκε πρόκειται για πραγματικούς υπάρχοντες χώρους, ήδη φωτισμένους με εντοιχισμένα στην οροφή φωτιστικά τετραγωνικής μορφής, που χρησιμοποιούν 4 λαμπτήρες φθορισμού των 18W, με ανακλαστήρες. Βάση αυτών, θα γίνει υπολογισμός των φωτιστικών στοιχείων του κάθε χώρου καθώς και της συνολικής κατανάλωσης των φωτιστικών και έπειτα θα επιλεγθούν κατάλληλα φωτιστικά τεχνολογίας LED με βάση τις φωτιστικές απαιτήσεις για χώρους γραφείων που περιγράφονται παραπάνω, θα αναλυθούν τα φωτιστικά τους στοιχεία καθώς και η ενεργειακή κατανάλωσή τους.

#### 3.3.2.1 Καθορισμός πλέγματος υπολογισμού της έντασης φωτισμού

Κατά το πρότυπο EN 12464, οι υπολογισμοί της εντάσεως και της ομοιομορφίας του φωτός σε εσωτερικούς χώρους θα πρέπει να γίνεται χρησιμοποιώντας ένα πλέγμα υπολογισμού, το οποίο θα αποτελείται από νοητά κελιά τετραγωνικού ή παραπλήσιου σχήματος. Σε αυτά τα κελιά θα γίνονται οι υπολογισμοί των φωτιστικών δεδομένων και μπορούν να αφορούν το επίπεδο εργασίας (περιοχή εργασίας, περιβάλλουσα και περιοχή φόντου), όπως και τους τοίχους και το ταβάνι.

Το μέγιστο μέγεθος του κάθε κελιού σε ένα πλέγμα υπολογισμού δίνεται από τον τύπο:

$$p = 0,2 \times 5^{\log 10(d)} \quad (3.7)$$

Όπου:

- $p \leq 10$  m (η μέγιστη διάσταση του κελιού)
- d: η μεγαλύτερη διάσταση του χώρου υπολογισμού. Εάν η μεγαλύτερη διάσταση είναι 2 φορές μεγαλύτερη (ή και περισσότερο) από τη μικρή διάσταση, τότε ως d θα θεωρήσουμε τη μικρή διάσταση του χώρου.

Ο λόγος των διαστάσεων του κάθε κελιού (μήκος προς το πλάτος), θα πρέπει να κυμαίνεται από 0,5 έως 2. Εφόσον έχει υπολογισθεί το μέγιστο μέγεθος του κάθε κελιού χρησιμοποιώντας τον παραπάνω τύπο, μπορεί να υπολογισθεί ο αριθμός των κελιών που θα αντιστοιχούν στον προς μελέτη χώρο από τον λόγο d/p. Σαν τελικό αποτέλεσμα θα πρέπει να λαμβάνεται ο πλησιέστερος ακέραιος αριθμός στον λόγο αυτό.



Στον παρακάτω πίνακα μπορούμε να δούμε τις προτεινόμενες τιμές απόστασης και αριθμού κελιών στο πλέγμα υπολογισμού, κατά το πρότυπο EN 12464.

*Πίνακας 3.4 Απόσταση και αριθμός κελιών πλέγματος υπολογισμού*

<b>Μήκος χώρου (d)</b>	<b>Μέγιστη απόσταση μεταξύ των σημείων υπολογισμού (m)</b>	<b>Ελάχιστος αριθμός σημείων υπολογισμού</b>
0,40	0,15	3
0,60	0,20	3
1,00	0,20	5
2,00	0,30	6
5,00	0,60	8
10,00	1,00	10
25,00	2,00	12
50,00	3,00	17
100,00	5,00	20

Σημεία που θα πρέπει να προσεχθούν είναι ότι:

- Μια περιφερική ζώνη πλάτους 0,5 m από τους τοίχους του χώρου μπορεί να εξαιρεθεί από τους υπολογισμούς, εκτός εάν υπάρχει μια ζώνη εργασίας που περικλείεται σε αυτή την περιοχή.
- Η διάταξη των φωτιστικών δεν θα πρέπει να είναι η ίδια με αυτή των κελιών υπολογισμού επάνω στο πλέγμα.

Για όλους τους υπολογισμούς που ακολουθούν, χρησιμοποιήθηκε στο λογισμικό Dialux η επιλογή πλεγμάτων υπολογισμού σύμφωνα με το πρότυπο και πραγματοποιήθηκε χειροκίνητη επιβεβαίωσή τους, χρησιμοποιώντας τον παραπάνω τύπο, ώστε να επιβεβαιωθεί η σωστή επιλογή τους.

### 3.3.2.2 Ένταση κυλινδρικού και οριζόντιου φωτισμού. Λόγος Μοντελοποίησης

Στους εσωτερικούς χώρους εργασίας, είναι εξίσου σημαντικό να φωτισθεί σωστά και ο όγκος του χώρου τον οποίο χρησιμοποιούν οι άνθρωποι για κίνηση, επικοινωνία και συνεννόηση, και όχι μόνο το επίπεδο εργασίας. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να μελετηθεί και ο κυλινδρικός φωτισμός στον χώρο αυτό, ώστε να βελτιώσει την εμφάνιση και το ανάγλυφο των ατόμων αλλά και των αντικειμένων.

Η μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού ορίζεται ως  $E_z$  και για χώρους που εκτελείται κάποια απλή δραστηριότητα ή μετακίνηση θα πρέπει να είναι πάνω από 50 lx, με ομοιομορφία  $U_0 \geq 0,10$ . Σε περιοχές όπου η καλή οπτική επικοινωνία είναι σημαντική, η μέση κυλινδρική ένταση φωτισμού θα πρέπει να είναι πάνω από 150 lx με ομοιομορφία  $U_0 \geq 0,10$ . Παράδειγμα τέτοιων εφαρμογών είναι αίθουσες συνεδριάσεων και διδασκαλίας, γραφεία κτλ.

Ο υπολογισμός του κυλινδρικού φωτισμού, που είναι ο υπολογισμός της μέσης έντασης φωτισμού σε ένα νοητό κάθετος κύλινδρος γύρω από ένα σημείο, γίνεται σε ύψος 1,2 m όταν αφορά καθήμενους ανθρώπους και σε ύψος 1,6 m όταν αφορά όρθιους ανθρώπους, μετρούμενο από το πάτωμα του χώρου.

Για να αναδειχθούν τα χαρακτηριστικά ενός χώρου, συμπεριλαμβανομένων των δομικών χαρακτηριστικών, αντικειμένων αλλά και ανθρώπων, θα πρέπει να είναι φωτισμένα έτσι ώστε η φόρμα τους να αναδεικνύεται καθαρά και ευχάριστα. Ο φωτισμός στον χώρο, δεν θα πρέπει να προέρχεται από μία μόνο κατεύθυνση διότι θα προκαλέσει σκιές, ούτε θα πρέπει να είναι πολύ διάχυτος, γιατί θα προκαλέσει μουντό περιβάλλον εργασίας.

Ο λόγος μοντελοποίησης εκφράζει την ισορροπία μεταξύ του κατευθυνόμενου και διάχυτου φωτός σε ένα χώρο και σύμφωνα με το πρότυπο θα πρέπει να είναι μεταξύ 0,30 και 0,60 για να έχουμε ένα καλό αποτέλεσμα. Ορίζεται ως ο λόγος της μέσης κυλινδρικής έντασης φωτισμού προς την μέση οριζόντια ένταση φωτισμού σε συγκεκριμένο χώρο.

Στην μελέτη με τα φωτιστικά LED που ακολουθεί, υπολογίστηκε ο λόγος μοντελοποίησης και για τους τρεις χώρους, με ελάχιστη τιμή μέσης κυλινδρικής εντάσεως φωτισμού τα 150 lx, καθώς είναι χώροι που απαιτούν καλή οπτική επικοινωνία.

### 3.3.2.3 Συντελεστής συντήρησης φωτιστικής εγκατάστασης

Κάθε φωτιστική μελέτη θα πρέπει να εμπεριέχει έναν γενικό συντελεστή συντήρησης (MF), υπολογισμένο για τα επιλεγμένα φωτιστικά, περιβάλλον εργασίας και πρόγραμμα συντήρησης της εγκατάστασης.

Οι εντάσεις φωτισμού για διάφορους χώρους που δίνονται από το πρότυπο είναι διατηρούμενες εντάσεις φωτισμού και θα πρέπει να παραμένουν σταθερές κάτι το οποίο δεν συμβαίνει, διότι με την πάροδο του χρόνου η φωτεινή ροή των φωτιστικών μειώνεται λόγω γήρανσης αλλά και λόγω ρύπανσης των λαμπτήρων, ανακλαστήρων και φωτιστικών σωμάτων. Για να διατηρηθεί η ένταση φωτισμού σε αποδεκτά επίπεδα, πρέπει να εφαρμοστεί ένα σχέδιο συντήρησης και καθαρισμού όχι μόνο των φωτιστικών, αλλά και των επιφανειών του χώρου.

Ο υπολογισμός του συντελεστή συντήρησης, δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$MF = LLMF \times LSF \times LMF \times RSMF \quad (3.8)$$

Όπου:

- LLMF είναι ο συντελεστής συντήρησης της φωτεινής ροής του λαμπτήρα, ο οποίος εκφράζει τη μείωση της φωτεινής ροής του λαμπτήρα για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα
- LSF είναι ο συντελεστής επιβίωσης του λαμπτήρα που εκφράζει τη διάρκεια ζωής του
- LMF είναι ο συντελεστής συντήρησης του φωτιστικού σώματος και εκφράζει τη μείωση της φωτεινής ροής από τους ρύπους που συγκεντρώνονται σε ένα φωτιστικό σώμα
- RSMF είναι ο συντελεστής συντήρησης των επιφανειών του χώρου και εκφράζει τη μείωση της ανακλαστικότητας λόγω ρύπων που συγκεντρώνονται πάνω σε αυτές.

Πραγματοποιώντας μια μελέτη φωτισμού, θα πρέπει να αναφερθεί ο συντελεστής συντήρησης, συνοδευόμενος από ένα σχέδιο συντήρησης της εγκατάστασης, το οποίο θα ορίζει τα χρονικά διαστήματα όπου θα πρέπει να ληφθούν οι παρακάτω ενέργειες:

- Αντικατάσταση λαμπτήρων/ φωτιστικών λόγω γήρανσης
- Αντικατάσταση λαμπτήρων/ φωτιστικών λόγω τέλους διάρκειας ζωής
- Καθαρισμός λαμπτήρων, ανακλαστήρων, φωτιστικών
- Καθαρισμός και ανανέωση επιφανειών χώρου

Οι παραπάνω επιμέρους συντελεστές προκύπτουν από συγκεκριμένους πίνακες, οι οποίοι είναι ενσωματωμένοι στο λογισμικό Dialux.

Στη μελέτη με τα φωτιστικά LED που ακολουθεί, όλα τα απαραίτητα δεδομένα έχουν εισαχθεί στο λογισμικό ώστε να υπολογισθούν με ακρίβεια οι επιμέρους συντελεστές αλλά και ο γενικός συντελεστής συντήρησης, ακολουθούμενη από ένα σχέδιο συντήρησης για τους χώρους της μελέτης. Επίσης λαμβάνονται υπ'όψιν τα στοιχεία του κατασκευαστή για τα επιλεγμένα φωτιστικά σώματα, για τον υπολογισμό των συντελεστών LSF και LLMF.

Τα αρχικά δεδομένα που μας καθοδηγούν για τον προσδιορισμό αναλύονται στη δημοσίευση 97:2005 της CIE το οποίο σύμφωνα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος εργασίας, την κατηγορία του φωτιστικού, τις ανακλαστικότητες των επιφανειών του χώρου καθώς και το διάστημα συντήρησης των φωτιστικών, μπορούν να υπολογισθούν οι συντελεστές LMF και RSMF.

Παρακάτω, δίνονται οι πίνακες κατηγοριοποίησης των συνθηκών περιβάλλοντος αλλά και των φωτιστικών, τα οποία χρησιμοποιούνται από το λογισμικό, ώστε να υπολογισθεί ο συντελεστής συντήρησης.

*Πίνακας 3.5 Πίνακας κατηγοριοποίησης συνθηκών περιβάλλοντος*

<b>Συνθήκες περιβάλλοντος</b>	<b>Χώροι ή περιοχές εργασίας</b>
VC (πολύ καθαρό)	Καθαρά δωμάτια, αίθουσες Η/Υ, χειρουργεία, μικροβιολογικά εργαστήρια κτλ.
C (καθαρό)	Γραφεία, σχολεία, δωμάτια νοσοκομείων κτλ.
N (κανονικό)	Καταστήματα, εστιατόρια, αποθήκες κτλ.
D (βρωμικό)	Χαλβουργεία, χυτήρια, συνεργεία, ξυλουργεία κτλ.

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, η δημοσίευση CIE 97:2005, συνιστά να γίνεται συντήρηση κάθε:

- 3 χρόνια για περιβάλλον VC και C
- 2 χρόνια για περιβάλλον N
- 1 χρόνο για περιβάλλον D

Πίνακας 3.6 Πίνακας κατηγοριοποίησης φωτιστικών σωμάτων

Κατηγορία	Τύπος φωτιστικού	Περιγραφή φωτιστικού
A	Απροστάτευτο – γυμνό φωτιστικό από όλες τις πλευρές	Φωτιστικά με εκτεθειμένη τη λάμπα – χωρίς προστατευτικό κάλυμμα της λάμπας
B	Ανοικτό το επάνω περίβλημα του φωτιστικού (αυτοκαθαριζόμενο φωτιστικό)	Άμεσα/ έμμεσα φωτιστικά χωρίς κάλυμμα από πάνω, με έμμεσο ανακλαστήρα, επίτοιχα φωτιστικά με κάθετο άνοιγμα από πάνω, με κάθετο άνοιγμα πάνω και κάτω, άμεσα σποτ φωτιστικά με ανοιχτή οροφή
C	Κλειστό το επάνω περίβλημα του φωτιστικού (μη αυτοκαθαριζόμενο)	Χωνευτά και επιφανειακής τοποθέτησης φωτιστικά (με περσίδες, σποτ, προβολείς)
D	Κλειστό φωτιστικό με προστασία IP2X	Φωτιστικά σώματα γενικής χρήσης με κλειστά προστατευτικά καλύμματα του λαμπτήρα
E	Κλειστό φωτιστικό με προστασία από τη σκόνη IP5X	Φωτιστικά που περιορίζουν την εισροή σκόνης εντός τους
F	Κυρίως έμμεσα φωτιστικά	Κρεμαστά, επιτραπέζια ή επιτοίχια φωτιστικά με κλειστή την κάτω πλευρά τους
G	Αερο-χειριζόμενα φωτιστικά	Φωτιστικά ενσωματωμένα στον εξαερισμό ή στον κλιματισμό της αίθουσας (τοποθετημένα στους αεραγωγούς του κτιρίου)

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, γίνεται ο υπολογισμός του γενικού συντελεστή συντήρησης στο λογισμικό Dialux, όπως θα δούμε παρακάτω.

# 4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

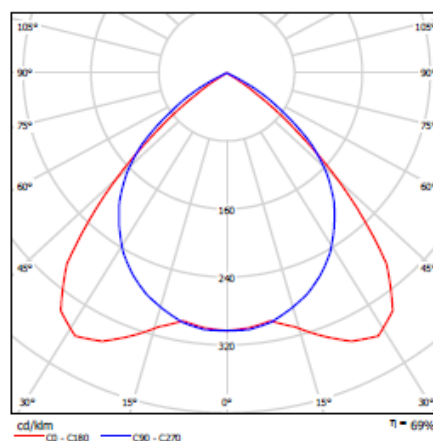
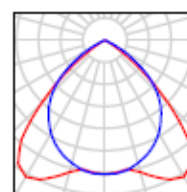
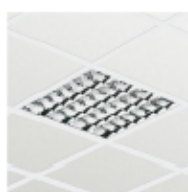
## “ΜΕΛΕΤΗ ΜΕ ΤΟ DIALUX”

### 4.1 Υπάρχουσα εγκατάσταση με λαμπτήρες φθορισμού

Παρακάτω, θα αναλυθούν τα φωτιστικά χαρακτηριστικά και μεγέθη, της υπάρχουσας εγκατάστασης με τα φωτιστικά φθορισμού. Αρχικά βλέπουμε τα φωτιστικά τα οποία χρησιμοποιούνται:

#### Μελέτη φωτισμού με φωτιστικά φθορισμού / Κατάλογος φωτιστικών

14 Τεμάχια Philips TBS160 4xTL-D18W HFP C6-1000  
 Αρ. είδους:  
 Φωτεινή ροή (Φωτιστικό): 3726 lm  
 Φωτεινή ροή (Λάμπες): 5400 lm  
 Ισχύς φωτιστικού: 69.5 W  
 Ταξινόμηση φωτιστικών σύμφωνα προς CIE: 100  
 Κωδικός ροής CIE: 68 100 100 99 69  
 Εξοπλισμός: 4 x TL-D18W/840 (Συντελεστής διόρθωσης 1.000).



Ταξινόμηση φωτιστικών σύμφωνα προς CIE: 100  
 Κωδικός ροής CIE: 68 100 100 99 69

Impala – functional and convenient

Impala TBS160 is a functional recessed luminaire for 2, 3 or 4 TL-D fluorescent lamps. It offers a wide range of optics as well as a prismatic plate. The optics/plate are fitted to the housing by means of a clip for easy installation and maintenance. An external connection system enables the mains connection to be made without opening the luminaire. The luminaire fits in visible profile ceilings as standard and, using accessories, in concealed and plaster ceilings.

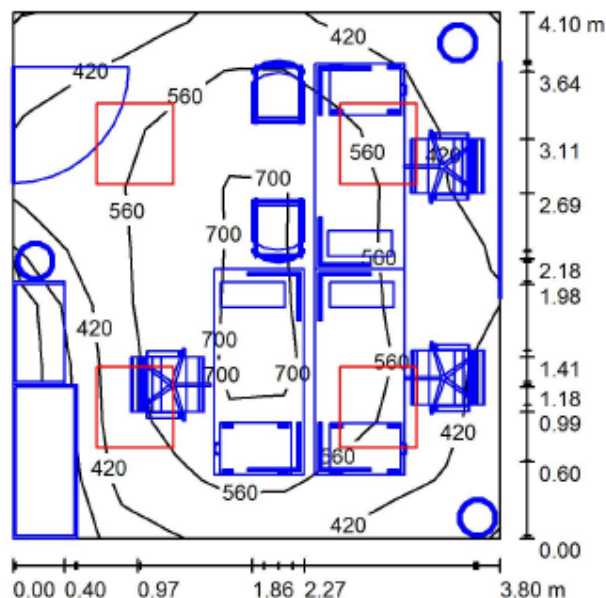
Εκπομπή φωτός 1:

Αξιολόγηση θόμβωσης κατά UGR										
α Όροση	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
β Τύπος	50	30	50	50	30	50	30	50	50	30
λ Διαστά	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Μέγιστος μέγιστος X	Y	Οπτική απόκλιση ανάμεσα προς τον άξονα λάμπας				Οπτική απόκλιση παράλληλα προς τον άξονα λάμπας				
2H	2H	15.6	16.6	15.8	16.8	17.0	16.5	17.6	16.8	17.8
	2H	15.4	16.3	15.7	16.6	16.8	16.4	17.3	16.7	17.6
	4H	15.3	16.2	15.7	16.4	16.7	16.3	17.2	16.7	17.5
	6H	15.3	16.0	15.6	16.3	16.6	16.3	17.0	16.6	17.3
	8H	15.2	16.0	15.6	16.3	16.6	16.2	17.0	16.6	17.3
	12H	15.2	15.9	15.5	16.2	16.5	16.2	16.9	16.6	17.2
	2H	15.6	16.4	15.9	16.7	17.0	16.5	17.3	16.8	17.8
	2H	15.5	16.2	15.8	16.5	16.8	16.3	17.0	16.7	17.3
	4H	15.4	16.0	15.8	16.3	16.7	16.3	16.9	16.7	17.2
	6H	15.3	15.8	15.7	16.2	16.6	16.2	16.7	16.6	17.1
	8H	15.3	15.7	15.7	16.1	16.5	16.2	16.6	16.6	17.0
	12H	15.2	15.7	15.7	16.1	16.5	16.1	16.5	16.6	16.9
	4H	15.3	15.7	15.7	16.1	16.5	16.2	16.6	16.6	17.0
	6H	15.2	15.6	15.6	16.0	16.4	16.1	16.5	16.5	16.9
	8H	15.1	15.5	15.6	15.9	16.4	16.0	16.4	16.5	16.8
	12H	15.1	15.4	15.6	15.9	16.4	16.0	16.3	16.5	16.7
	4H	15.2	15.7	15.7	16.1	16.5	16.1	16.5	16.6	17.0
	6H	15.1	15.5	15.6	15.9	16.4	16.0	16.4	16.5	16.8
	8H	15.1	15.4	15.6	15.9	16.4	16.0	16.3	16.5	16.7
Παράδειγμα τιμών κριτηρίου για ανακρίβεια φωτισμού β										
S = 1.0H		+1.9 / -5.0								+1.0 / -1.7
S = 1.5H		+2.4 / -19.5								+2.3 / -6.5
S = 2.0H		+5.2 / -27.7								+3.5 / -17.6
Εύθυμη σύνταξη Προστασίας Αποδόμησης		B300		B300						-3.3
Διαγράμματα θόμβωσης κατά UGR με 5400lm συνολικά φωτεινή ροή										

### 4.1.1 Αποτελέσματα γραφείου

#### 4.1.1.1 Ένταση φωτισμού και περίληψη του δωματίου

#### Γραφείο / Περίληψη



Ύψος χώρου: 2.620 m, Ύψος συναρμολόγησης: 2.670 m

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:53

Επιφάνεια	ρ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Επίπεδο εργασίας (όλο το δωμάτιο)	/	520	51	750	0.099
Πάτωμα	20	221	1.47	507	0.007
Ταβάνι	70	125	21	185	0.170
Τοίχοι (4)	50	185	1.15	449	/

Επίπεδο εργασίας (όλο το δωμάτιο):

Ύψος: 0.750 m  
 Κάνναβος: 9 x 9 Σημεία  
 Περιφερική ζώνη: 0.000 m

Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

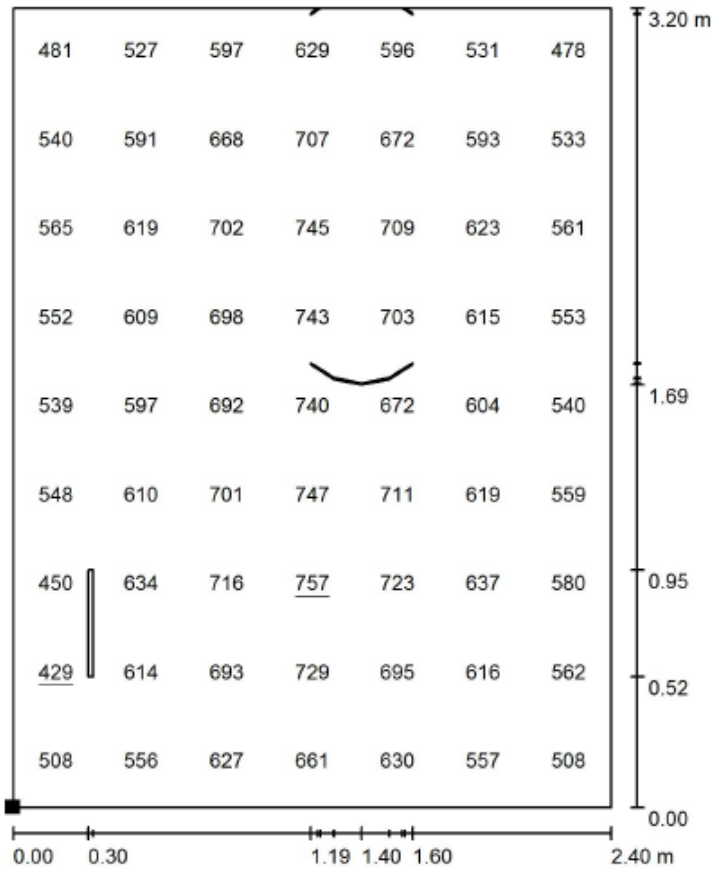
Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	4	Philips TBS160 4xTL-D18W HFP C6-1000 (1.000)	3726	5400	69.5
Συνολικά:			14904	Συνολικά: 21600	278.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης:  $17.84 \text{ W/m}^2 = 3.43 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Βασική επιφάνεια:  $15.58 \text{ m}^2$ )

Στο παραπάνω σχήμα μπορούμε να δούμε τα συνοπτικά φωτιστικά αποτελέσματα όλου του δωματίου, καθώς και τον κατάλογο των φωτιστικών που ήδη υπάρχουν.

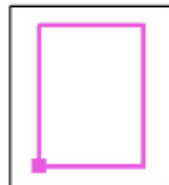
4.1.1.2 Ένταση και ομοιομορφία φωτισμού στη ζώνη εργασίας

Γραφείο / Ζώνης εργασίας γραφείου / Περιοχή εργασίας γραφείου / Γραφική παράσταση τιμών (E)



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 26

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.400 m, 0.200 m, 0.750 m)



Κάνναβος: 9 x 7 Σημεία

	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
Περιοχή εργασίας γραφείου	618	429	757	0.694	0.566
Περιβάλλουσα περιοχή	498	422	545	0.847	0.774

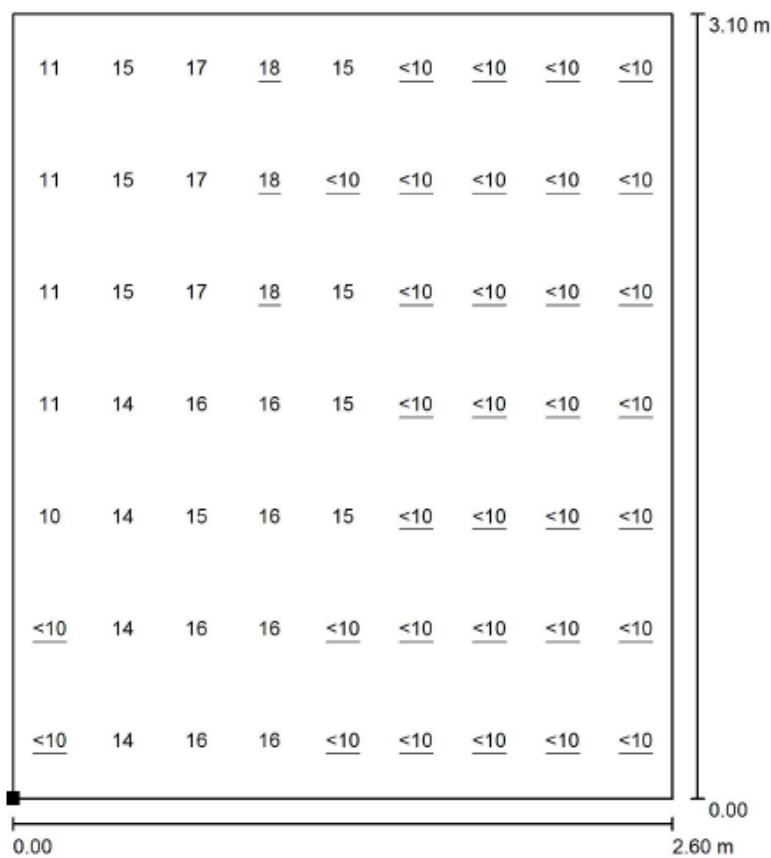
Μελετώντας τα φωτοτεχνικά αποτελέσματα για τη ζώνη εργασίας του γραφείου, φτάνουμε στο συμπέρασμα ότι η υπάρχουσα φωτιστική εγκατάσταση θεωρείται υπερβολική και ξεπερνά κατά πολύ τις φωτιστικές απαιτήσεις του χώρου. Η μέση φωτεινή ένταση στο επίπεδο εργασίας είναι 618 lx ενώ απαιτείται 500 lx, πάνω από 20% αυξημένη.



### 4.1.1.3 Υπολογισμός θάμβωσης UGR

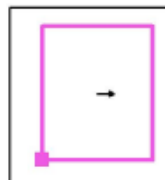
Ο υπολογισμός της θάμβωσης έγινε με πλέγματα υπολογισμού στο ύψος του μέσου ανθρώπου καθισμένου σε καρέκλα, κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο (1,2 m). Αναλύθηκαν οι οπτικές κατευθύνσεις προς 0°, 90°, 180° και 270°, για τη ζώνη εργασίας του χώρου (περιοχή εργασίας και περιβάλλουσα). Έπειτα, μιας και οι θέσεις των χρηστών είναι καθορισμένες μέσα στο χώρο, πραγματοποιήθηκε σημειακός υπολογισμός προς την κατεύθυνση παρατήρησής τους.

**Γραφείο / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 0 μοίρες / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 25

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.499 m, 0.300 m, 1.200 m)

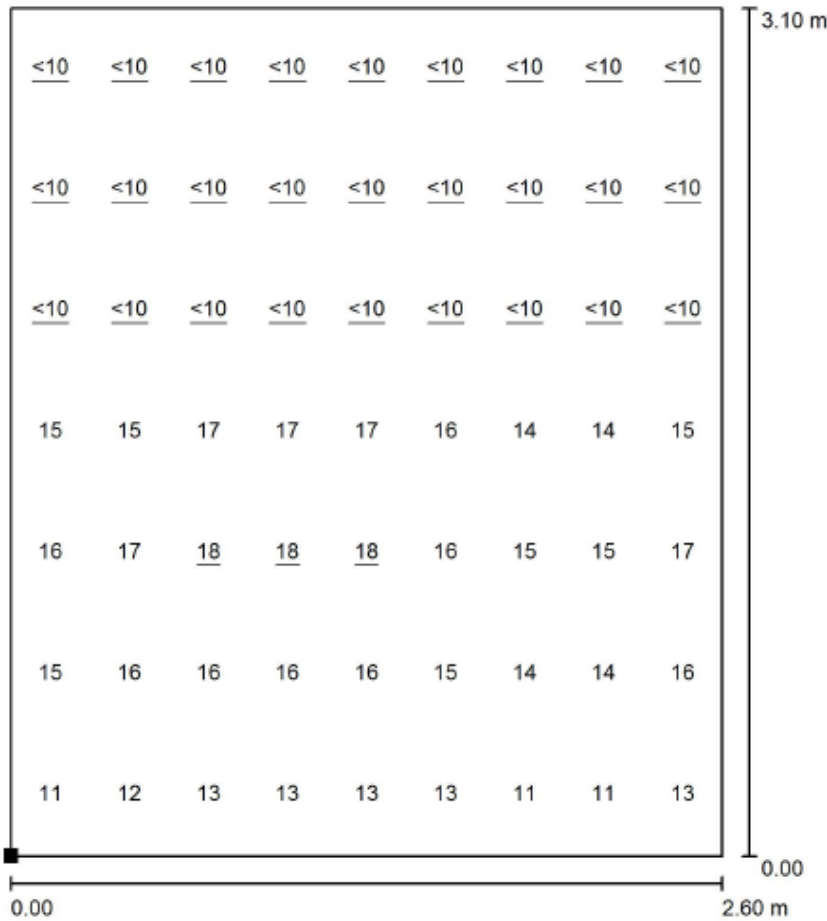


Κάναβος: 7 x 9 Σημεία

Min  
/

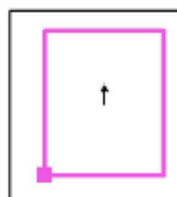
Max  
18

**Γραφείο / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 90 μοίρες / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 25

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.500 m, 0.300 m, 1.200 m)

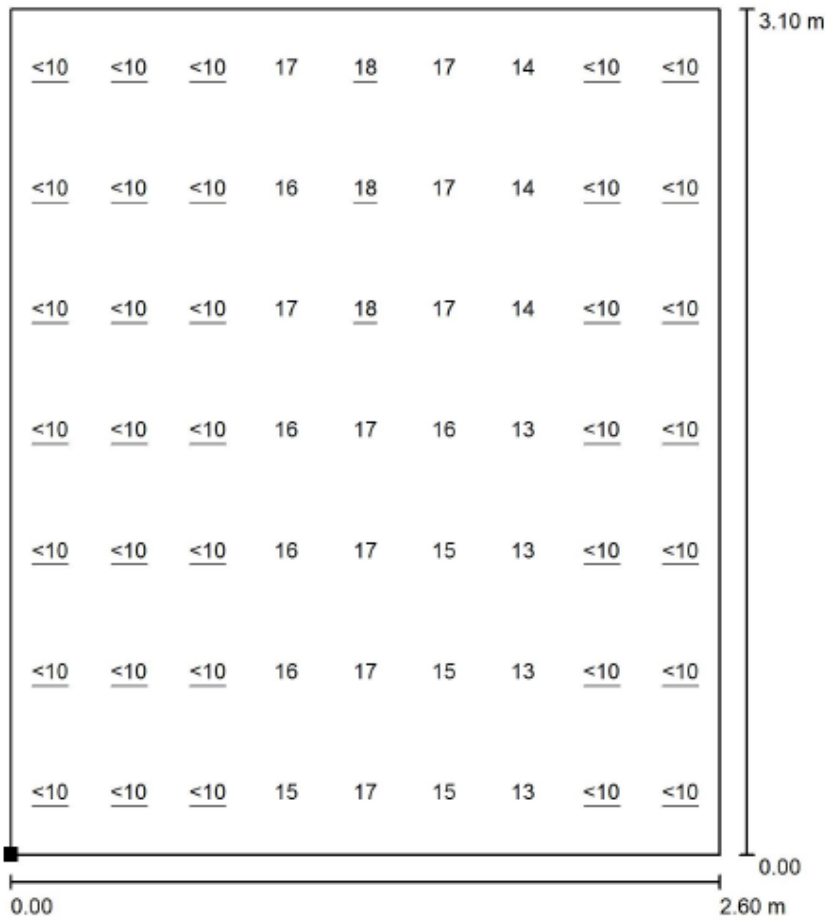


Κάναβος: 7 x 9 Σημεία

Min  
/

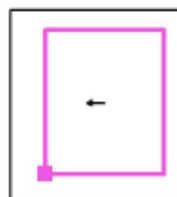
Max  
18

**Γραφείο / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 180 μοίρες / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 25

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.499 m, 0.300 m, 1.200 m)

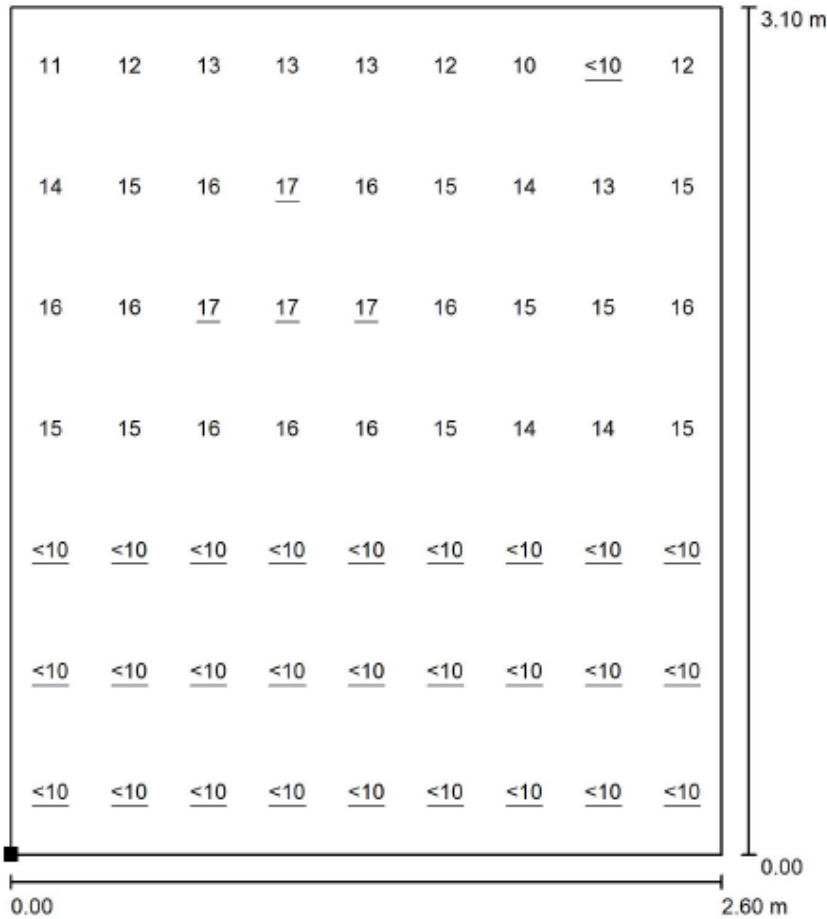


Κάνναβος: 7 x 9 Σημεία

Min  
/

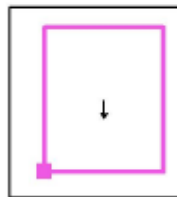
Max  
18

**Γραφείο / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 270 μοίρες / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 25

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.499 m, 0.300 m, 1.200 m)

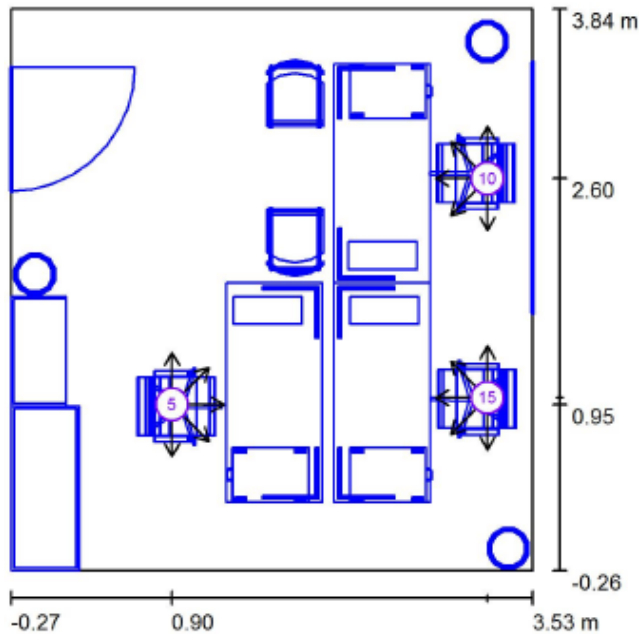


Κάναβος: 7 x 9 Σημεία

Min  
/

Max  
17

**Γραφείο / Παρατηρητής UGR (επισκόπηση αποτελεσμάτων)**



Κλίμακα 1 : 50

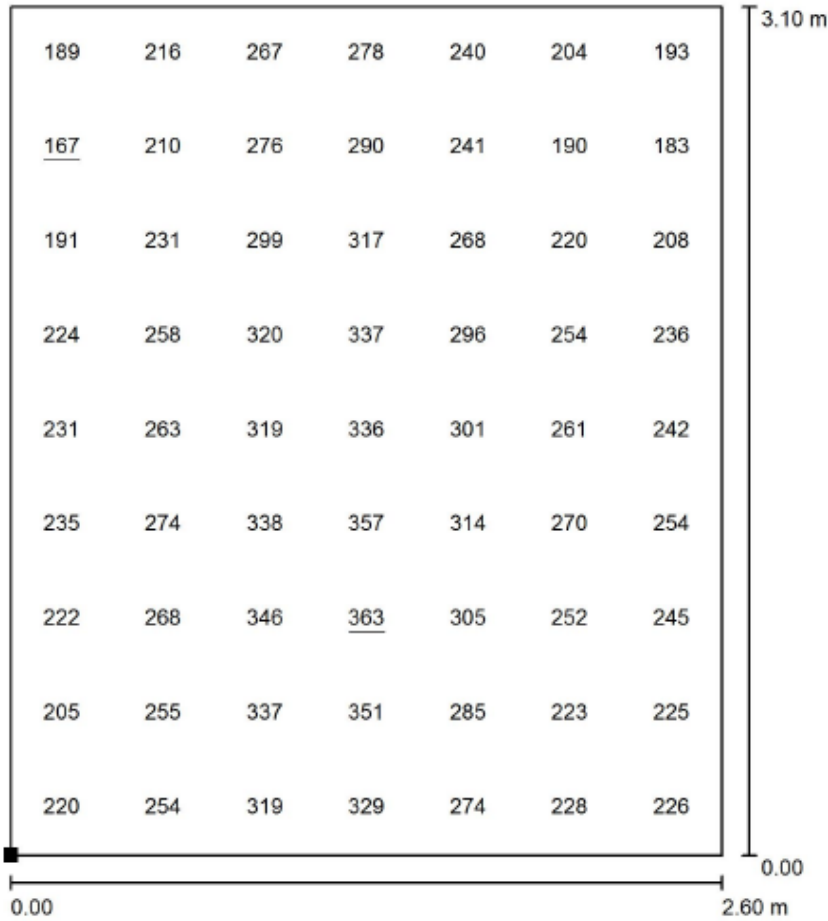
**Κατάλογος σημείων υπολογισμού UGR**

Αρ.	Ονομασία	Θέση [m]			Οπτική κατεύθυνση [°]	Τιμή
		X	Y	Z		
1	Σημείο υπολογισμού UGR 1 0	0.900	0.950	1.200	0.0	13
2	Σημείο υπολογισμού UGR 1 45	0.900	0.950	1.200	45.0	13
3	Σημείο υπολογισμού UGR 1 90	0.900	0.950	1.200	90.0	16
4	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -45	0.900	0.950	1.200	-45.0	11
5	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -90	0.900	0.950	1.200	-90.0	/
6	Σημείο υπολογισμού UGR 2 180	3.200	2.600	1.200	180.0	/
7	Σημείο υπολογισμού UGR 2 135	3.200	2.600	1.200	135.0	/
8	Σημείο υπολογισμού UGR 2 90	3.200	2.600	1.200	90.0	/
9	Σημείο υπολογισμού UGR 2 -135	3.200	2.600	1.200	-135.0	15
10	Σημείο υπολογισμού UGR 2 -90	3.200	2.600	1.200	-90.0	17
11	Σημείο υπολογισμού UGR 3 180	3.200	1.000	1.200	180.0	/
12	Σημείο υπολογισμού UGR 3 135	3.200	1.000	1.200	135.0	15
13	Σημείο υπολογισμού UGR 3 90	3.200	1.000	1.200	90.0	16
14	Σημείο υπολογισμού UGR 3 -135	3.200	1.000	1.200	-135.0	/
15	Σημείο υπολογισμού UGR 3 -90	3.200	1.000	1.200	-90.0	/

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα των υπολογισμών, βλέπουμε ότι η θάμβωση προς όλες τις οπτικές κατευθύνσεις, καθώς και στις θέσεις εργασίας, κυμαίνεται σε αποδεκτά επίπεδα και κάτω του ορίου του 19 που ορίζει το πρότυπο για τον χώρο αυτόν.

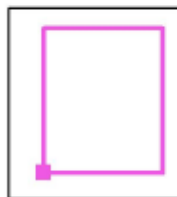
4.1.1.4 Κυλινδρικός φωτισμός και λόγος μοντελοποίησης

**Γραφείο / Κυλινδρικός φωτισμός (1,2 m) / Γραφική παράσταση τιμών (E, κυλινδρικά)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 25

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.499 m, 0.300 m, 1.200 m)



Κάναβος: 7 x 9 Σημεία

$E_m$  [lx]  
262

$E_{min}$  [lx]  
167

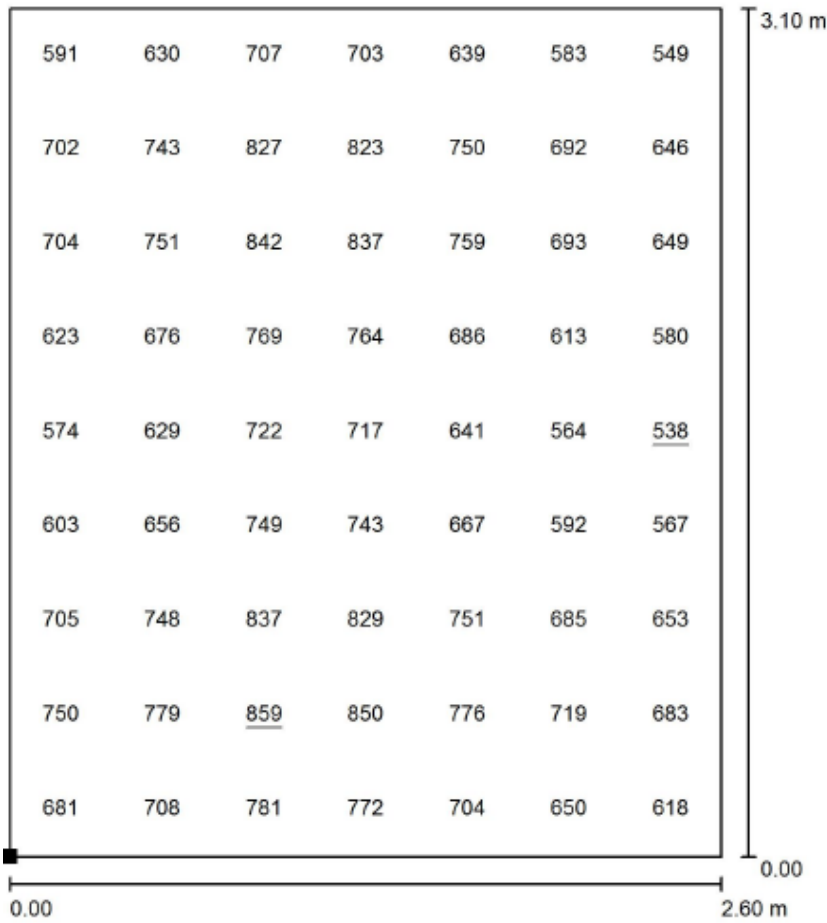
$E_{max}$  [lx]  
363

$E_{min} / E_m$   
0.637

$E_{min} / E_{max}$   
0.460

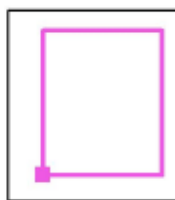
Ο κυλινδρικός φωτισμός του γραφείου στο ύψος 1,2 m είναι 262 lx, πάνω από το όριο των 150 lx που καταδεικνύει το πρότυπο, και με ομοιομορφία 0,637, άνω του 0,100 που απαιτείται.

**Γραφείο / Οριζόντιος φωτισμός (1,2 m) / Γραφική παράσταση τιμών (E, οριζόντια)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 25

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.499 m, 0.300 m, 1.200 m)



Κάνναβος: 7 x 9 Σημεία

$E_m$  [lx]  
699

$E_{min}$  [lx]  
538

$E_{max}$  [lx]  
859

$E_{min} / E_m$   
0.770

$E_{min} / E_{max}$   
0.627

Ο οριζόντιος φωτισμός του γραφείου είναι 699 lx. Ο λόγος της κυλινδρικής προς την οριζόντια ένταση φωτισμού, θα μας δώσει τον λόγο μοντελοποίησης του χώρου:

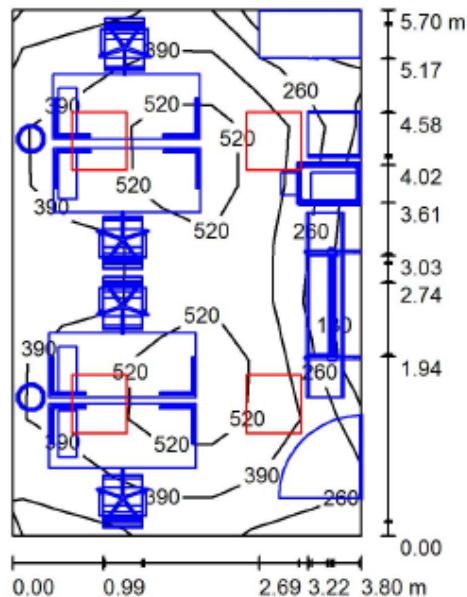
$$262 / 699 = \mathbf{0,374}$$

Η τιμή είναι μέσα στα όρια που ορίζει το πρότυπο (0,3 έως 0,6).

## 4.1.2 Αποτελέσματα γραφείου σχεδίασης προϊόντων

### 4.1.2.1 Ένταση φωτισμού και περίληψη του δωματίου

#### Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Περίληψη



Ύψος χώρου: 2.620 m, Ύψος συναρμολόγησης: 2.670 m

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:74

Επιφάνεια	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Επίπεδο εργασίας (όλο το δωμάτιο)	/	407	44	646	0.109
Πάτωμα	20	190	3.19	429	0.017
Ταβάνι	70	106	36	146	0.334
Τοίχοι (4)	50	142	3.70	422	/

Επίπεδο εργασίας (όλο το δωμάτιο):

Ύψος: 0.750 m  
Κάναβος: 9 x 7 Σημεία  
Περιφερική ζώνη: 0.000 m

Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	$\Phi$ (Φωτιστικό) [lm]	$\Phi$ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	4	Philips TBS160 4xTL-D18W HFP C6-1000 (1.000)	3726	5400	69.5
			Συνολικά: 14904	Συνολικά: 21600	278.0

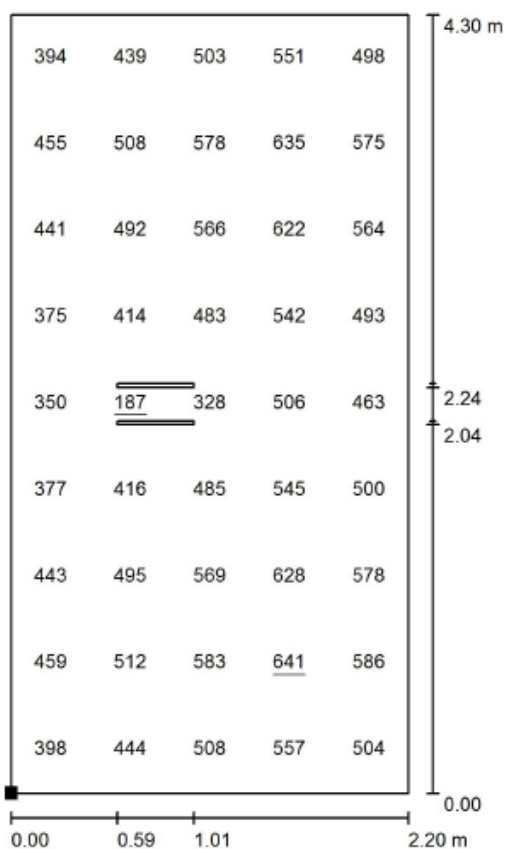
Ειδικό φορτίο σύνδεσης:  $12.83 \text{ W/m}^2 = 3.15 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Βασική επιφάνεια:  $21.66 \text{ m}^2$ )

Στο παραπάνω σχήμα μπορούμε να δούμε τα συνοπτικά φωτιστικά αποτελέσματα όλου του δωματίου, καθώς και τον κατάλογο των φωτιστικών που ήδη υπάρχουν.



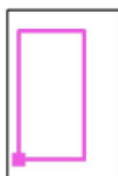
4.1.2.2 Ένταση και ομοιομορφία φωτισμού στη ζώνη εργασίας

**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Ζώνης εργασίας γρ. σχεδιασμού προϊόντων /  
Περιοχή εργασίας γρ. σχεδιασμού προϊόντων / Γραφική παράσταση τιμών (E)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 34

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.400 m, 0.700 m, 0.750 m)



Κάνναβος: 9 x 5 Σημεία

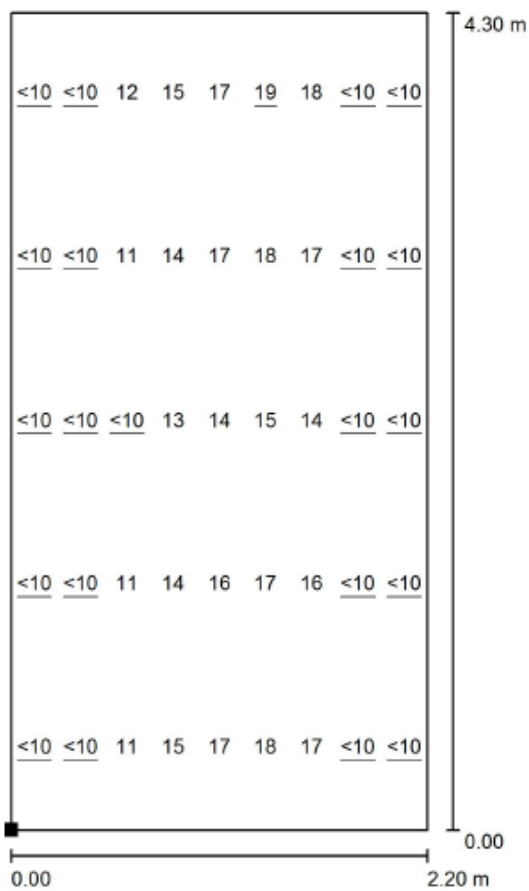
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
Περιοχή εργασίας γρ. σχεδιασμού προϊόντων	493	187	641	0.378	0.291
Περιβάλλουσα περιοχή	408	63	551	0.153	0.114

Μελετώντας τα φωτοτεχνικά αποτελέσματα στο επίπεδο εργασίας, παρατηρούμε ότι η συνολική ένταση φωτισμού είναι 493 lx, τιμή πολύ κατώτερη από αυτή που απαιτείται κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο (750 lx). Ο φωτισμός του δωματίου δεν επαρκεί ώστε να εκτελούνται οι απαιτούμενες εργασίες. Ο συντελεστής ομοιομορφίας είναι στο 0,378 και απέχει πολύ από τον απαιτούμενο 0,6.

### 4.1.2.3 Υπολογισμός Θάμβωσης UGR

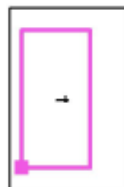
Ο υπολογισμός της θάμβωσης έγινε με πλέγματα υπολογισμού στο ύψος του μέσου ανθρώπου καθισμένου σε καρέκλα, κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο (1,2 m). Αναλύθηκαν οι οπτικές κατευθύνσεις προς 0°, 90°, 180° και 270°, για τη ζώνη εργασίας του χώρου (περιοχή εργασίας και περιβάλλουσα). Έπειτα, μιας και οι θέσεις των χρηστών είναι καθορισμένες μέσα στο χώρο, πραγματοποιήθηκε σημειακός υπολογισμός προς την κατεύθυνση παρατήρησής τους.

**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 0 μοίρες (Θέσεις εργασίας) / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 34

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.399 m, 0.700 m, 1.200 m)

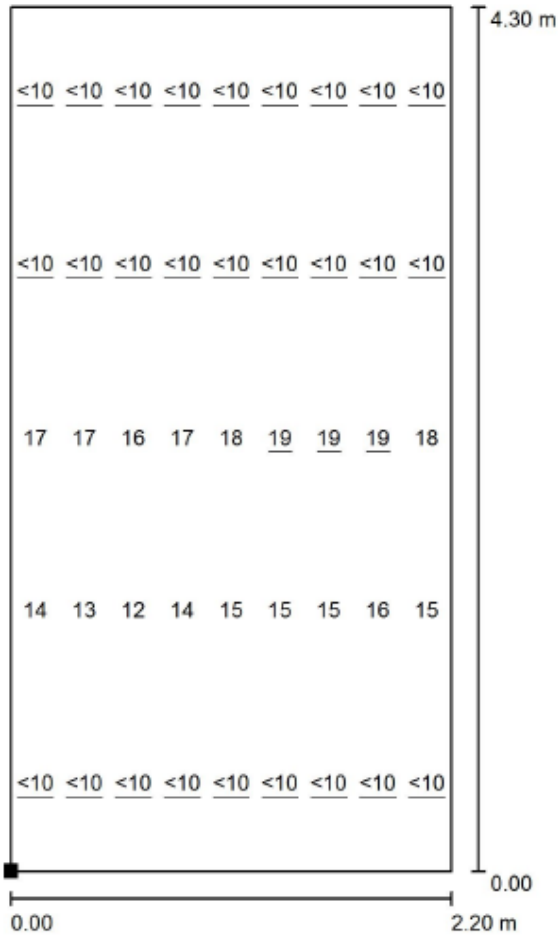


Κάναβος: 5 x 9 Σημεία

Min  
/

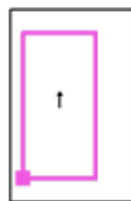
Max  
19

**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 90 μοίρες (Θέσεις εργασίας) / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 34

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.399 m, 0.700 m, 1.200 m)

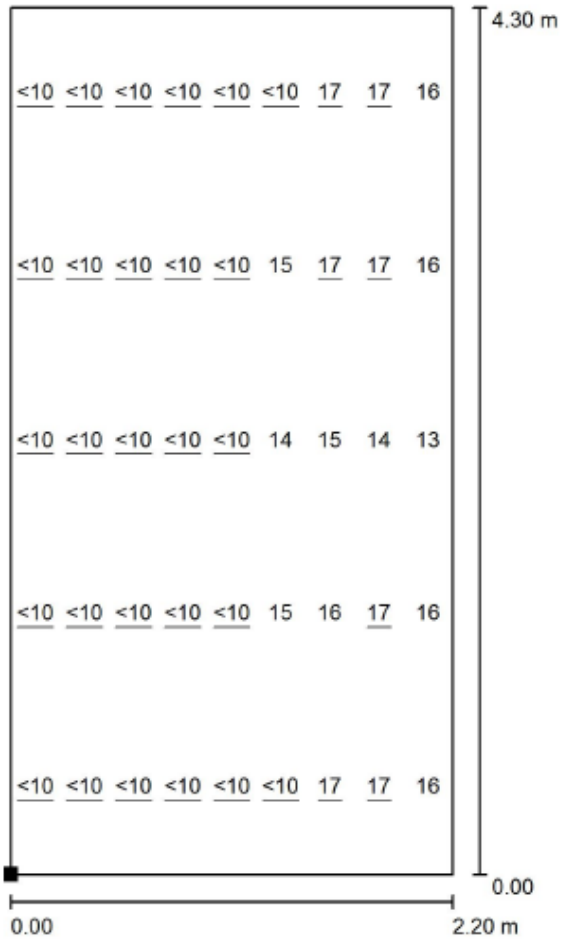


Κάναβος: 5 x 9 Σημεία

Min  
/

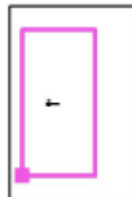
Max  
19

**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 180 μοίρες (Θέσεις εργασίας) / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 34

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.399 m, 0.700 m, 1.200 m)

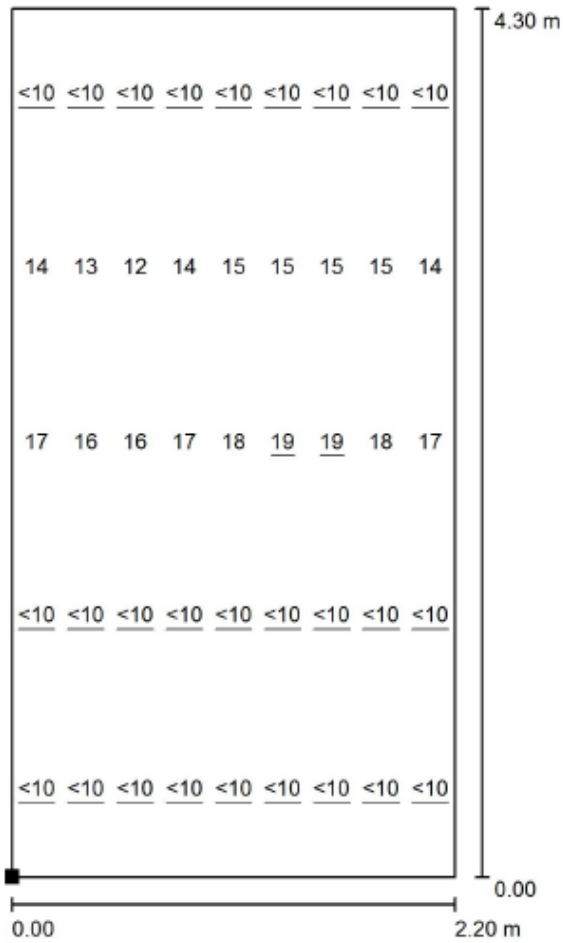


Κάναβος: 5 x 9 Σημεία

Min  
/

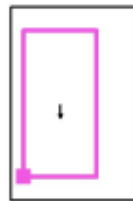
Max  
17

**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 270 μοίρες (Θέσεις εργασίας) / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 34

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.399 m, 0.700 m, 1.200 m)

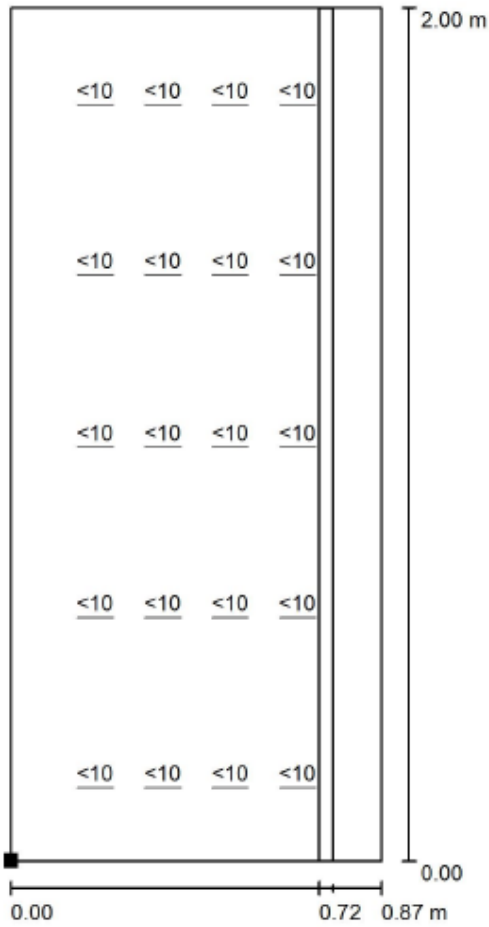


Κάναβος: 5 x 9 Σημεία

Min  
/

Max  
19

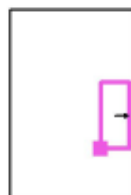
**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 2 Πίνακας σχεδιασμού) / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 16

Δεν μπορούν να παρασταθούν όλες οι υπολογισμένες τιμές.

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(2.765 m, 1.500 m, 1.600 m)



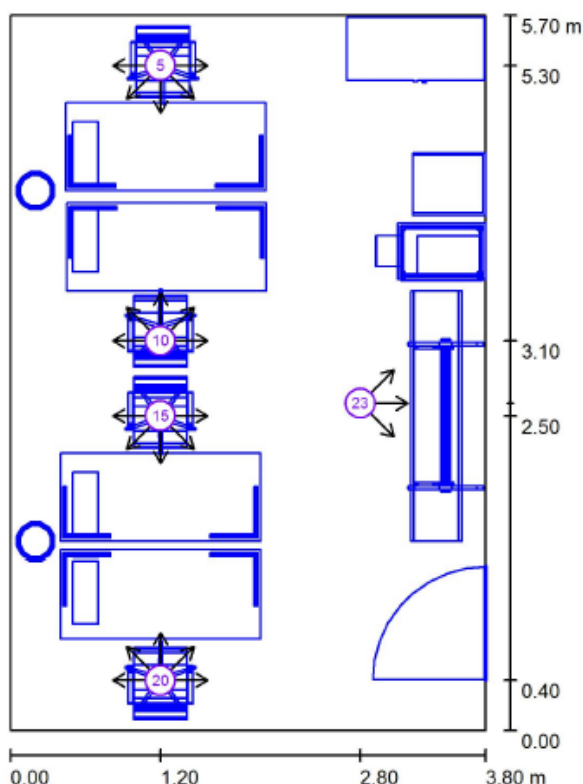
Κάναβος: 5 x 11 Σημεία

Min  
/

Max  
/

Το σχεδιαστήριο, καθώς πρόκειται για επιφάνεια σχεδόν κάθετη στα φωτιστικά, δεν υπόκειται στα κριτήρια που μπορούν να προκαλέσουν θάμβωση, η οποία δεν ξεπερνά την τιμή 10.

### Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Παρατηρητής UGR (επισκόπηση αποτελεσμάτων)



Κλίμακα 1 : 50

#### Κατάλογος σημείων υπολογισμού UGR

Αρ.	Ονομασία	Θέση [m]			Οπτική κατεύθυνση [°]	Τιμή
		X	Y	Z		
1	Σημείο υπολογισμού UGR 1 0	1.200	5.300	1.200	0.0	13
2	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -45	1.200	5.300	1.200	-45.0	14
3	Σημείο υπολογισμού UGR 1-90	1.200	5.300	1.200	-90.0	15
4	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -135	1.200	5.300	1.200	-135.0	14
5	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -180	1.200	5.300	1.200	-180.0	/
6	Σημείο υπολογισμού UGR 2 180	1.200	3.100	1.200	180.0	/
7	Σημείο υπολογισμού UGR 2 135	1.200	3.100	1.200	135.0	14
8	Σημείο υπολογισμού UGR 2 90	1.200	3.100	1.200	90.0	16
9	Σημείο υπολογισμού UGR 2 45	1.200	3.100	1.200	45.0	13
10	Σημείο υπολογισμού UGR 2 0	1.200	3.100	1.200	0.0	12
11	Σημείο υπολογισμού UGR 3 0	1.200	2.500	1.200	0.0	12
12	Σημείο υπολογισμού UGR 3 -45	1.200	2.500	1.200	-45.0	13
13	Σημείο υπολογισμού UGR 3-90	1.200	2.500	1.200	-90.0	15
14	Σημείο υπολογισμού UGR 3 -135	1.200	2.500	1.200	-135.0	14
15	Σημείο υπολογισμού UGR 3 -180	1.200	2.500	1.200	-180.0	/
16	Σημείο υπολογισμού UGR 4 180	1.200	0.400	1.200	180.0	/
17	Σημείο υπολογισμού UGR 4 135	1.200	0.400	1.200	135.0	14
18	Σημείο υπολογισμού UGR 4 90	1.200	0.400	1.200	90.0	15
19	Σημείο υπολογισμού UGR 4 45	1.200	0.400	1.200	45.0	13
20	Σημείο υπολογισμού UGR 4 0	1.200	0.400	1.200	0.0	12
21	Σημείο υπολογισμού UGR 5 0	2.800	2.600	1.200	0.0	/
22	Σημείο υπολογισμού UGR 5 45	2.800	2.600	1.200	45.0	12
23	Σημείο υπολογισμού UGR 5 -45	2.800	2.600	1.200	-45.0	12

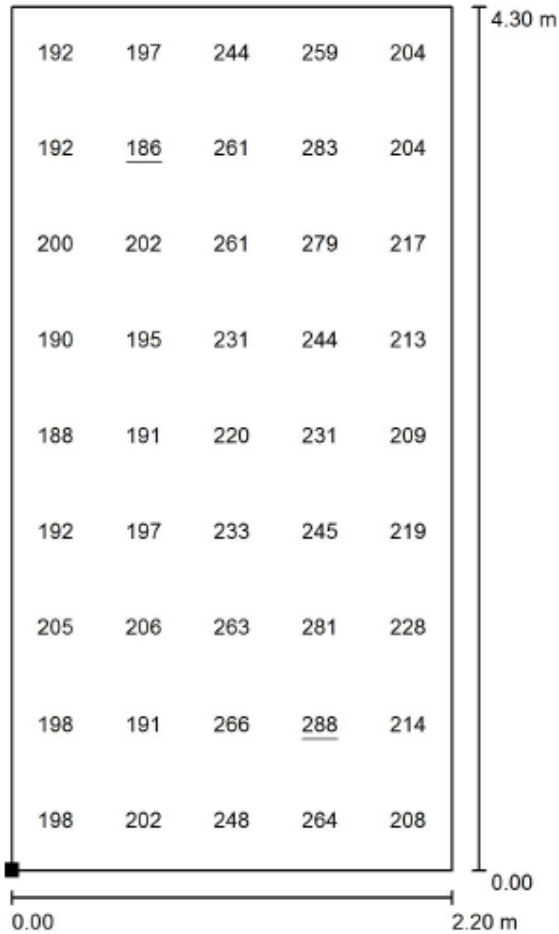
Παρατηρούμε ότι για τις περιστροφές 0, 90 και 270, σε κάποια σημεία της ζώνης εργασίας η τιμή της θάμβωσης φτάνει το 19, τιμή κατά πολύ ανώτερη του ορίου του 16 που θέτει το πρότυπο. Παρόλα αυτά, για τις συγκεκριμένες θέσεις εργασίας κατά την κάτοψη του χώρου, οι τιμές της θάμβωσης κυμαίνονται κάτω του ορίου του 16.

Το συγκεκριμένο φαινόμενο μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι ο χώρος δεν φωτίζεται επαρκώς. Σύμφωνα με το πρότυπο θα έπρεπε η ένταση φωτισμού να είναι 750 lx αντί για τα 484 lx που πραγματικά είναι, συμβάλλοντας στις μειωμένες τιμές θάμβωσης.



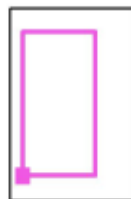
4.1.2.4 Κυλινδρικός φωτισμός και λόγος μοντελοποίησης στα 1,2 m

**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Κυλινδρικός φωτισμός (1,2 m) / Γραφική παράσταση τιμών (E, κυλινδρικά)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 34

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.399 m, 0.700 m, 1.200 m)

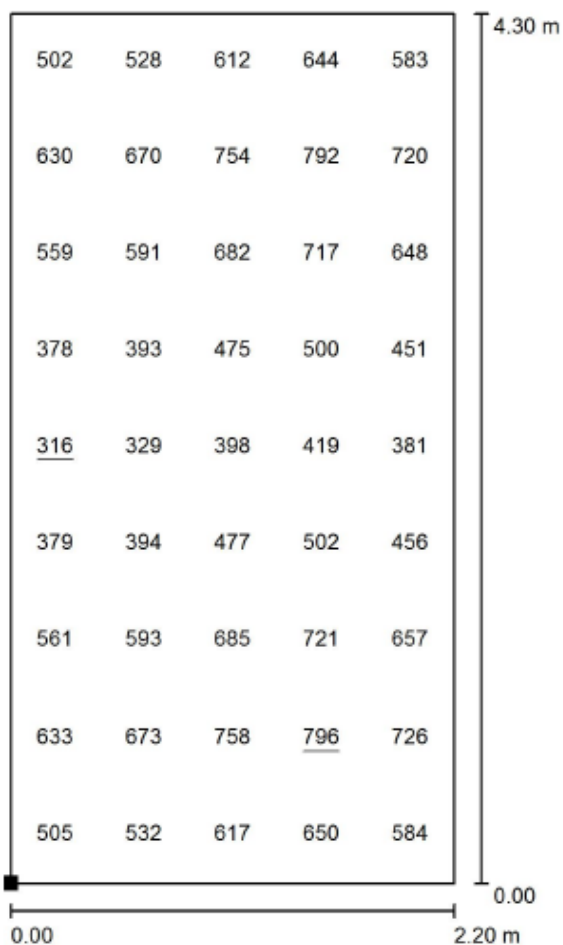


Κάναβος: 5 x 9 Σημεία

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
223	186	288	0.836	0.648

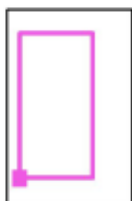
Ο κυλινδρικός φωτισμός του γραφείου στο ύψος 1,2 m είναι 223 lx, πάνω από το όριο των 150 lx που καταδεικνύει το πρότυπο, και με ομοιομορφία 0,836, άνω του 0,100 που απαιτείται.

**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Οριζόντιος φωτισμός (1,2 m) / Γραφική παράσταση τιμών (E, οριζόντια)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 34

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.399 m, 0.700 m, 1.200 m)



Κάναβος: 5 x 9 Σημεία

$E_m$ [lx] 568	$E_{min}$ [lx] 316	$E_{max}$ [lx] 796	$E_{min} / E_m$ 0.556	$E_{min} / E_{max}$ 0.397
-------------------	-----------------------	-----------------------	--------------------------	------------------------------

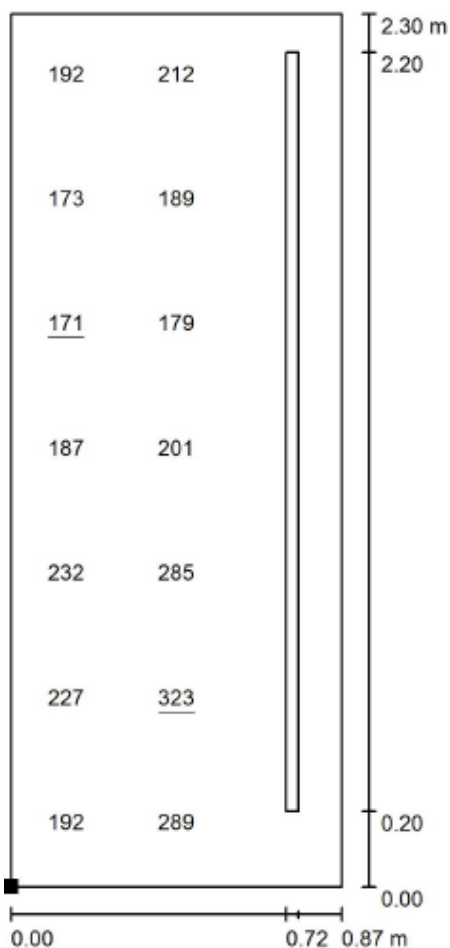
Ο οριζόντιος φωτισμός του γραφείου είναι 568 lx. Ο λόγος της κυλινδρικής προς την οριζόντια ένταση φωτισμού, θα μας δώσει τον λόγο μοντελοποίησης του χώρου:

$$223 / 568 = \mathbf{0,392}$$

Η τιμή είναι μέσα στα όρια που ορίζει το πρότυπο (0,3 έως 0,6).

4.1.2.5 Κυλινδρικός φωτισμός και λόγος μοντελοποίησης στα 1,6 m

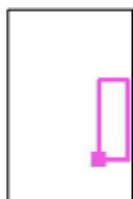
Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Κυλινδρικός φωτισμός (1,6 m) / Γραφική παράσταση τιμών (E, κυλινδρικά)



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 18

Δεν μπορούν να παρασταθούν όλες οι υπολογισμένες τιμές.

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(2.765 m, 1.300 m, 1.600 m)



Κάνναβος: 3 x 7 Σημεία

$E_m$  [lx]  
220

$E_{min}$  [lx]  
171

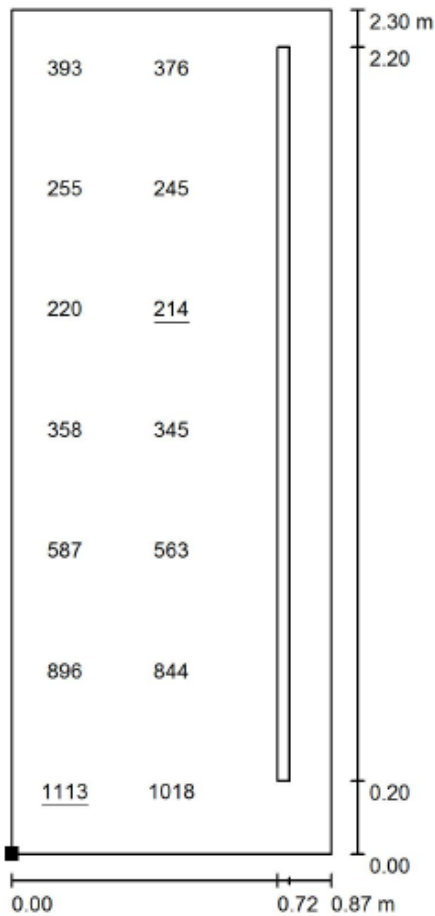
$E_{max}$  [lx]  
323

$E_{min} / E_m$   
0.777

$E_{min} / E_{max}$   
0.529

Ο κυλινδρικός φωτισμός του γραφείου στο ύψος 1,6 m είναι 220 lx, πάνω από το όριο των 150 lx που καταδεικνύει το πρότυπο, και με ομοιομορφία 0,777, άνω του 0,100 που απαιτείται.

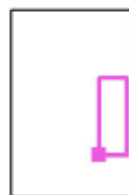
**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Οριζόντιος φωτισμός (1,6 m) / Γραφική παράσταση τιμών (E, οριζόντια)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 18

Δεν μπορούν να παρασταθούν όλες οι υπολογισμένες τιμές.

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(2.765 m, 1.300 m, 1.600 m)



Κάνναβος: 3 x 7 Σημεία

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
549	214	1113	0.390	0.192

Ο οριζόντιος φωτισμός του γραφείου είναι 549 lx. Ο λόγος της κυλινδρικής προς την οριζόντια ένταση φωτισμού, θα μας δώσει τον λόγο μοντελοποίησης του χώρου:

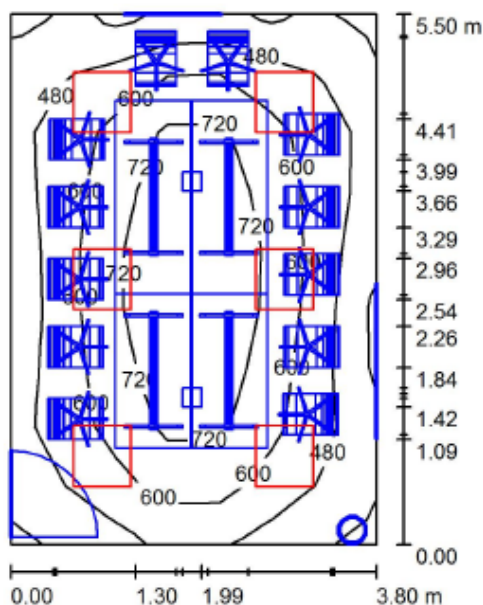
$$220 / 549 = \mathbf{0,400}$$

Η τιμή είναι μέσα στα όρια που ορίζει το πρότυπο (0,3 έως 0,6).

### 4.1.3 Αποτελέσματα αίθουσας συνεδριάσεων

#### 4.1.3.1 Ένταση φωτισμού και περίληψη του δωματίου

#### Αίθουσα συνεδριάσεων / Περίληψη



Ύψος χώρου: 2.620 m, Ύψος συναρμολόγησης: 2.700 m

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:71

Επιφάνεια	ρ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Επίπεδο εργασίας (όλο το δωμάτιο)	/	582	326	879	0.560
Πάτωμα	20	216	32	436	0.149
Ταβάνι	70	136	31	202	0.229
Τοίχοι (4)	50	240	71	463	/

Επίπεδο εργασίας (όλο το δωμάτιο):

Ύψος: 0.750 m  
 Κάνναβος: 7 x 9 Σημεία  
 Περιφερική ζώνη: 0.000 m

Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

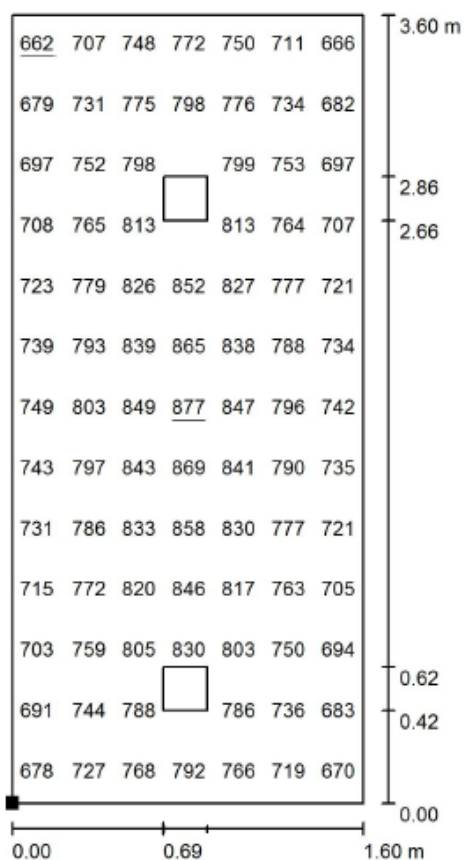
Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	6	Philips TBS160 4xTL-D18W HFP C6-1000 (1.000)	3726	5400	69.5
			Συνολικά: 22356	Συνολικά: 32400	417.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης:  $19.95 \text{ W/m}^2 = 3.43 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Βασική επιφάνεια:  $20.90 \text{ m}^2$ )

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της αίθουσας συνεδριάσεων, βλέπουμε ότι για όλο το δωμάτιο, στο επίπεδο εργασίας η ένταση φωτισμού είναι 582 lx και ο συντελεστής ομοιομορφίας είναι 0,560.

4.1.3.2 Ένταση και ομοιομορφία φωτισμού στη ζώνη εργασίας

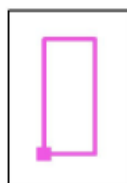
**Αίθουσα συνεδριάσεων / Ζώνης εργασίας αίθουσας συνεδριάσεων / Περιοχή εργασίας αίθουσας συνεδριάσεων / Γραφική παράσταση τιμών (E)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 29

Δεν μπορούν να παρασταθούν όλες οι υπολογισμένες τιμές.

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(1.100 m, 1.000 m, 0.750 m)



Κάναβος: 13 x 7 Σημεία

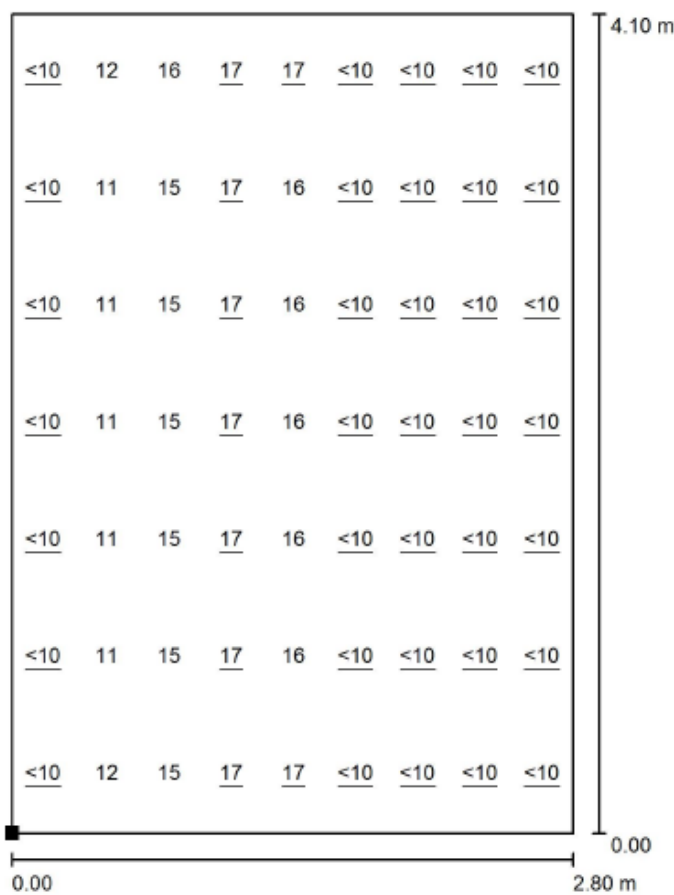
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
Περιοχή εργασίας αίθουσας συνεδριάσεων	769	662	877	0.861	0.755
Περιβάλλουσα περιοχή	620	495	767	0.799	0.645

Παρατηρούμε ότι στο ωφέλιμο επίπεδο εργασίας, η μέση ένταση φωτισμού φτάνει τα 769 lx, τιμή κατά πολύ μεγαλύτερη από τη απαιτούμενη ένταση φωτισμού. Μια τόσο μεγαλύτερη διαφορά κρίνεται αντιοικονομική, μιας και η συνολική κατανάλωση των εγκατεστημένων φωτιστικών, θα μπορούσε να ήταν πολύ χαμηλότερη.

### 4.1.3.3 Υπολογισμός Θάμβωσης UGR

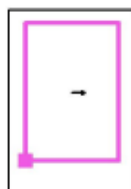
Ο υπολογισμός της θάμβωσης έγινε με πλέγματα υπολογισμού στο ύψος του μέσου ανθρώπου καθισμένου σε καρέκλα, κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο (1,2 m). Αναλύθηκαν οι οπτικές κατευθύνσεις προς 0°, 90°, 180° και 270°, για τη ζώνη εργασίας του χώρου (περιοχή εργασίας και περιβάλλουσα). Έπειτα, μιας και οι θέσεις των χρηστών είναι καθορισμένες μέσα στο χώρο, πραγματοποιήθηκε σημειακός υπολογισμός προς την κατεύθυνση παρατήρησής τους.

**Αίθουσα συνεδριάσεων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 0 μοίρες / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 33

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.500 m, 1.000 m, 1.200 m)

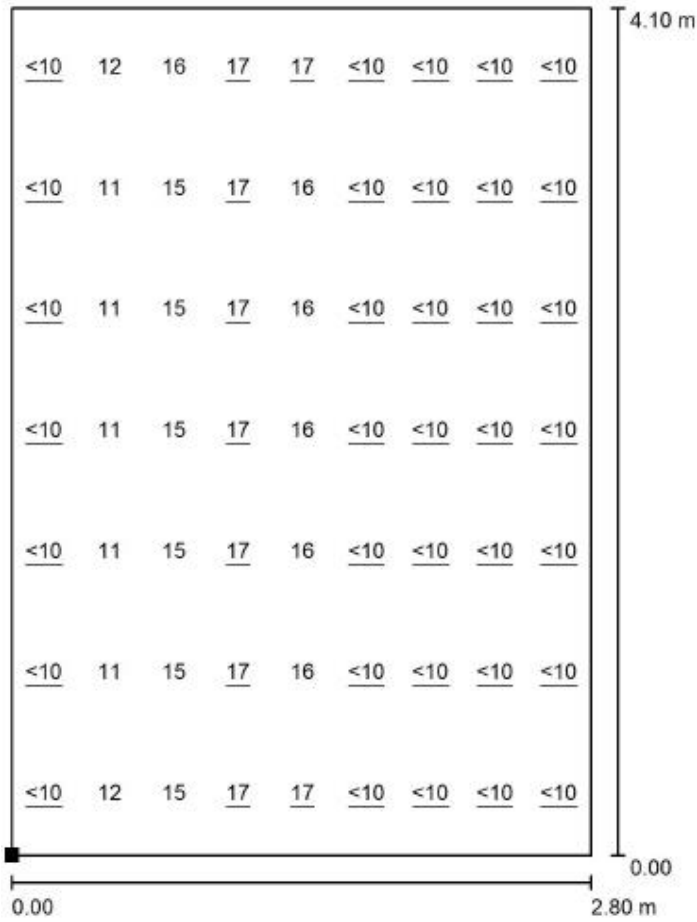


Κάναβος: 7 x 9 Σημεία

Min  
/

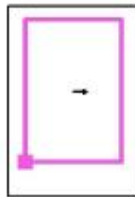
Max  
17

**Αίθουσα συνεδριάσεων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 90 μοίρες / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 33

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.500 m, 1.000 m, 1.200 m)



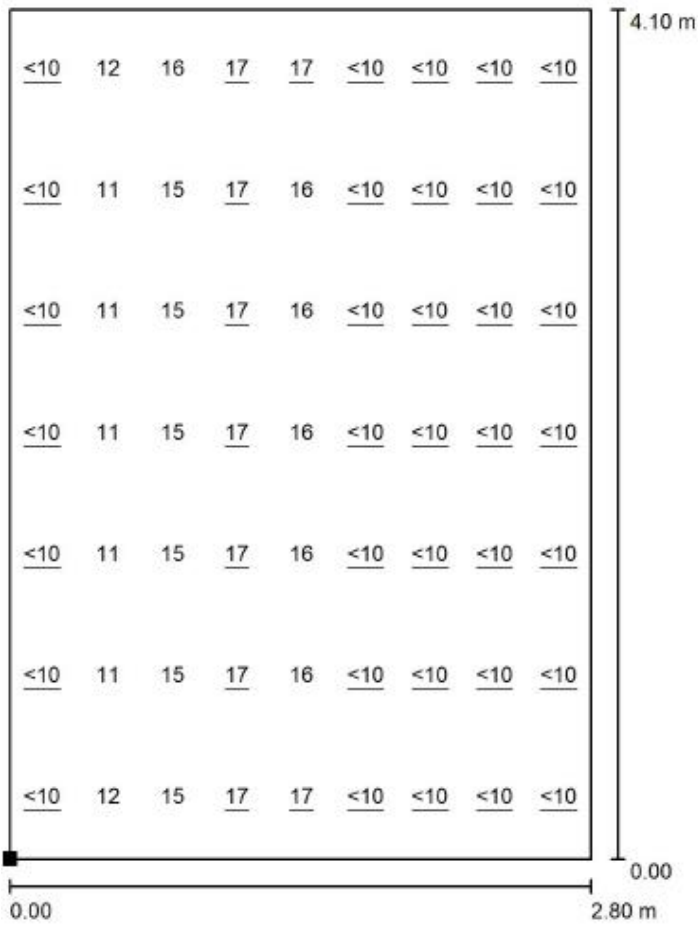
Κάναβος: 7 x 9 Σημεία

Min  
/

Max  
17

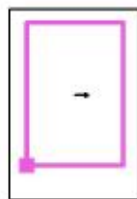


**Αίθουσα συνεδριάσεων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 180 μοίρες / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 33

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.500 m, 1.000 m, 1.200 m)

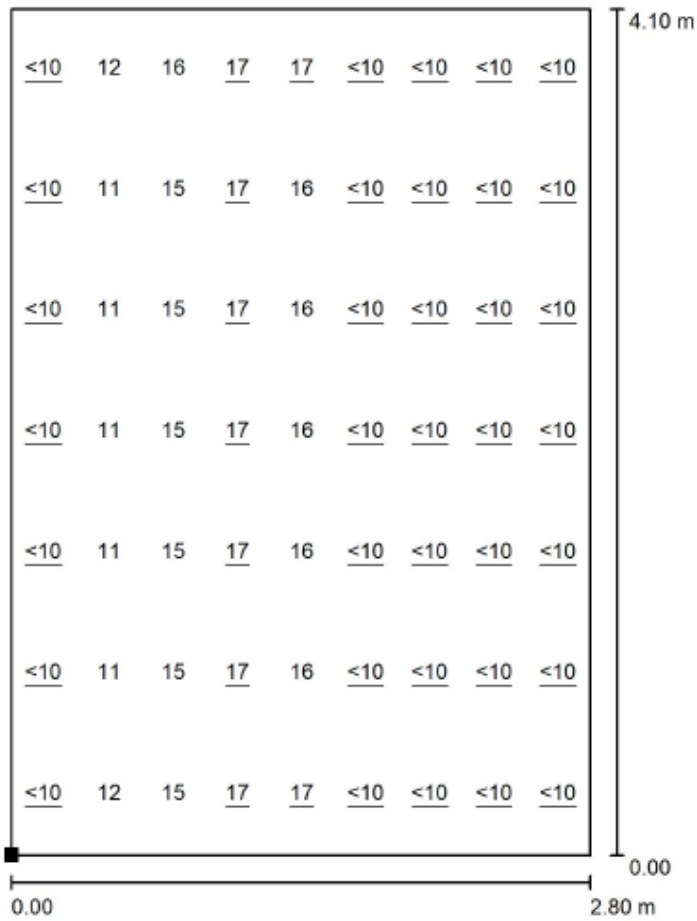


Κάναβος: 7 x 9 Σημεία

Min  
/

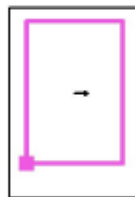
Max  
17

**Αίθουσα συνεδριάσεων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 270 μοίρες / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 33

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.500 m, 1.000 m, 1.200 m)

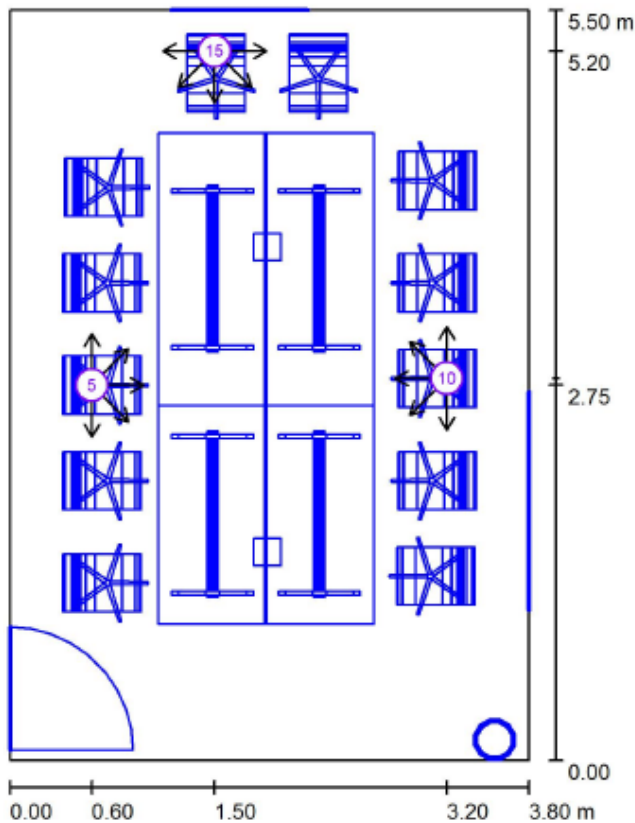


Κάναβος: 7 x 9 Σημεία

Min  
/

Max  
17

**Αίθουσα συνεδριάσεων / Παρατηρητής UGR (επισκόπηση αποτελεσμάτων)**



Κλίμακα 1 : 50

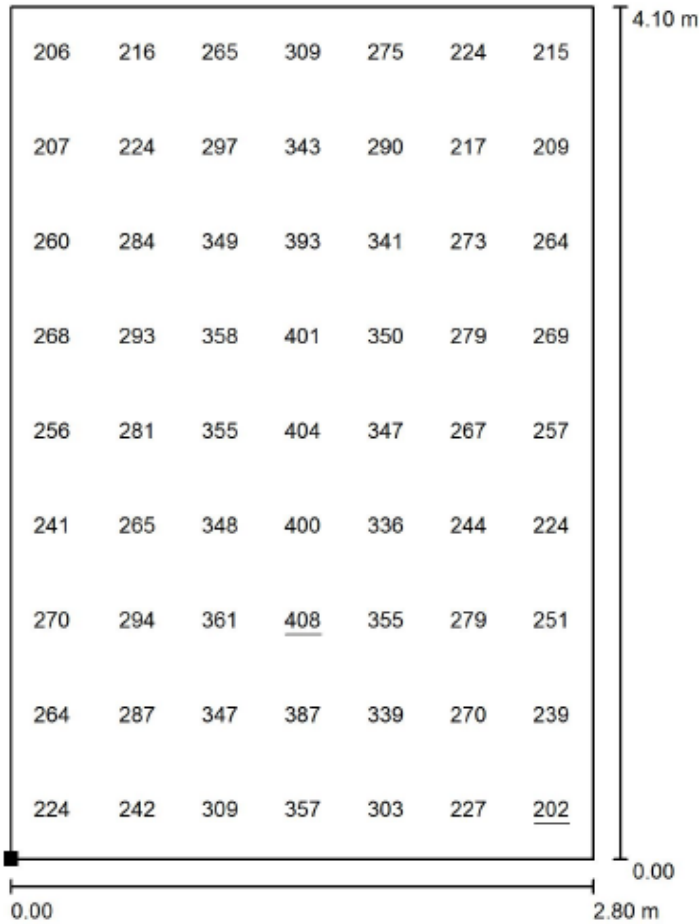
**Κατάλογος σημείων υπολογισμού UGR**

Αρ.	Όνομασία	Θέση [m]			Οπτική κατεύθυνση [°]	Τιμή
		X	Y	Z		
1	Σημείο υπολογισμού UGR 1 0	0.600	2.750	1.200	0.0	<10
2	Σημείο υπολογισμού UGR 1 45	0.600	2.750	1.200	45.0	14
3	Σημείο υπολογισμού UGR 1 90	0.600	2.750	1.200	90.0	16
4	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -45	0.600	2.750	1.200	-45.0	14
5	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -90	0.600	2.750	1.200	-90.0	16
6	Σημείο υπολογισμού UGR 2 180	3.200	2.800	1.200	180.0	<10
7	Σημείο υπολογισμού UGR 2 135	3.200	2.800	1.200	135.0	14
8	Σημείο υπολογισμού UGR 2 90	3.200	2.800	1.200	90.0	16
9	Σημείο υπολογισμού UGR 2 -135	3.200	2.800	1.200	-135.0	14
10	Σημείο υπολογισμού UGR 2 -90	3.200	2.800	1.200	-90.0	16
11	Σημείο υπολογισμού UGR 1 0	1.500	5.200	1.200	0.0	17
12	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -45	1.500	5.200	1.200	-45.0	17
13	Σημείο υπολογισμού UGR 1-90	1.500	5.200	1.200	-90.0	13
14	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -135	1.500	5.200	1.200	-135.0	10
15	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -180	1.500	5.200	1.200	-180.0	/

Τα επίπεδα της θάμβωσης για την αίθουσα συνεδριάσεων, τόσο κατά την περιστροφή προς τις τέσσερις κατευθύνσεις, όσο και ο σημειακός υπολογισμός σε δείγμα τριών θέσεων εργασίας, κυμαίνεται κάτω του ορίου του 19.

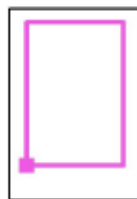
4.1.3.4 Κυλινδρικός φωτισμός και λόγος μοντελοποίησης στα 1,2 m

**Αίθουσα συνεδριάσεων / Κυλινδρικός φωτισμός (1,2 m) / Γραφική παράσταση τιμών (E, κυλινδρικά)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 33

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.500 m, 1.000 m, 1.200 m)

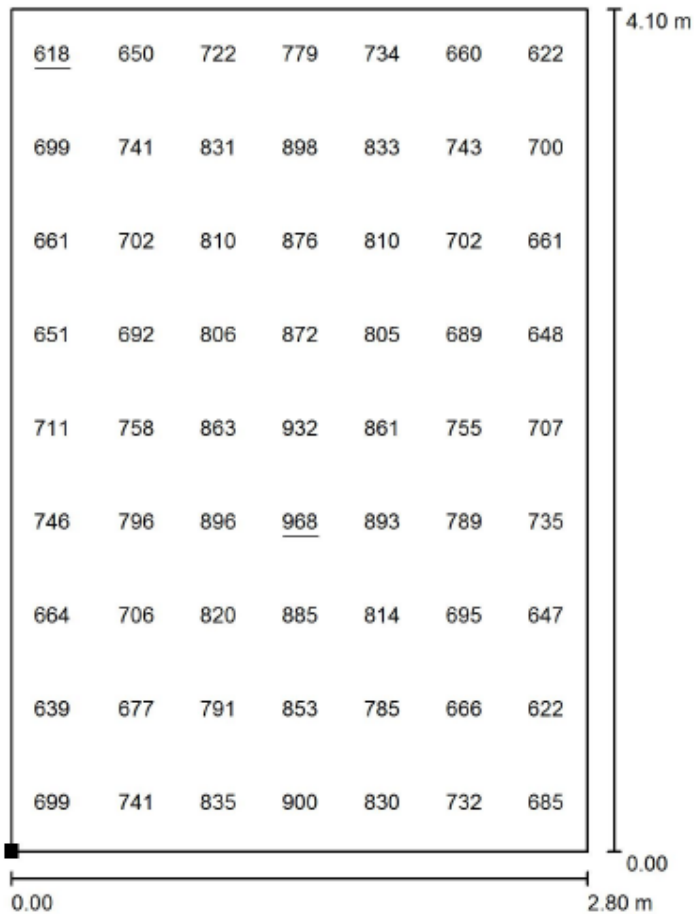


Κάναβος: 7 x 9 Σημεία

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
291	202	408	0.696	0.497

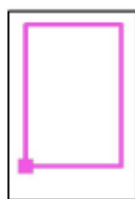
Ο κυλινδρικός φωτισμός του γραφείου στο ύψος 1,2 m είναι 291 lx, πάνω από το όριο των 150 lx που καταδεικνύει το πρότυπο, και με ομοιομορφία 0,696, άνω του 0,100 που απαιτείται.

**Αίθουσα συνεδριάσεων / Οριζόντιος φωτισμός (1,2 m) / Γραφική παράσταση τιμών (E, οριζόντια)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 33

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.500 m, 1.000 m, 1.200 m)



Κάνναβος: 7 x 9 Σημεία

$E_m$  [lx]  
757

$E_{min}$  [lx]  
618

$E_{max}$  [lx]  
968

$E_{min} / E_m$   
0.816

$E_{min} / E_{max}$   
0.639

Ο οριζόντιος φωτισμός του γραφείου είναι 757 lx. Ο λόγος της κυλινδρικής προς την οριζόντια ένταση φωτισμού, θα μας δώσει τον λόγο μοντελοποίησης του χώρου:

$$291 / 757 = \mathbf{0,384}$$

Η τιμή είναι μέσα στα όρια που ορίζει το πρότυπο (0,3 έως 0,6).

#### 4.1.4 Κόστος αρχικής εγκατάστασης

Τα δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους αρχικής εγκατάστασης με τα φωτιστικά με λαμπτήρες φθορισμού είναι:

- Κόστος φωτιστικού Philips με λαμπτήρες: 103 Ευρώ + ΦΠΑ
- Κόστος ημερομισθίου ηλεκτρολόγο: 140 Ευρώ μεικτά
- Κόστος εργατώρας βοηθού ηλεκτρολόγου: 90 Ευρώ μεικτά
- Προσαύξηση 20% για τυχόν απρόβλεπτους παράγοντες
- Κέρδος ηλεκτρολόγου/εταιρείας που έχει αναλάβει το έργο

Για να πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση, θα κάνουμε τις παρακάτω παραδοχές:

- Η καλωδίωση για την σύνδεση των φωτιστικών σωμάτων υπάρχει ήδη
- Το συνεργείο θα αποτελείται από ένα ηλεκτρολόγο και ένα βοηθό

Εκτιμάται ότι, για την εγκατάσταση και τον έλεγχο καλής λειτουργίας των δεκατεσσάρων φωτιστικών σωμάτων στην ψευδοροφή του κτιρίου θα χρειαστούν δύο άτομα για δύο ημέρες. Μπορούμε να καταρτίσουμε τον παρακάτω πίνακα υπολογισμού του κόστους της αρχικής εγκατάστασης:

Πίνακας 4.1 Αρχικό κόστος εγκατάστασης φωτιστικών φθορισμού

Είδος/Εργασία	Τιμή (ευρώ)
Φωτιστικά σώματα (14 τεμ.)	1774 (με ΦΠΑ)
Ημερομίσθιο ηλεκτρολόγου (2 η/μ)	280
Ημερομίσθιο βοηθού (2 η/μ)	180
Σύνολο	2234
Προσαύξηση 20%	447
Κέρδος 30%	804
<b>Τελικό σύνολο</b>	<b>3485</b>

Η τελική τιμή του αρχικού κόστους εγκατάστασης των φωτιστικών σωμάτων ανέρχεται στα 3485 ευρώ.

#### 4.1.5 Σχέδιο και κόστος συντήρησης και λειτουργίας

Για τον υπολογισμό των παραπάνω, θα πρέπει να λάβουμε υπ'όψιν μας τα παρακάτω:

- Ηλιοφάνεια και κατά πόσο επηρεάζει τον φωτισμό των χώρων
- Διάρκεια ζωής των λαμπτήρων και συχνότητα καταστροφής των
- Χρόνος λειτουργίας των χώρων και χρόνος λειτουργίας των φωτιστικών

Συμβουλευόμενος το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος σε μια πρόσφατη μελέτη που έχει εκπονήσει, θεωρούμε σαν δεδομένο τον παρακάτω πίνακα που μας πληροφορεί για τη μέση ηλιοφάνεια ανά μέρα, για κάθε μήνα, στην περιοχή των Αθηνών:

Πίνακας 4.2 Ώρες ηλιοφάνειας ανά μέρα και μήνα στην Αθήνα

Ώρες ηλιοφάνειας ανά μέρα και μήνα στην Αθήνα												
Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Μέσος όρος
4	5	6	8	9	12	12	11	9	7	4	3	7.50

Επίσης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και τον παρακάτω πίνακα, που μας πληροφορεί για τον αριθμό των ημερών ανά έτος με ηλιοφάνεια:

Πίνακας 4.3 Μέρες ηλιοφάνειας ανά μέρα και μήνα στην Αθήνα

Μέρες ηλιοφάνειας στην περιοχή των Αθηνών ανά μήνα												
Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαϊ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Σύνολο (ανά έτος)
14	15	20	21	25	26	27	27	24	22	19	14	254

Το συγκρότημα γραφείων το οποίο μελετάμε έχει βορινό προσανατολισμό, οπότε η συνεισφορά του ηλιακού φωτός στον φωτισμό του κτιρίου δεν είναι σημαντική.

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα και το γεγονός ότι το κτίριο λειτουργεί για περίπου 11 ώρες την ημέρα (8 ώρες το ωράριο, 1 ώρα άνοιγμα πριν προσέλθουν οι εργαζόμενοι καθώς και 2 ώρες μετά τη λήξη του ωραρίου κυρίως για καθαρισμό των χώρων) και λαμβάνοντας υπ'όψιν τα εξής:

- 254 ημέρες ηλιοφάνειας (που αποτελούν περίπου τα 2/3 των ημερών ενός έτους)
- 260 εργάσιμες ημέρες σε ένα έτος (αφαιρούνται αργίες και σαββατοκύριακα)

Μπορούμε να υπολογίσουμε ότι για τα 2/3 των εργάσιμων ημερών θα έχουμε ηλιοφάνεια, και για το υπόλοιπο 1/3 θα έχουμε νέφωση. Εάν παραδεχτούμε ότι τα φώτα του κτιρίου θα μένουν ανοικτά για 9 ώρες τις ημέρες με ηλιοφάνεια και 11 ώρες τις ημέρες με νέφωση, τότε μπορούμε να υπολογίσουμε το συνολικό αριθμό ωρών που θα λειτουργούν τα φώτα του κτιρίου.

Εργάσιμες ημέρες ηλιοφάνειας:  $260 \cdot 0,70 = 182$  ημέρες

Ωρες λειτουργίας:  $182 \cdot 9 = 1638$  ώρες

Εργάσιμες ημέρες με νέφωση:  $260 \cdot 0,30 = 78$  ημέρες

Ωρες λειτουργίας:  $78 \cdot 11 = 858$  ώρες

Συνολικές ώρες λειτουργίας φωτισμού ανά έτος:  $1638 + 858 = 2496$  ώρες

Για να βρούμε το συνολικό αριθμό των κιλοβατώραν που καταναλώνονται σε διάστημα ενός έτους, θα πρέπει να πολλαπλασιάσουμε τις ώρες λειτουργίας επί τη συνολική ισχύ των γραφείων. Για τους τρεις χώρους που επιλέχθηκαν σαν δείγμα, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού, ανέρχεται στα 973 W. Η ισχύς αυτή θα πρέπει να επαυξηθεί με 10% λόγω των απωλειών που υπάρχουν στους μηχανισμούς λειτουργίας και εκκίνησης που χρησιμοποιούνται για τους λαμπτήρες φθορισμού (ballast, starter), οπότε και η συνολική εγκατεστημένη ισχύς θα κυμανθεί περίπου στα 1070 W.

Πολλαπλασιάζοντάς την με τον αριθμό των ωρών λειτουργίας των φωτιστικών, έχουμε:  
 $(2496 \cdot 1070) / 1000 = \mathbf{2670 \text{ kWh}}$

Ένα ακόμη συγκριτικό μέγεθος που θα μας βοηθήσει είναι το ειδικό φορτίο σύνδεσης που έχουμε στην εγκατάσταση, το οποίο εκφράζει τα Watt ανά τετραγωνικό μέτρο που απαιτούνται για τον φωτισμό του χώρου. Το μέγεθος αυτό εξαρτάται άμεσα από τα lumens που εκλύονται από τους λαμπτήρες, τον βαθμό απόδοσης του φωτιστικού και την ισχύ του φωτιστικού. Θα παρατεθούν τιμές εκφρασμένες σε  $\text{W/m}^2$  και σε  $\text{W/m}^2/100\text{lx}$ , για να μπορούν να συγκριθούν πιο εύκολα. Παρακάτω, στον συγκεντρωτικό πίνακα αποτελεσμάτων, θα δούμε το ειδικό φορτίο σύνδεσης για κάθε χώρο, καθώς και τα  $\text{lm/W}$ , τον βαθμό απόδοσης και την εγκατεστημένη ισχύ των φωτιστικών.



Το κόστος λειτουργίας μόνο για τον φωτισμό με λαμπτήρες φθορισμού για ένα χρόνο, εάν θεωρήσουμε μια τιμή κιλοβατώρας στα 0,1558 ευρώ συμπεριλαμβανομένου των χρεώσεων κοινής ωφέλειας και φόρου προστιθέμενης αξίας (εμπορικό τιμολόγιο ΔΕΗ Γ21) θα είναι:  $2670 \cdot 0,1558 = 416 \text{ €}$  περίπου.

Στα τεχνικά χαρακτηριστικά του κατασκευαστή αναφέρεται ότι οι λαμπτήρες φθορισμού έχουν χρόνο ζωής τις 15000 ώρες λειτουργίας. Παρόλα αυτά, οι λαμπτήρες φθορισμού μπορεί να καούν και πιο νωρίς από το προσδόκιμο ζωής τους, καθώς δεν είναι εξοπλισμένοι με κάποιο μέσο προστασίας και βασίζονται σε άλλες συσκευές για τη λειτουργία τους, οι οποίες μπορεί να πάθουν κάποια βλάβη επίσης (starter, ballast), προσθέτοντας στο κόστος λειτουργίας και ένα μικρό κόστος συντήρησης. Οι πιθανότητες βλάβης του λαμπτήρα είναι 10% στις 10.000 ώρες και του ballast είναι 1% στις 10.000 ώρες.

Όλα τα παραπάνω, ισχύουν εάν ακολουθείται ένα τακτικό πρόγραμμα συντήρησης, όπως το παρακάτω:

### Γραφείο / Σχέδιο συντήρησης

Η τακτική συντήρηση είναι απαραίτητη για ένα αποδοτικό φωτιστικό σύστημα. Μόνο με αυτόν τον τρόπο μπορεί να περιοριστεί η μείωση της διαθέσιμης ποσότητας φωτός του συστήματος, η οποία οφείλεται στη γήρανση. Οι ελάχιστες τιμές της φωτεινότητας που καθορίζονται στο ευρωπαϊκό πρότυπο EN 12464 είναι τιμές συντήρησης, δηλαδή βασίζονται σε μια τιμή καινούργιων λαμπτήρων (κατά την τοποθέτηση) συν μια καθορισμένη τιμή συντήρησης. Το ίδιο ισχύει επίσης για τις τιμές που υπολογίζονται με το DIALux. Αυτές μπορούν να επιτευχθούν μόνο εφόσον τηρείται με συνέπεια το αντίστοιχο πρόγραμμα συντήρησης.

#### Γενικές πληροφορίες χώρου

Συνθήκες περιβάλλοντος του χώρου: Καθαρά  
Διάστημα συντήρησης του χώρου: Όλα 3.0 τα έτη.

#### Διάταξη πεδίων / Philips TBS160 4xTL-D18W HFP C6-1000

Επίδραση των επιφανειών χώρου λόγω ανάκλασης: Μικρό ( $k \leq 1.6$ )  
Είδος φωτισμού: Άμεσα  
Διάστημα συντήρησης των φωτιστικών: Ετήσια  
Τύπος φωτιστικού: Επάνω κλειστός ανακλαστήρας (χωρίς αυτοκαθαρισμό) (κατά CIE)  
Διάρκεια λειτουργίας ανά έτος (σε 1000 ώρες): 2.58  
Ιασθημα αντικατάστασης λαμπτήρων: Όλα 6.0 τα έτη.  
Τύπος λαμπτήρα: Λαμπτήρες φθορισμού τριών ζωνών (κατά CIE)  
Άμεση αντικατάσταση καμένων λαμπτήρων: Ναι  
Συντελεστής συντήρησης επιφανειών χώρου: 0.94  
Συντελεστής συντήρησης φωτιστικού: 0.89  
Συντελεστής συντήρησης φωτεινής ροής λαμπτήρα: 0.82  
Συντελεστής διάρκειας λαμπτήρα: 1.00  
Συντελεστής συντήρησης: 0.68

Κατά τη συντήρηση των φωτιστικών και των λαμπτήρων προσέχετε τις σχετικές οδηγίες του εκάστοτε κατασκευαστή.

Εάν αυτό δεν τηρείται, τότε τα φωτοτεχνικά αποτελέσματα που πήραμε από την ανάλυση της υπάρχουσας εγκατάστασης, δεν θα είναι σωστά.

Για την εύκολη μελέτη των αποτελεσμάτων, παρουσιάζεται ο συγκεντρωτικός πίνακας των μετρήσεων για την εγκατάσταση με τα φωτιστικά φθορισμού. Στην αριστερή στήλη βλέπουμε τα σημαντικά μεγέθη για κάθε χώρο, ενώ δίπλα σε κάθε αποτέλεσμα, μέσα στην παρένθεση αναφέρονται οι προτεινόμενες τιμές κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο φωτισμού εσωτερικών εγκαταστάσεων.

Πίνακας 4.4 Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων - φωτιστικά φθορισμού

		Γραφείο	Γραφείο σχ. προϊόντων	Αίθουσα συνεδριάσεων
<b>Em (ζώνη εργασίας) (lx)</b>		618 (500)	493 (750)	769 (500)
<b>Em (περιβάλλουσα) (lx)</b>		498 (300)	408 (500)	620 (300)
<b>E<sub>min</sub>/ Em</b>		0,694 (0,6)	0,378 (0,7)	0,861 (0,6)
<b>UGR</b>	<b>0°</b>	18 (19)	19 (16)	17 (19)
	<b>90°</b>	18 (19)	19 (16)	17 (19)
	<b>180°</b>	18 (19)	17 (16)	17 (19)
	<b>270°</b>	17 (19)	19 (16)	17 (19)
<b>Λόγος μοντελοποίησης</b>	<b>1,2 m</b>	0,374 (0,3-0,6)	0,392 (0,3-0,6)	0,384 (0,3-0,6)
	<b>1,6 m</b>		0.400 (0,3-0,6)	
<b>Lm/W λαμπτήρων</b>		70,63		
<b>Βαθμός απόδοσης φωτιστικού</b>		0,69		
<b>Ειδικό φορτίο σύνδεσης (W/m<sup>2</sup>)/ (W/m<sup>2</sup>/100lx)</b>	<b>Γραφείο</b>	17.84/ 3,43		
	<b>Γρ. Σχεδ.</b>	12.83/ 3,15		
	<b>Αιθ. Συν.</b>	19.95/ 3,43		
<b>Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W)</b>		1070		
<b>Ενέργεια/ χρόνο (kWh)</b>		2670		
<b>Ενδεικτικό κόστος ενέργειας (€)</b>		416		
<b>Ενδεικτικό αρχικό κόστος εγκατάστασης (€)</b>		3485		
<b>Συντελεστής συντήρησης</b>		0,68		
<b>Διάρκεια ζωής λαμπτήρων (έτη)</b>		6		

Σημείωση: Μέσα στις παρενθέσεις αναφέρονται οι προτεινόμενες τιμές κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο φωτισμού εσωτερικών χώρων.

#### 4.1.6 Συμπεράσματα για την ήδη υπάρχουσα εγκατάσταση

Αναλύοντας τα αποτελέσματα της εφαρμογής για την ήδη υπάρχουσα εγκατάσταση, καταλήγουμε στο συμπέρασμα, ότι αυτή έγινε χωρίς να ακολουθηθεί κάποιο πρότυπο, και ειδικά το ευρωπαϊκό πρότυπο φωτισμού εσωτερικών χώρων.

Το παραπάνω συμπέρασμα, βασίζεται στα παρακάτω επιχειρήματα:

- Η μέση ένταση φωτισμού για το χώρο του γραφείου ήταν κατά 20% αυξημένη από αυτή που απαιτείται.
- Η μέση ένταση φωτισμού για το γραφείο σχεδίασης προϊόντων κρίνεται ανεπαρκής, καθώς είναι πολύ κατώτερη του απαιτούμενου (493 lx αντί για 750 lx).
- Η μέση ένταση φωτισμού για την αίθουσα συνεδριάσεων είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται (769 lx αντί για 500 lx).
- Στο γραφείο σχεδίασης προϊόντων δεν επιτυγχάνεται μια καλή ομοιομορφία φωτισμού και η θάμβωση κυμαίνεται πολύ πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια.
- Παρόλο που τα επίπεδα της θάμβωσης στους υπόλοιπους χώρους δεν είναι απαγορευτικά, θα μπορούσαν να είναι καλύτερα.

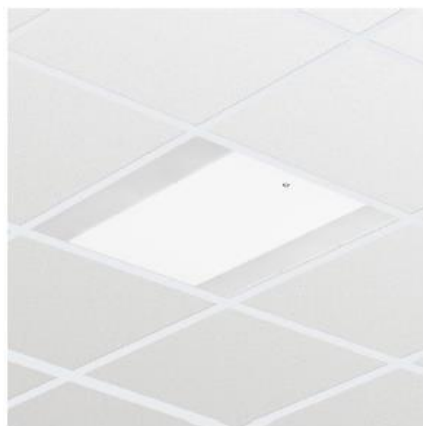
## 4.2 Μελέτη εγκατάστασης με φωτιστικά LED

Στη συνέχεια, θα μελετηθούν οι ίδιοι χώροι, αλλά αυτή τη φορά, θα επιλεγθούν κατάλληλα φωτιστικά τεχνολογίας LED, ώστε να καλυφθούν όλες οι προδιαγραφές του ευρωπαϊκού προτύπου. Ακολουθεί ο κατάλογος των φωτιστικών καθώς και τα φωτοτεχνικά χαρακτηριστικά τους.

### Μελέτη φωτισμού με φωτιστικά LED / Κατάλογος φωτιστικών

<p><b>6 Τεμάχια</b> PHILIPS RC120B 1xLED25S/830 W60L60                  Αρ. είδους:                  Φωτεινή ροή (Φωτιστικό): 2500 lm                  Φωτεινή ροή (Λάμπες): 2500 lm                  Ισχύς φωτιστικού: 31.0 W                  Ταξινόμηση φωτιστικών σύμφωνα προς CIE: 100                  Κωδικός ροής CIE: 59 87 97 100 100                  Εξοπλισμός: 1 x LED25S/830/- (Συντελεστής διόρθωσης 1.000).</p>		
<p><b>12 Τεμάχια</b> PHILIPS RC120B 1xLED27S/840 W60L60 VAR-PC                  Αρ. είδους:                  Φωτεινή ροή (Φωτιστικό): 2700 lm                  Φωτεινή ροή (Λάμπες): 2700 lm                  Ισχύς φωτιστικού: 27.5 W                  Ταξινόμηση φωτιστικών σύμφωνα προς CIE: 100                  Κωδικός ροής CIE: 75 94 99 100 100                  Εξοπλισμός: 1 x LED27S/840/- (Συντελεστής διόρθωσης 1.000).</p>		

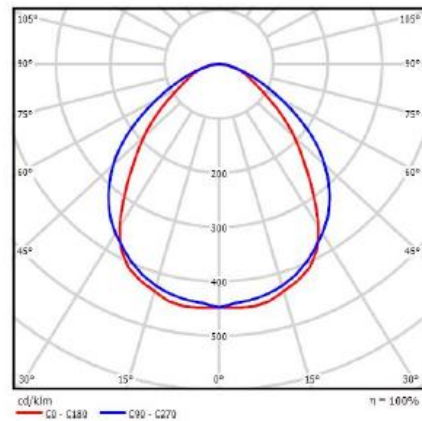
### PHILIPS RC120B 1xLED25S/830 W60L60 / Δελτίο στοιχείων φωτιστικού



Ταξινόμηση φωτιστικών σύμφωνα προς CIE: 100  
 Κωδικός ροής CIE: 59 87 97 100 100

CoreLine Recessed – the clear choice for LED  
 Whether for a new building or renovation of an existing space, customers want lighting solutions that provide quality of light and substantial energy and maintenance savings. The new CoreLine Recessed range of LED products can be used to replace functional luminaires in general lighting applications. The process of selecting, installing and maintaining is so easy – it's a simple switch.

Εκπομπή φωτός 1:



Εκπομπή φωτός 1:

Αξιολόγηση θάμβωσης κατά UGR												
Διάσημο	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
ε. Τεμάχια	50	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
ε. Εύρος	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Μέγιστος φωτισμός lx	Y	Όπτική κατανομή, εγκύβλιος προς τον άξονα άστιας					Όπτική κατανομή, παράλληλα προς τον άξονα άστιας					
2h	2h	15.9	10.0	57.2	18.3	18.5	18.9	20.0	25.1	20.2	20.4	20.4
3h	3h	17.7	10.8	58.1	19.0	18.3	18.9	20.0	25.0	21.0	21.0	21.0
4h	4h	18.2	11.2	58.5	19.4	18.7	19.0	20.0	25.0	21.0	21.0	21.0
6h	6h	18.6	11.5	58.9	19.8	20.1	20.1	21.0	25.0	21.0	21.0	21.0
8h	8h	18.7	11.6	59.0	19.9	20.2	20.1	21.0	25.0	21.0	21.0	21.0
12h	12h	18.8	11.6	59.1	19.9	20.2	20.1	21.0	25.0	21.0	21.0	21.0
4h	2h	17.4	10.4	57.8	18.7	18.0	18.1	20.1	25.0	21.0	21.0	21.0
3h	3h	18.5	10.9	58.9	19.7	20.0	20.1	21.0	25.0	21.0	21.0	21.0
4h	4h	19.1	11.0	59.5	20.2	20.5	20.5	21.0	25.0	21.0	21.0	21.0
6h	6h	19.6	11.2	60.0	20.6	21.0	21.0	21.0	25.0	21.0	21.0	21.0
8h	8h	19.8	11.4	60.2	20.7	21.2	21.0	21.0	25.0	21.0	21.0	21.0
12h	12h	19.9	11.4	60.3	20.8	21.3	21.0	21.0	25.0	21.0	21.0	21.0
8h	4h	19.3	11.9	61.8	20.3	20.7	21.0	21.2	21.1	21.6	22.0	22.0
6h	6h	20.0	12.5	62.5	20.9	21.4	21.0	21.2	21.5	21.9	22.3	22.3
8h	8h	20.3	12.7	62.7	21.1	21.6	21.1	21.5	21.6	22.0	22.5	22.5
12h	12h	20.5	12.8	62.9	21.3	21.8	21.2	21.5	21.7	22.0	22.5	22.5
12h	4h	19.4	11.9	61.8	20.3	20.7	21.0	21.2	21.1	21.6	22.0	22.0
6h	6h	20.1	12.5	62.5	20.9	21.4	21.0	21.4	21.5	21.9	22.4	22.4
8h	8h	20.4	12.7	62.9	21.2	21.7	21.2	21.5	21.7	22.0	22.5	22.5
Παράδειγμα της άσκησης εφαρμογής για αποστάσεις φωτιστικών 5												
S = 1.5h		40.3 / -0.2					40.2 / -0.3					
S = 1.5h		+0.4 / -0.5					+0.5 / -0.7					
S = 2.0h		+0.8 / -1.0					+1.0 / -1.4					
Επίπεδο θόμβωσης προσαρμοσμένο		0.5					0.5					
Επίπεδο θόμβωσης τυπικό		3.5					3.2					

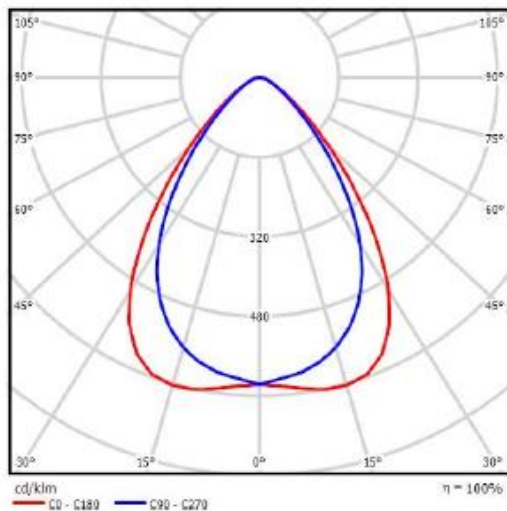
**PHILIPS RC120B 1xLED27S/840 W60L60 VAR-PC / Δελτίο στοιχείων φωτιστικού**



Ταξινόμηση φωτιστικών σύμφωνα προς CIE: 100  
Κωδικός ροής CIE: 75 94 99 100 100

CoreLine Recessed – the clear choice for LED  
Whether for a new building or renovation of an existing space, customers want lighting solutions that provide quality of light and substantial energy and maintenance savings. The new CoreLine Recessed range of LED products can be used to replace functional luminaires in general lighting applications. The process of selecting, installing and maintaining is so easy – it's a simple switch.

Εκπομπή φωτός 1:



Εκπομπή φωτός 1:

Αξιολόγηση θάμβωσης κατά UGR											
h (m)	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	30
h (m)	30	30	50	50	70	30	30	50	50	70	70
h (m)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
2m	3H	16.1	17.0	16.3	17.2	17.4	15.3	16.2	15.5	16.4	16.6
	3H	16.3	17.2	16.6	17.6	17.7	15.5	16.4	15.8	16.6	16.9
	4H	16.4	17.2	16.7	17.5	17.8	15.6	16.4	15.9	16.7	17.0
	6H	16.5	17.2	16.8	17.5	17.8	15.7	16.4	16.0	16.7	17.0
	8H	16.5	17.2	16.9	17.5	17.8	15.7	16.4	16.1	16.7	17.0
	12H	16.5	17.2	16.9	17.5	17.8	15.7	16.4	16.1	16.7	17.0
4m	3H	16.1	16.9	16.5	17.2	17.3	16.4	16.2	16.7	16.5	16.7
	3H	16.5	17.2	16.9	17.5	17.8	15.8	16.5	16.2	16.8	17.1
	4H	16.7	17.3	17.1	17.6	18.0	16.0	16.6	16.4	16.9	17.3
	6H	16.8	17.3	17.2	17.7	18.1	16.1	16.8	16.5	17.0	17.4
	8H	16.9	17.3	17.3	17.7	18.1	16.2	16.6	16.6	17.0	17.4
	12H	16.9	17.3	17.3	17.7	18.1	16.2	16.6	16.6	17.0	17.4
8m	4H	16.7	17.2	17.1	17.5	18.0	16.0	16.5	16.5	16.9	17.3
	6H	16.9	17.2	17.4	17.7	18.1	16.1	16.6	16.7	17.0	17.5
	8H	17.0	17.3	17.5	17.9	18.2	16.3	16.6	16.6	17.1	17.6
	12H	17.1	17.3	17.5	17.8	18.3	16.4	16.6	16.9	17.1	17.6
12m	4H	16.7	17.1	17.1	17.5	17.9	16.0	16.4	16.5	16.8	17.3
	6H	16.9	17.2	17.4	17.7	18.1	16.2	16.6	16.7	17.0	17.5
	8H	17.0	17.3	17.5	17.7	18.2	16.3	16.6	16.6	17.1	17.6

Παράμετρος (τη διάσημ κωδικός) για ομοιόμορφο φωτισμό S	+2.0 / -1.5		+2.3 / -1.4	
S = 1.0H				
S = 1.5H	+2.4	-2.5	+1.8	-2.4
S = 2.0H	+4.3	-3.2	+3.3	-3.1

Επίπεδο θόμβωσης Προστασίας Δορυφόρου	θ002	θ002
	-0.9	-1.7

Παραμ. για θόμβωση ομοιόμορφο με 2700K Στοιχείο φωτιστικό (m)

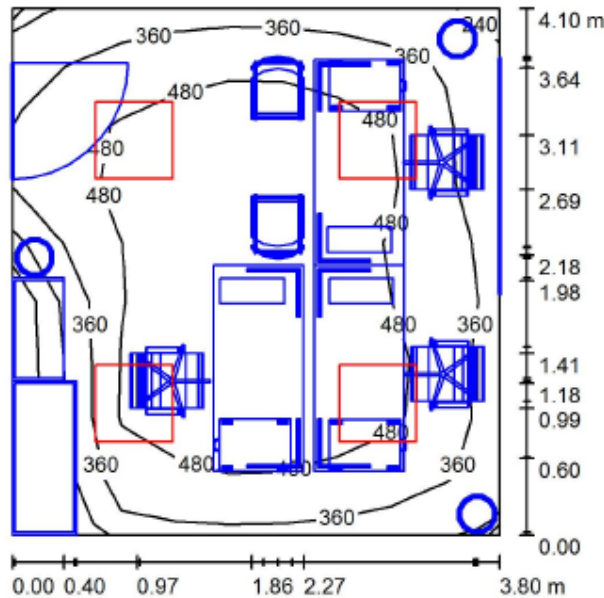
Η επιλογή των φωτιστικών τεχνολογίας LED, έγινε με βάση τις φωτιστικές απαιτήσεις του κάθε χώρου, και αφού πραγματοποιήθηκε φωτιστική μελέτη για αυτούς.

Το παραπάνω φωτιστικά σώματα, διαστάσεων 60x60 cm, μπορούν να αντικαταστήσουν άμεσα τα υπάρχοντα φωτιστικά, διατίθενται σε θερμοκρασίες 830 και 840 και ενδείκνυνται για εφαρμογές γραφείων και επαγγελματικών χώρων. Τα φυλλάδια των φωτιστικών με αναλυτικά τεχνικά και φωτιστικά χαρακτηριστικά επισυνάπτεται στο Παράρτημα 2.

### 4.2.1 Αποτελέσματα γραφείου

#### 4.2.1.1 Ένταση φωτισμού και περίληψη του δωματίου

#### Γραφείο / Περίληψη



Ύψος χώρου: 2.620 m, Ύψος συναρμολόγησης: 2.655 m

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:53

Επιφάνεια	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Επίπεδο εργασίας (όλο το δωμάτιο)	/	446	40	607	0.089
Πάτωμα	20	199	0.63	461	0.003
Ταβάνι	70	103	17	150	0.166
Τοίχοι (4)	50	144	0.78	316	/

Επίπεδο εργασίας (όλο το δωμάτιο):

Ύψος: 0.750 m  
 Κάνναβος: 9 x 9 Σημεία  
 Περιφερική ζώνη: 0.000 m

Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

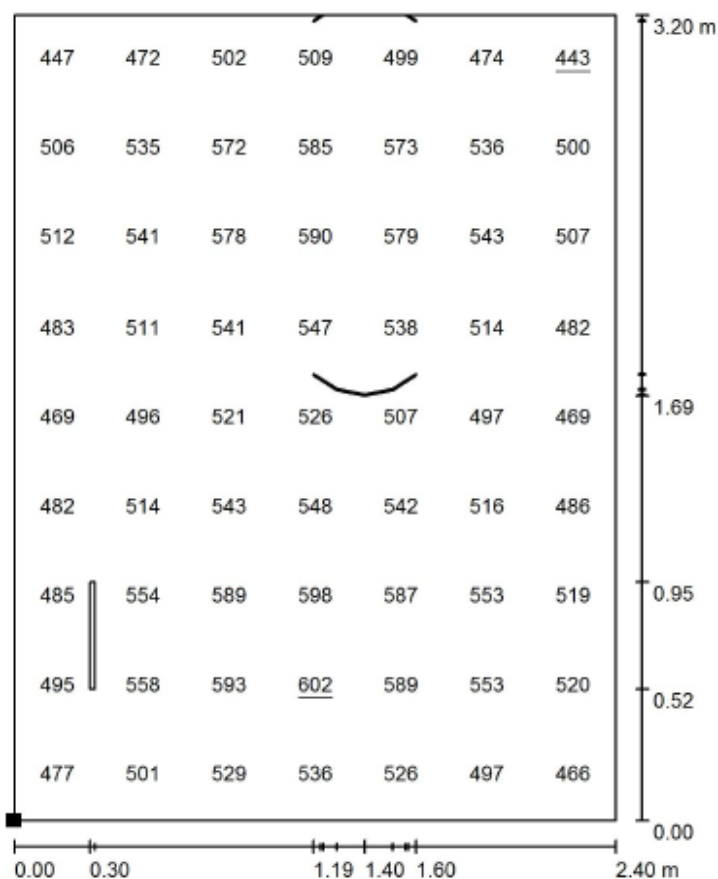
Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	$\Phi$ (Φωτιστικό) [lm]	$\Phi$ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS RC120B 1xLED27S/840 W60L60 VAR-PC (1.000)	2700	2700	27.5
Συνολικά:			10800	Συνολικά: 10800	110.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης:  $7.06 \text{ W/m}^2 = 1.58 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Βασική επιφάνεια:  $15.58 \text{ m}^2$ )

Παρατηρούμε ότι για όλο το δωμάτιο, στο επίπεδο εργασίας, η μέση ένταση φωτισμού κυμαίνεται στα 446 lx.

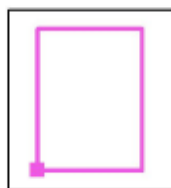
4.2.1.2 Ένταση και ομοιομορφία φωτισμού στη ζώνη εργασίας

**Γραφείο / Ζώνης εργασίας γραφείου / Περιοχή εργασίας γραφείου / Γραφική παράσταση τιμών (E)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 26

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.400 m, 0.200 m, 0.750 m)



Κάνναβος: 9 x 7 Σημεία

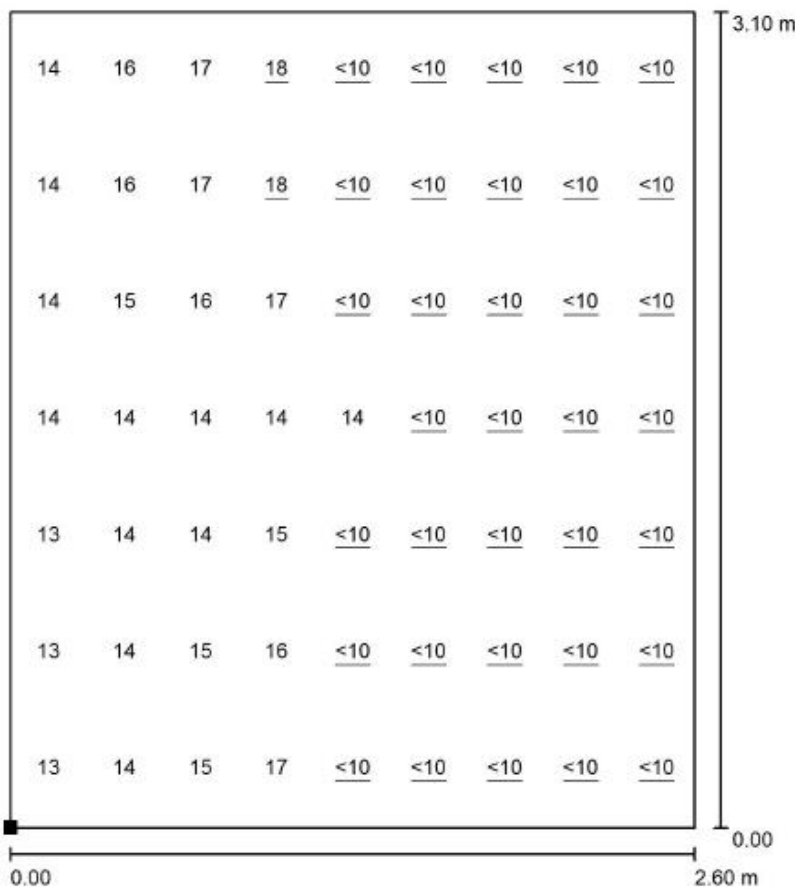
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
Περιοχή εργασίας γραφείου	525	443	602	0.844	0.736
Περιβάλλουσα περιοχή	468	405	517	0.866	0.784

Μελετώντας τα φωτοτεχνικά αποτελέσματα, παρατηρούμε ότι για το ωφέλιμο επίπεδο εργασίας, η μέση φωτεινή ένταση φτάνει τα 525 lx, τιμή πολύ καλή για το φωτισμό των θέσεων εργασίας και κοντά στη ζητούμενη τιμή (500 lx). Η ομοιομορφία είναι 0,844, πάνω από το 0,6 που απαιτείται.

### 4.2.1.3 Υπολογισμός Θάμβωσης UGR

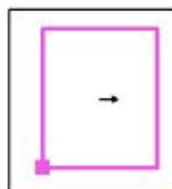
Ο υπολογισμός της θάμβωσης έγινε με πλέγματα υπολογισμού στο ύψος του μέσου ανθρώπου καθισμένου σε καρέκλα, κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο (1,2 m). Αναλύθηκαν οι οπτικές κατευθύνσεις προς 0°, 90°, 180° και 270°, για τη ζώνη εργασίας του χώρου (περιοχή εργασίας και περιβάλλουσα). Έπειτα, μιας και οι θέσεις των χρηστών είναι καθορισμένες μέσα στο χώρο, πραγματοποιήθηκε σημειακός υπολογισμός προς την κατεύθυνση παρατήρησής τους.

**Γραφείο / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 0 μοίρες / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 25

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.499 m, 0.300 m, 1.200 m)



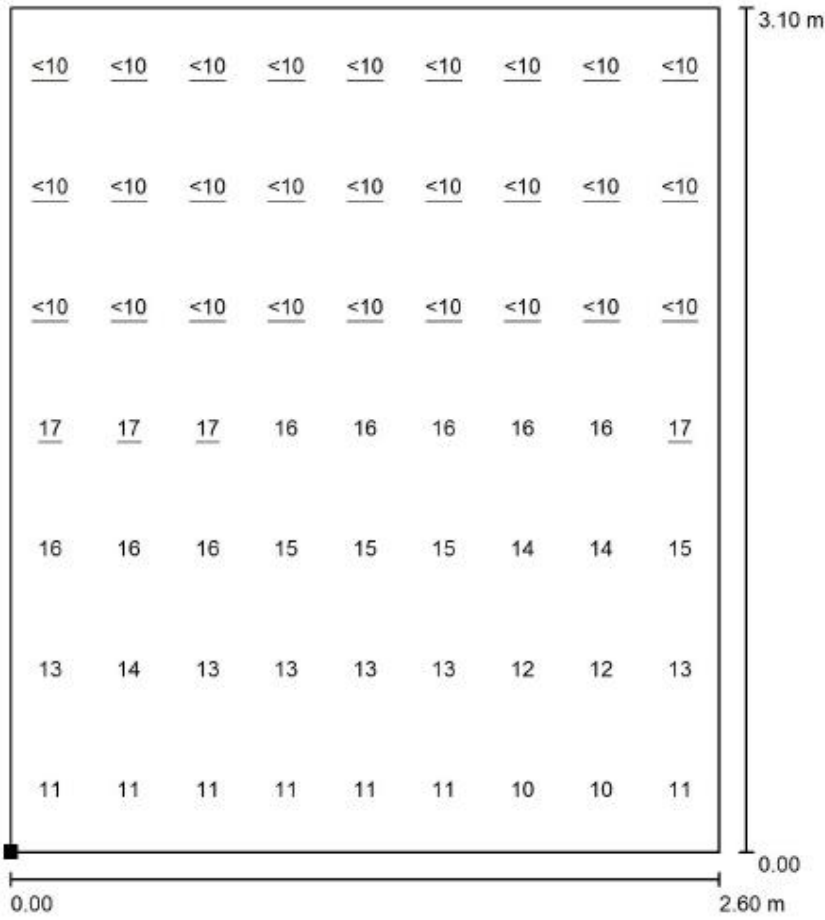
Κάναβος: 7 x 9 Σημεία

Min  
/

Max  
18

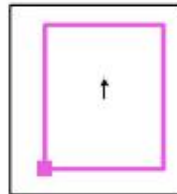


**Γραφείο / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 90 μοίρες / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 25

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.500 m, 0.300 m, 1.200 m)

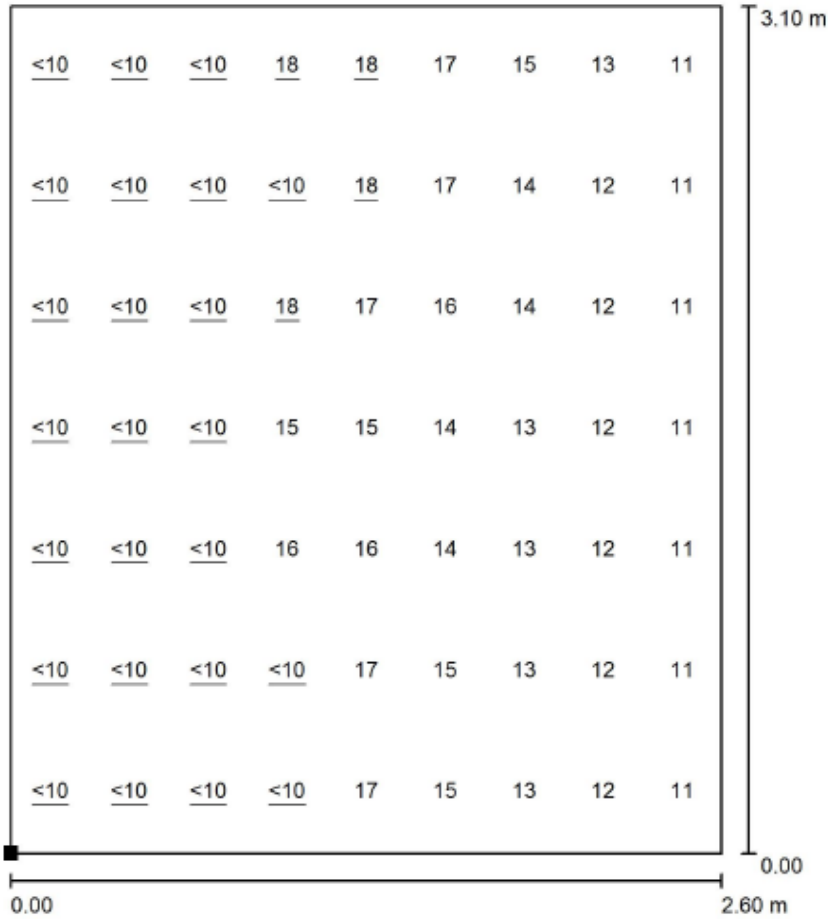


Κάναβος: 7 x 9 Σημεία

Min  
/

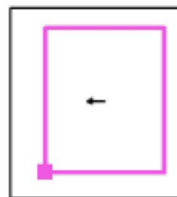
Max  
17

**Γραφείο / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 180 μοίρες / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 25

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.499 m, 0.300 m, 1.200 m)

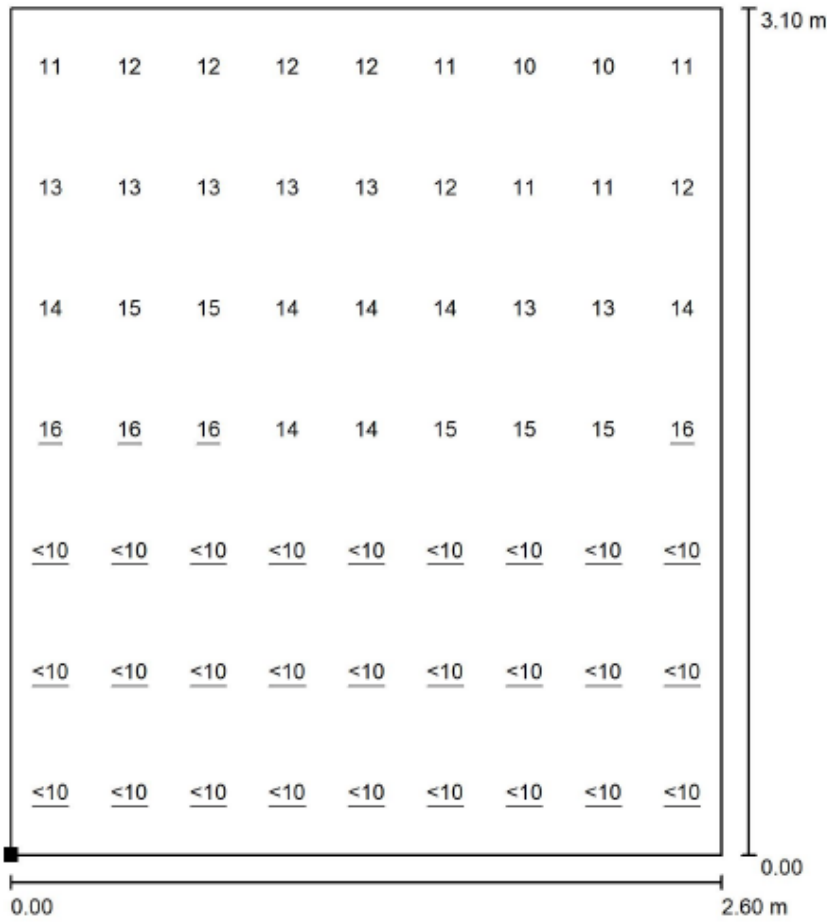


Κάνναβος: 7 x 9 Σημεία

Min  
/

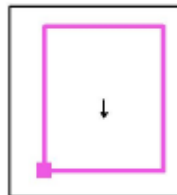
Max  
18

**Γραφείο / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 270 μοίρες / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 25

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.499 m, 0.300 m, 1.200 m)

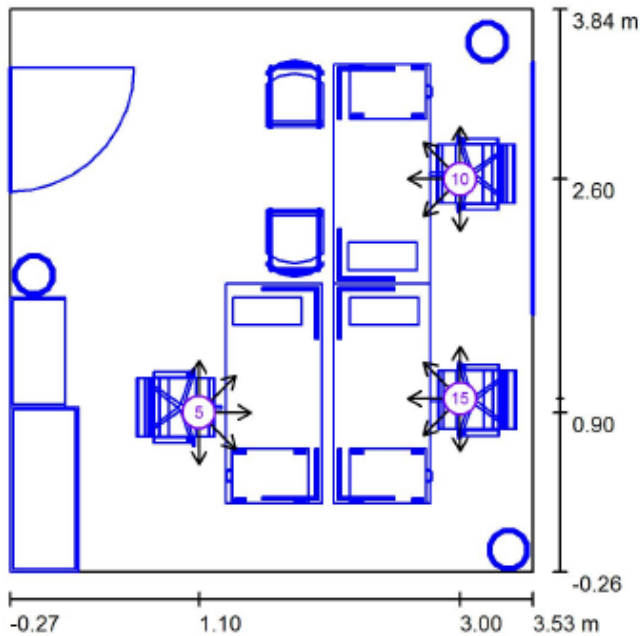


Κάναβος: 7 x 9 Σημεία

Min  
/

Max  
16

**Γραφείο / Παρατηρητής UGR (επισκόπηση αποτελεσμάτων)**



Κλίμακα 1 : 50

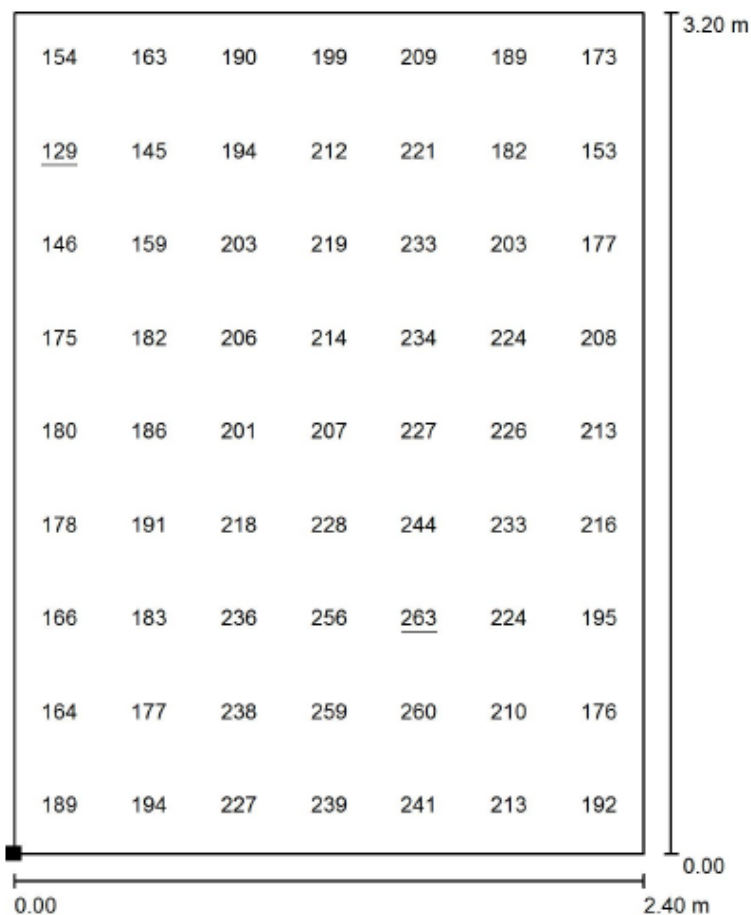
**Κατάλογος σημείων υπολογισμού UGR**

Αρ.	Ονομασία	Θέση [m]			Οπτική κατεύθυνση [°]	Τιμή
		X	Y	Z		
1	Σημείο υπολογισμού UGR 1 0	1.100	0.900	1.200	0.0	15
2	Σημείο υπολογισμού UGR 1 45	1.100	0.900	1.200	45.0	13
3	Σημείο υπολογισμού UGR 1 90	1.100	0.900	1.200	90.0	13
4	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -45	1.100	0.900	1.200	-45.0	12
5	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -90	1.100	0.900	1.200	-90.0	/
6	Σημείο υπολογισμού UGR 2 180	3.000	2.600	1.200	180.0	11
7	Σημείο υπολογισμού UGR 2 135	3.000	2.600	1.200	135.0	<10
8	Σημείο υπολογισμού UGR 2 90	3.000	2.600	1.200	90.0	/
9	Σημείο υπολογισμού UGR 2 -135	3.000	2.600	1.200	-135.0	12
10	Σημείο υπολογισμού UGR 2 -90	3.000	2.600	1.200	-90.0	13
11	Σημείο υπολογισμού UGR 3 180	3.000	1.000	1.200	180.0	11
12	Σημείο υπολογισμού UGR 3 135	3.000	1.000	1.200	135.0	12
13	Σημείο υπολογισμού UGR 3 90	3.000	1.000	1.200	90.0	13
14	Σημείο υπολογισμού UGR 3 -135	3.000	1.000	1.200	-135.0	<10
15	Σημείο υπολογισμού UGR 3 -90	3.000	1.000	1.200	-90.0	/

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα της θάμβωσης για τις περιστροφές προς τις τέσσερις κατευθύνσεις παρατηρούμε ότι υπάρχουν σημεία όπου η θάμβωση φτάνει την τιμή των 18, αλλά μελετώντας τη θάμβωση στις υφιστάμενες θέσεις εργασίας παρατηρούμε ότι αυτή δεν ξεπερνά το 15 (για ένα και μόνο σημείο), τιμή πολύ κατώτερη του ορίου του 19.

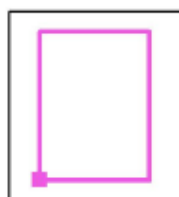
4.2.1.4 Κυλινδρικός φωτισμός και λόγος μοντελοποίησης

**Γραφείο / Κυλινδρικός φωτισμός γραφείου (1,2m) / Γραφική παράσταση τιμών (E, κυλινδρικά)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 26

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.400 m, 0.200 m, 1.200 m)

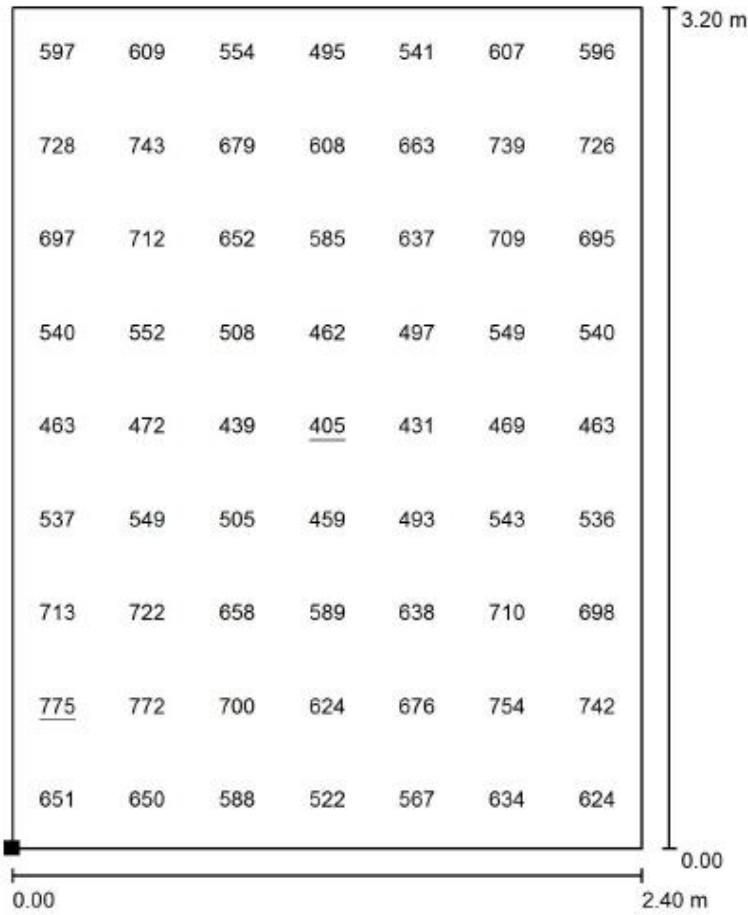


Κάνναβος: 9 x 7 Σημεία

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
202	129	263	0.638	0.490

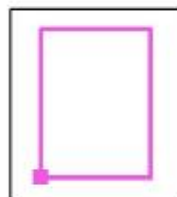
Ο κυλινδρικός φωτισμός του γραφείου στο ύψος 1,2 m είναι 202 lx, πάνω από το όριο των 150 lx που καταδεικνύει το πρότυπο, και με ομοιομορφία 0,638, άνω του 0,100 που απαιτείται.

**Γραφείο / Οριζόντιος φωτισμός γραφείου (1,2m) / Γραφική παράσταση τιμών (E, οριζόντια)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 26

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.400 m, 0.200 m, 1.200 m)



Κάνναβος: 9 x 7 Σημεία

$E_m$  [lx]  
603

$E_{min}$  [lx]  
405

$E_{max}$  [lx]  
775

$E_{min} / E_m$   
0.672

$E_{min} / E_{max}$   
0.523

Ο οριζόντιος φωτισμός του γραφείου είναι 603 lx. Ο λόγος της κυλινδρικής προς την οριζόντια ένταση φωτισμού, θα μας δώσει τον λόγο μοντελοποίησης του χώρου:

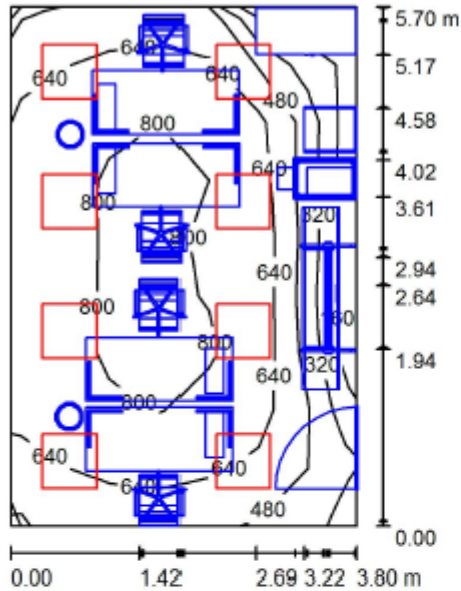
$$202 / 603 = \mathbf{0,335}$$

Η τιμή είναι μέσα στα όρια που ορίζει το πρότυπο (0,3 έως 0,6).

### 4.2.2 Αποτελέσματα γραφείου σχεδίασης προϊόντων

#### 4.2.2.1 Ένταση φωτισμού και περίληψη του δωματίου

#### Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Περίληψη



Ύψος χώρου: 2.620 m, Ύψος συναρμολόγησης: 2.620 m

Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1:74

Επιφάνεια	ρ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Επίπεδο εργασίας (όλο το δωμάτιο)	/	661	58	848	0.088
Πάτωμα	20	326	3.55	680	0.011
Ταβάνι	70	157	41	227	0.262
Τοίχοι (4)	50	227	4.69	567	/

Επίπεδο εργασίας (όλο το δωμάτιο):

Ύψος: 0.750 m  
 Κάνναβος: 9 x 7 Σημεία  
 Περιφερική ζώνη: 0.000 m

Κατάλογος τεμαχίων φωτιστικών

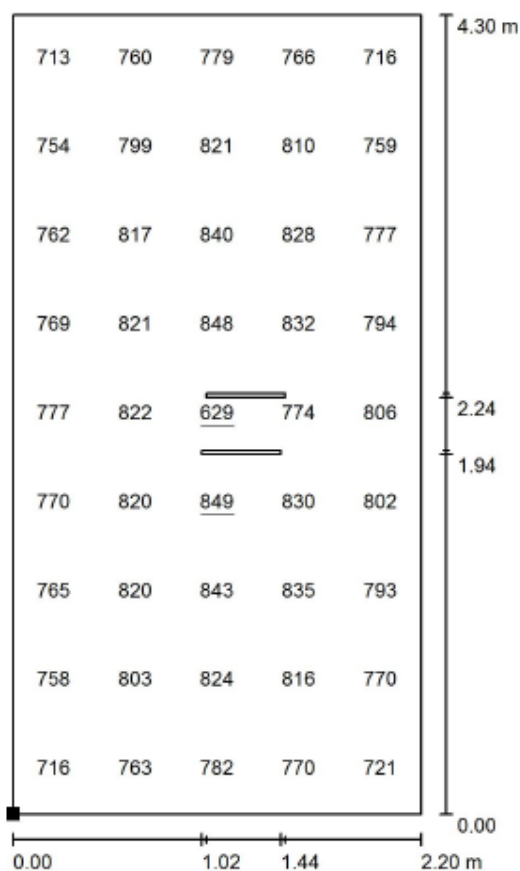
Αρ.	Τεμάχια	Ονομασία (Συντελεστής διόρθωσης)	Φ (Φωτιστικό) [lm]	Φ (Λάμπες) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS RC120B 1xLED27S/840 W60L60 VAR-PC (1.000)	2700	2700	27.5
Συνολικά:			21600	Συνολικά: 21600	220.0

Ειδικό φορτίο σύνδεσης:  $10.16 \text{ W/m}^2 = 1.54 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Βασική επιφάνεια:  $21.66 \text{ m}^2$ )

Για το γραφείο σχεδίασης προϊόντων και για όλο το χώρο στο επίπεδο εργασίας, η μέση ένταση φωτισμού κυμαίνεται στα 661 lx.

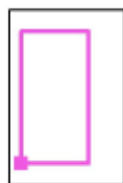
4.2.2.2 Ένταση και ομοιομορφία φωτισμού στη ζώνη εργασίας

**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Ζώνης εργασίας γρ. σχεδιασμού προϊόντων / Περιοχή εργασίας γρ. σχεδιασμού προϊόντων / Γραφική παράσταση τιμών (E)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 34

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.399 m, 0.700 m, 0.750 m)



Κάναβος: 9 x 5 Σημεία

	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
Περιοχή εργασίας γρ. σχεδιασμού προϊόντων	787	629	849	0.799	0.741
Περιβάλλουσα περιοχή	682	191	787	0.281	0.243

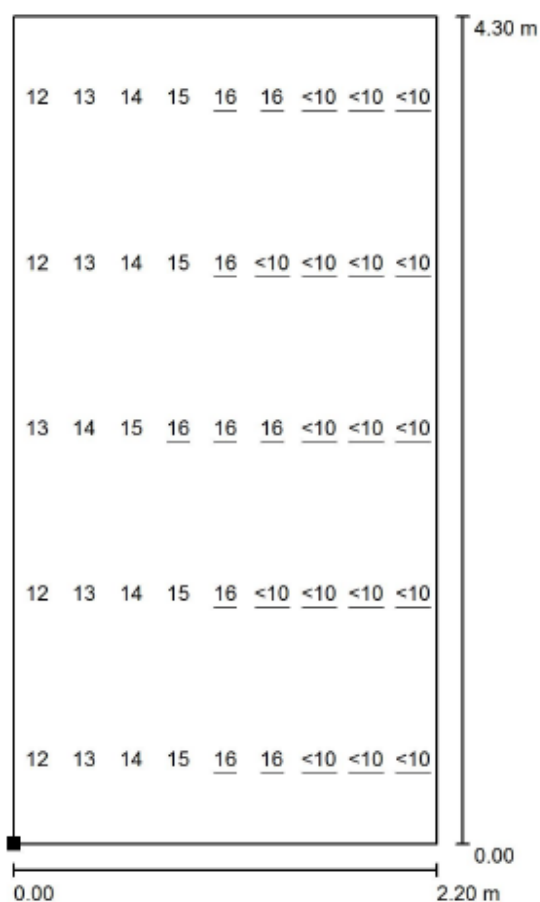
Μελετώντας μόνο τον ωφέλιμο χώρο εργασίας, η τιμή αυτή ανεβαίνει στα 787 lx, τιμή ελάχιστα επαυξημένη από την απαιτούμενη των 750 lx. Η μέση ένταση φωτισμού στην περιβάλλουσα περιοχή είναι στα 682 lx, πάνω από τα 500 σύμφωνα με το πρότυπο και η ομοιομορφία είναι στο 0,799, πάνω από το μίνιμουμ 0,7.



### 4.2.2.3 Υπολογισμός Θάμβωσης UGR

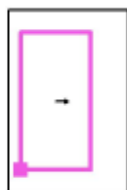
Ο υπολογισμός της θάμβωσης έγινε με πλέγματα υπολογισμού στο ύψος του μέσου ανθρώπου καθισμένου σε καρέκλα, κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο (1,2 m). Αναλύθηκαν οι οπτικές κατευθύνσεις προς 0°, 90°, 180° και 270°, για τη ζώνη εργασίας του χώρου (περιοχή εργασίας και περιβάλλουσα). Έπειτα, μιας και οι θέσεις των χρηστών είναι καθορισμένες μέσα στο χώρο, πραγματοποιήθηκε σημειακός υπολογισμός προς την κατεύθυνση παρατήρησής τους.

**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 0 μοίρες (Θέσεις εργασίας) / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 34

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.399 m, 0.700 m, 1.200 m)

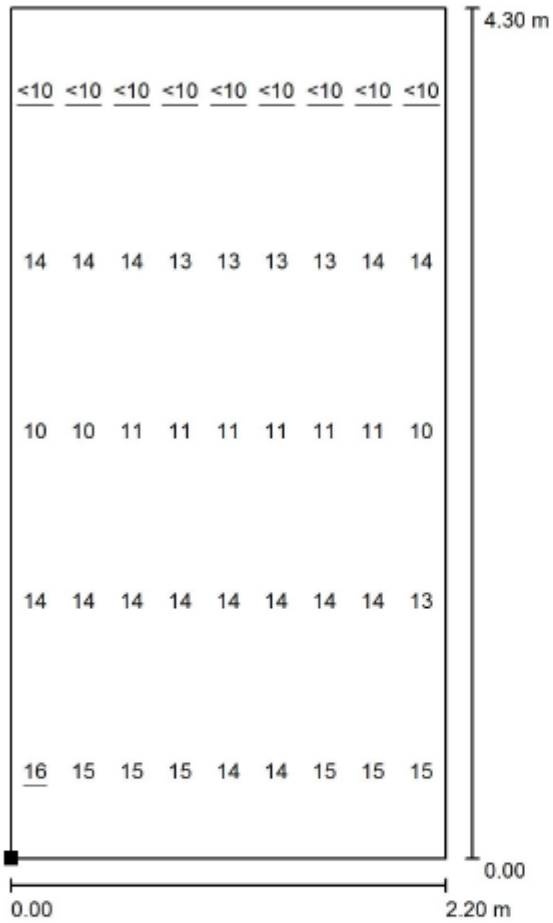


Κάναβος: 5 x 9 Σημεία

Min  
/

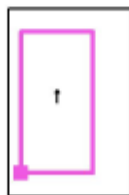
Max  
16

**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 90 μοίρες (Θέσεις εργασίας) / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 34

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.399 m, 0.700 m, 1.200 m)

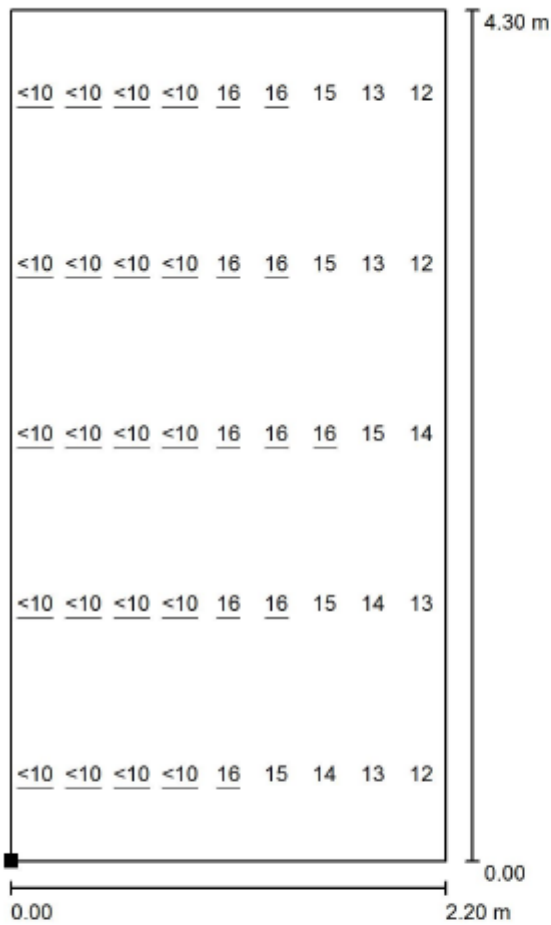


Κάναβος: 5 x 9 Σημεία

Min  
/

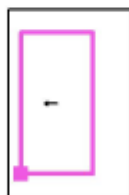
Max  
16

**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 180 μοίρες (Θέσεις εργασίας) / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 34

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.399 m, 0.700 m, 1.200 m)

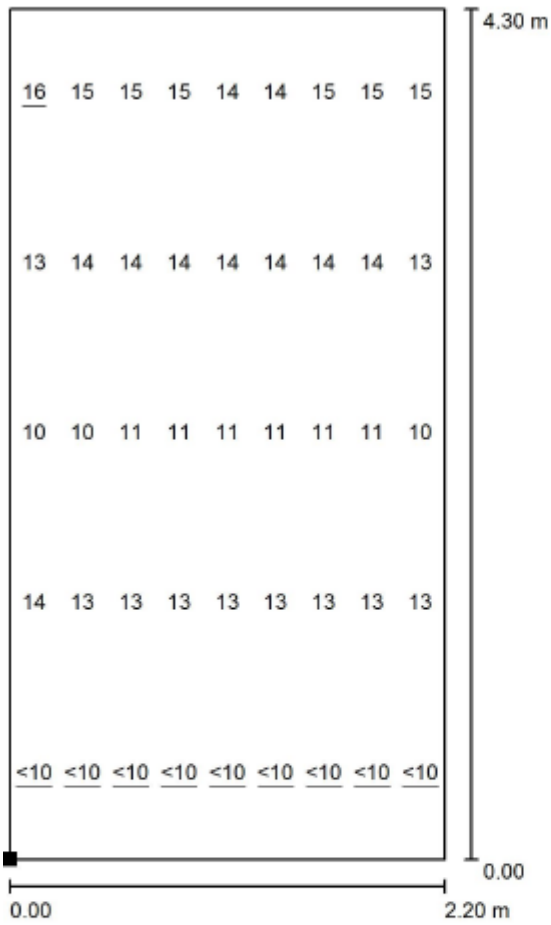


Κάναβος: 5 x 9 Σημεία

Min  
/

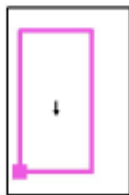
Max  
16

**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 270 μοίρες (Θέσεις εργασίας) / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 34

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.399 m, 0.700 m, 1.200 m)



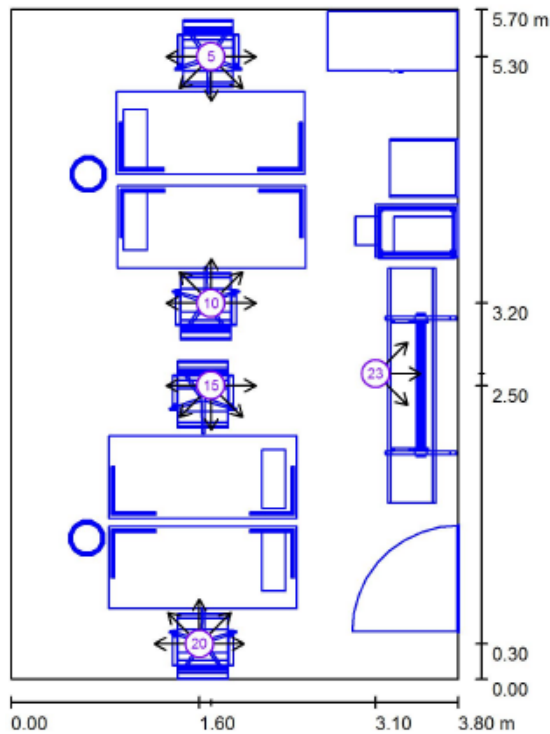
Κάνναβος: 5 x 9 Σημεία

Min  
/

Max  
16

Παρατηρούμε ότι τα επίπεδα της θάμβωσης δεν ξεπερνούν το όριο του 16 που απαιτείται για ένα χώρο τεχνικής σχεδίασης.

**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Παρατηρητής UGR (επισκόπηση αποτελεσμάτων)**



Κλίμακα 1 : 50

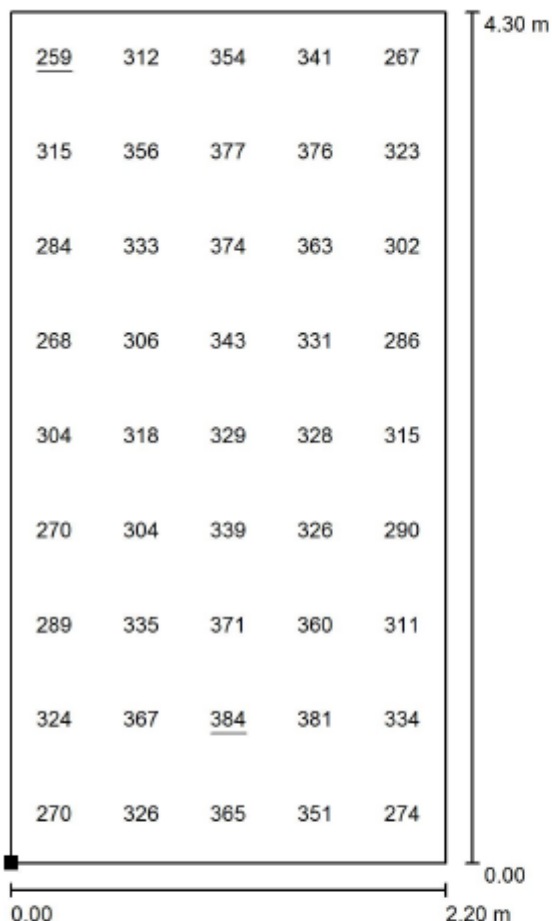
**Κατάλογος σημείων υπολογισμού UGR**

Αρ.	Ονομασία	Θέση [m]			Οπτική κατεύθυνση [°]	Τιμή
		X	Y	Z		
1	Σημείο υπολογισμού UGR 1 0	1.700	5.300	1.200	0.0	17
2	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -45	1.700	5.300	1.200	-45.0	17
3	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -90	1.700	5.300	1.200	-90.0	13
4	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -135	1.700	5.300	1.200	-135.0	16
5	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -180	1.700	5.300	1.200	-180.0	16
6	Σημείο υπολογισμού UGR 2 -180	1.700	3.200	1.200	-180.0	17
7	Σημείο υπολογισμού UGR 2 135	1.700	3.200	1.200	135.0	16
8	Σημείο υπολογισμού UGR 2 90	1.700	3.200	1.200	90.0	11
9	Σημείο υπολογισμού UGR 2 45	1.700	3.200	1.200	45.0	16
10	Σημείο υπολογισμού UGR 2 0	1.700	3.200	1.200	0.0	17
11	Σημείο υπολογισμού UGR 3 0	1.700	2.500	1.200	0.0	17
12	Σημείο υπολογισμού UGR 3 -45	1.700	2.500	1.200	-45.0	16
13	Σημείο υπολογισμού UGR 3 -90	1.700	2.500	1.200	-90.0	12
14	Σημείο υπολογισμού UGR 3 -135	1.700	2.500	1.200	-135.0	16
15	Σημείο υπολογισμού UGR 3 -180	1.700	2.500	1.200	-180.0	17
16	Σημείο υπολογισμού UGR 4 -180	1.600	0.300	1.200	-180.0	16
17	Σημείο υπολογισμού UGR 4 135	1.600	0.300	1.200	135.0	16
18	Σημείο υπολογισμού UGR 4 90	1.600	0.300	1.200	90.0	13
19	Σημείο υπολογισμού UGR 4 45	1.600	0.300	1.200	45.0	16
20	Σημείο υπολογισμού UGR 4 0	1.600	0.300	1.200	0.0	16
21	Σημείο υπολογισμού UGR 5 0	3.100	2.600	1.600	0.0	/
22	Σημείο υπολογισμού UGR 5 45	3.100	2.600	1.600	45.0	/
23	Σημείο υπολογισμού UGR 5 -45	3.100	2.600	1.600	-45.0	<10

Παρατηρούμε ότι για τις υφιστάμενες θέσεις εργασίας, η θάμβωση κυμαίνεται σε αποδεκτά επίπεδα.

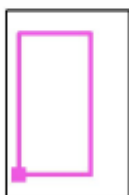
4.2.2.4 Κυλινδρικός φωτισμός και λόγος μοντελοποίησης στα 1,2 m

**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Κυλινδρικός φωτισμός γρ. σχεδιασμού (1,2 m) / Γραφική παράσταση τιμών (E, κυλινδρικά)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 34

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.399 m, 0.700 m, 1.200 m)



Κάνναβος: 5 x 9 Σημεία

$E_m$  [lx]  
325

$E_{min}$  [lx]  
259

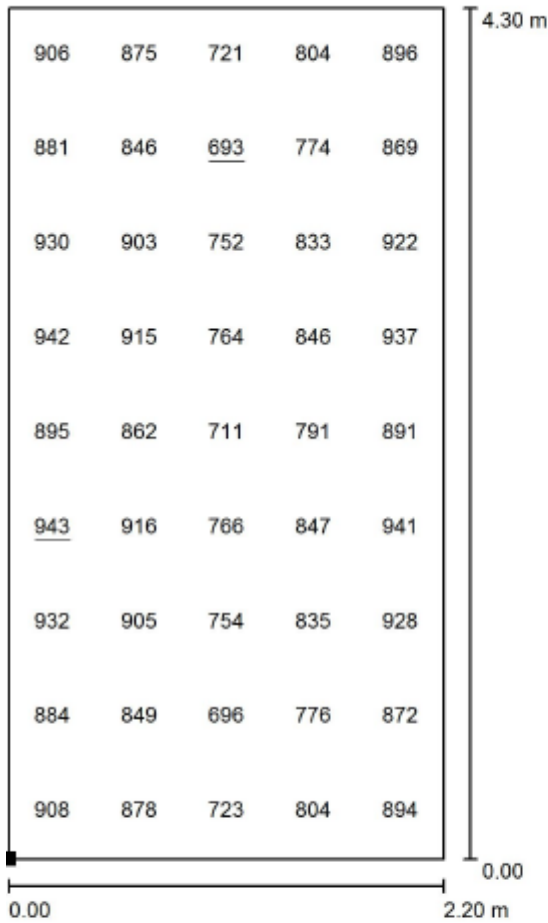
$E_{max}$  [lx]  
384

$E_{min} / E_m$   
0.797

$E_{min} / E_{max}$   
0.675

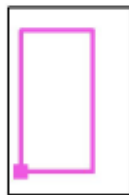
Ο κυλινδρικός φωτισμός του γραφείου στο ύψος 1,2 m είναι 325 lx, πάνω από το όριο των 150 lx που καταδεικνύει το πρότυπο, και με ομοιομορφία 0,797 άνω του 0,100 που απαιτείται.

**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Οριζόντιος φωτισμός γρ. σχεδιασμού (1,2 m) /  
Γραφική παράσταση τιμών (E, οριζόντια)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 34

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.399 m, 0.700 m, 1.200 m)



Κάναβος: 5 x 9 Σημεία

$E_m$  [lx]  
849

$E_{min}$  [lx]  
693

$E_{max}$  [lx]  
943

$E_{min} / E_m$   
0.817

$E_{min} / E_{max}$   
0.735

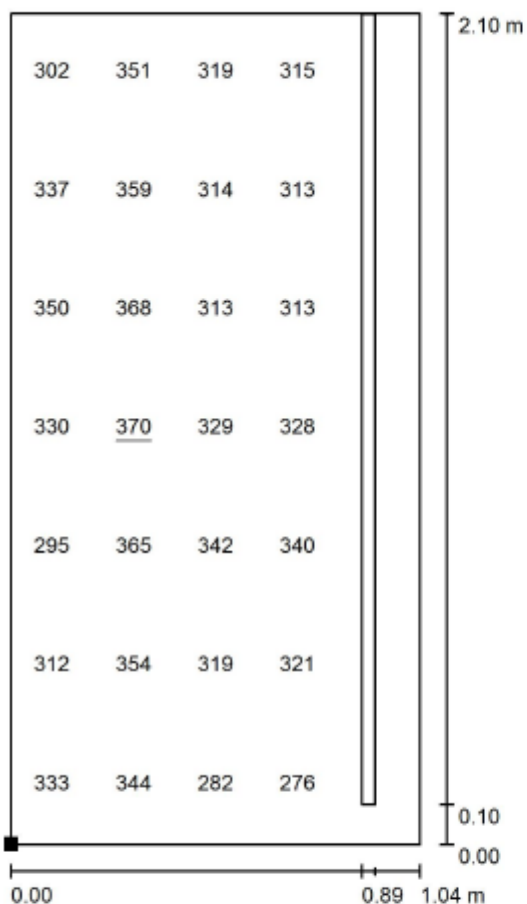
Ο οριζόντιος φωτισμός του γραφείου είναι 849 lx. Ο λόγος της κυλινδρικής προς την οριζόντια ένταση φωτισμού, θα μας δώσει τον λόγο μοντελοποίησης του χώρου:

$$325 / 849 = \mathbf{0,382}$$

Η τιμή είναι μέσα στα όρια που ορίζει το πρότυπο (0,3 έως 0,6).

4.2.2.5 Κυλινδρικός φωτισμός και λόγος μοντελοποίησης στα 1,6 m

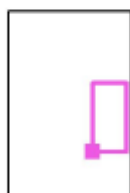
**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Κυλινδρικός φωτισμός γρ. σχεδιασμού (1,6 m) /  
Γραφική παράσταση τιμών (E, κυλινδρικά)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 17

Δεν μπορούν να παρασταθούν όλες οι υπολογισμένες τιμές.

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(2.599 m, 1.400 m, 1.600 m)



Κάνναβος: 5 x 7 Σημεία

$E_m$  [lx]  
292

$E_{min}$  [lx]  
138

$E_{max}$  [lx]  
370

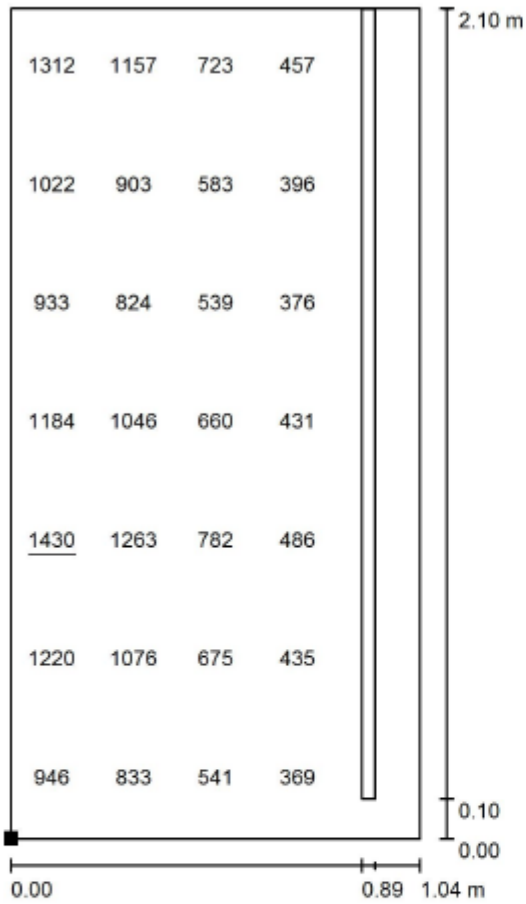
$E_{min} / E_m$   
0.473

$E_{min} / E_{max}$   
0.373

Ο κυλινδρικός φωτισμός του γραφείου στο ύψος 1,6 m είναι 292 lx, πάνω από το όριο των 150 lx που καταδεικνύει το πρότυπο, και με ομοιομορφία 0,473 άνω του 0,100 που απαιτείται.



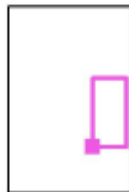
**Γραφείο σχεδίασης προϊόντων / Οριζόντιος φωτισμός γρ. σχεδιασμού (1,6 m) /  
Γραφική παράσταση τιμών (E, οριζόντια)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 17

Δεν μπορούν να παρασταθούν όλες οι υπολογισμένες τιμές.

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(2.599 m, 1.400 m, 1.600 m)



Κάνναβος: 5 x 7 Σημεία

$E_m$  [lx]  
668

$E_{min}$  [lx]  
102

$E_{max}$  [lx]  
1430

$E_{min} / E_m$   
0.153

$E_{min} / E_{max}$   
0.071

Ο οριζόντιος φωτισμός του γραφείου είναι 668 lx. Ο λόγος της κυλινδρικής προς την οριζόντια ένταση φωτισμού, θα μας δώσει τον λόγο μοντελοποίησης του χώρου:

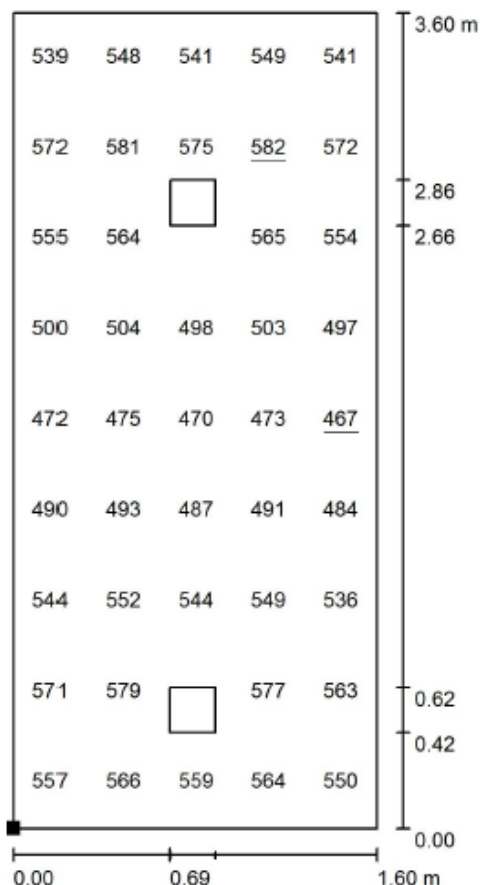
$$292 / 668 = \mathbf{0,437}$$

Η τιμή είναι μέσα στα όρια που ορίζει το πρότυπο (0,3 έως 0,6).



4.2.3.2 Ένταση και ομοιομορφία φωτισμού στη ζώνη εργασίας

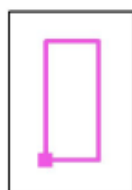
**Αίθουσα συνεδριάσεων / Ζώνης εργασίας αίθουσας συνεδριάσεων / Περιοχή εργασίας αίθουσας συνεδριάσεων / Γραφική παράσταση τιμών (E)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 29

Δεν μπορούν να παρασταθούν όλες οι υπολογισμένες τιμές.

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(1.100 m, 1.000 m, 0.750 m)



Κάναβος: 5 x 9 Σημεία

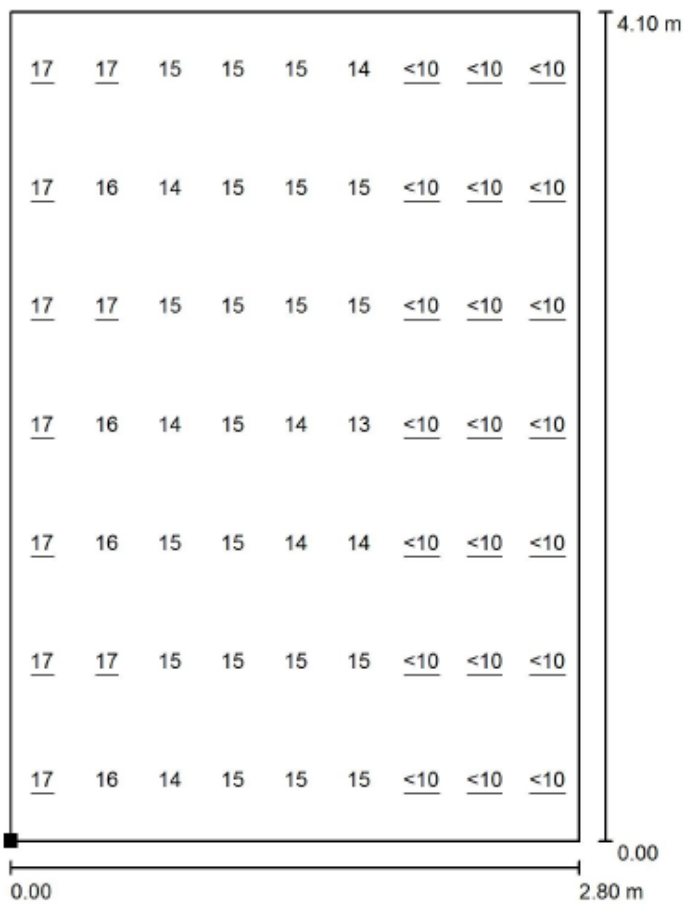
	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
Περιοχή εργασίας αίθουσας συνεδριάσεων	534	467	582	0.874	0.803
Περιβάλλουσα περιοχή	472	334	570	0.709	0.587

Προχωρώντας στον ωφέλιμο χώρο, η μέση ένταση φωτισμού ανεβαίνει στο 534 lx, τιμή πολύ κοντά στη ζητούμενη των 500 lx. Η ένταση φωτισμού στην περιβάλλουσα περιοχή είναι 472 lx και η ομοιομορφία είναι 0,874, τιμές πάνω από τις προτεινόμενες του προτύπου.

### 4.2.3.3 Υπολογισμός Θάμβωσης UGR

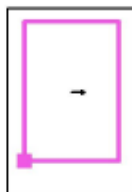
Ο υπολογισμός της θάμβωσης έγινε με πλέγματα υπολογισμού στο ύψος του μέσου ανθρώπου καθισμένου σε καρέκλα, κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο (1,2 m). Αναλύθηκαν οι οπτικές κατευθύνσεις προς 0°, 90°, 180° και 270°, για τη ζώνη εργασίας του χώρου (περιοχή εργασίας και περιβάλλουσα). Έπειτα, μιας και οι θέσεις των χρηστών είναι καθορισμένες μέσα στο χώρο, πραγματοποιήθηκε σημειακός υπολογισμός προς την κατεύθυνση παρατήρησής τους.

**Αίθουσα συνεδριάσεων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 0 μοίρες / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 33

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.500 m, 1.000 m, 1.200 m)

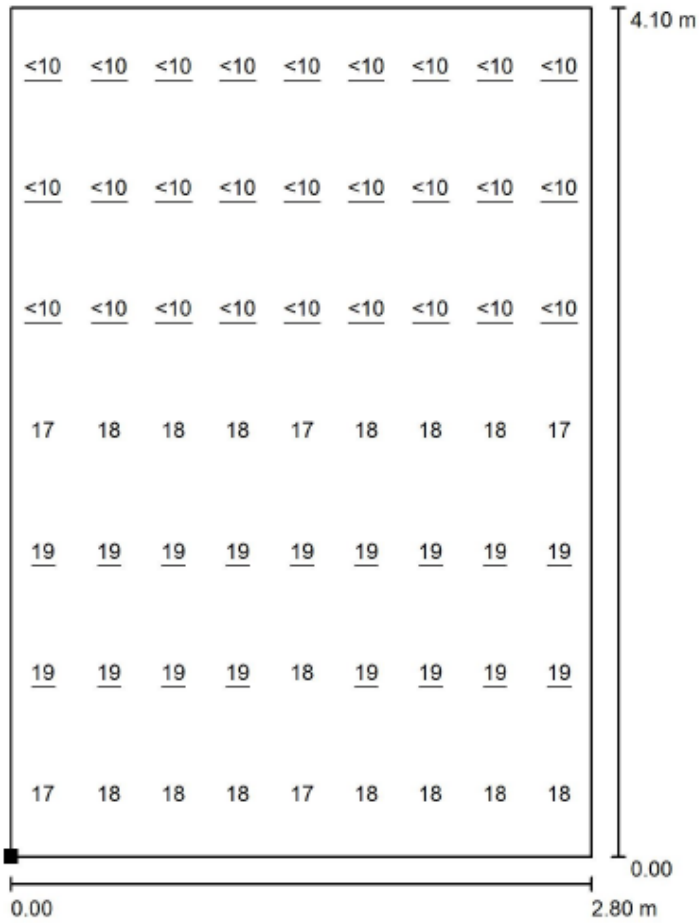


Κάνναβος: 7 x 9 Σημεία

Min  
/

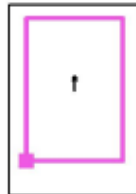
Max  
17

**Αίθουσα συνεδριάσεων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 90 μοίρες / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 33

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.500 m, 1.000 m, 1.200 m)

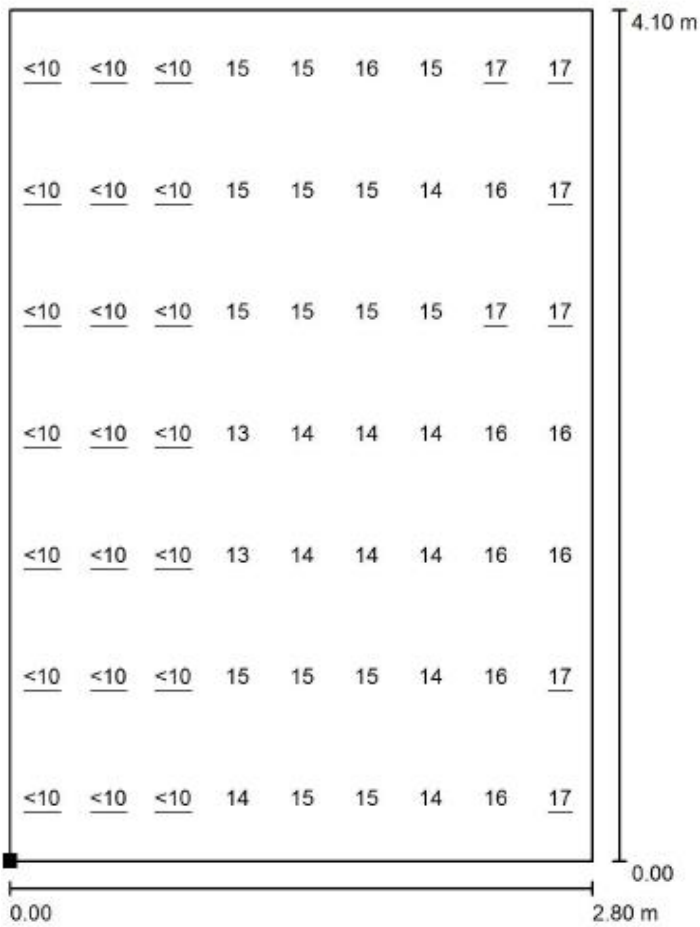


Κάναβος: 7 x 9 Σημεία

Min  
/

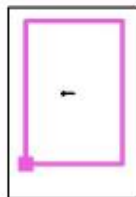
Max  
19

**Αίθουσα συνεδριάσεων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 180 μοίρες / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 33

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.500 m, 1.000 m, 1.200 m)

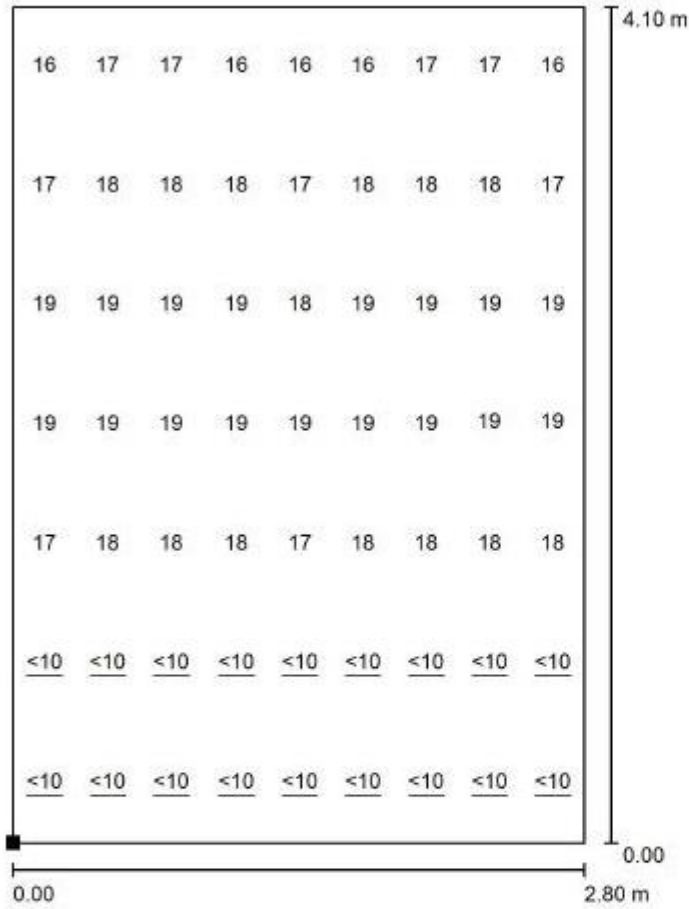


Κάναβος: 7 x 9 Σημεία

Min  
/

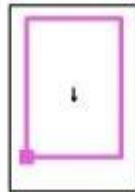
Max  
17

**Αίθουσα συνεδριάσεων / Επιφάνεια υπολογισμού UGR 270 μοίρες / Γραφική παράσταση τιμών (UGR)**



Κλίμακα 1 : 33

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.500 m, 1.000 m, 1.200 m)



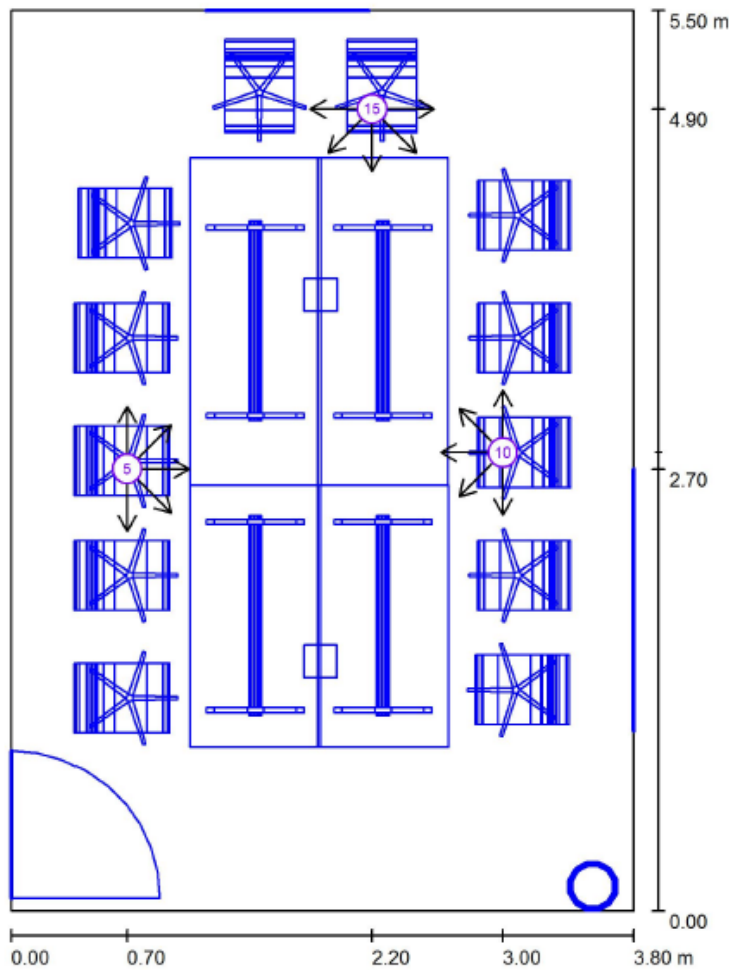
Κάνναβος: 7 x 9 Σημεία

Min  
/

Max  
19

Παρατηρούμε ότι τα επίπεδα της θάμβωσης μένουν μέσα στα επιτρεπτά όρια.

### Αίθουσα συνεδριάσεων / Παρατηρητής UGR (επισκόπηση αποτελεσμάτων)



Κλίμακα 1 : 38

#### Κατάλογος σημείων υπολογισμού UGR

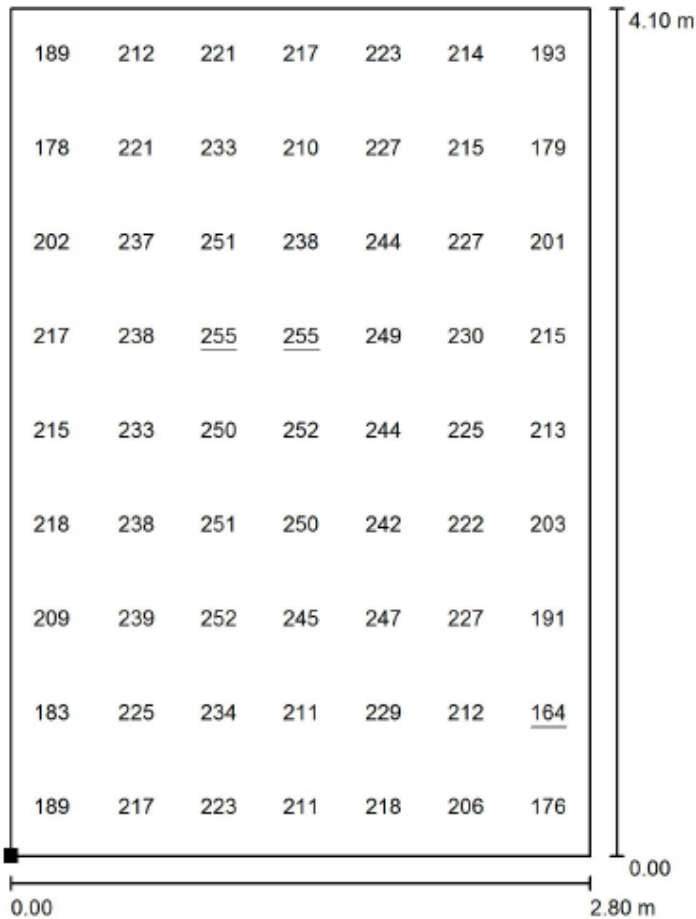
Αρ.	Ονομασία	Θέση [m]			Οπτική κατεύθυνση [°]	Τιμή
		X	Y	Z		
1	Σημείο υπολογισμού UGR 1 0	0.700	2.700	1.200	0.0	16
2	Σημείο υπολογισμού UGR 1 45	0.700	2.700	1.200	45.0	18
3	Σημείο υπολογισμού UGR 1 90	0.700	2.700	1.200	90.0	19
4	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -45	0.700	2.700	1.200	-45.0	18
5	Σημείο υπολογισμού UGR 1 -90	0.700	2.700	1.200	-90.0	18
6	Σημείο υπολογισμού UGR 2 180	3.000	2.800	1.200	180.0	16
7	Σημείο υπολογισμού UGR 2 135	3.000	2.800	1.200	135.0	18
8	Σημείο υπολογισμού UGR 2 90	3.000	2.800	1.200	90.0	19
9	Σημείο υπολογισμού UGR 2 -135	3.000	2.800	1.200	-135.0	18
10	Σημείο υπολογισμού UGR 2 -90	3.000	2.800	1.200	-90.0	19
11	Σημείο υπολογισμού UGR 3 0	2.200	4.900	1.200	0.0	14
12	Σημείο υπολογισμού UGR 3 -45	2.200	4.900	1.200	-45.0	17
13	Σημείο υπολογισμού UGR 3 -90	2.200	4.900	1.200	-90.0	17
14	Σημείο υπολογισμού UGR 3 -135	2.200	4.900	1.200	-135.0	17
15	Σημείο υπολογισμού UGR 3 -180	2.200	4.900	1.200	-180.0	16

Όσον αφορά τη θάμβωση στην αίθουσα συνεδριάσεων, παρατηρούμε ότι κυμαίνεται μέσα στα αποδεκτά επίπεδα θάμβωσης για αυτού του είδους χώρο, μένοντας κάτω από το 19.



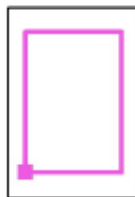
4.2.3.4 Κυλινδρικός φωτισμός και λόγος μοντελοποίησης

**Αίθουσα συνεδριάσεων / Κυλινδρικός φωτισμός αίθουσας συνεδριάσεων (1,2 m) / Γραφική παράσταση τιμών (E, κυλινδρικά)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 33

Θέση της επιφάνειας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.500 m, 0.750 m, 1.200 m)

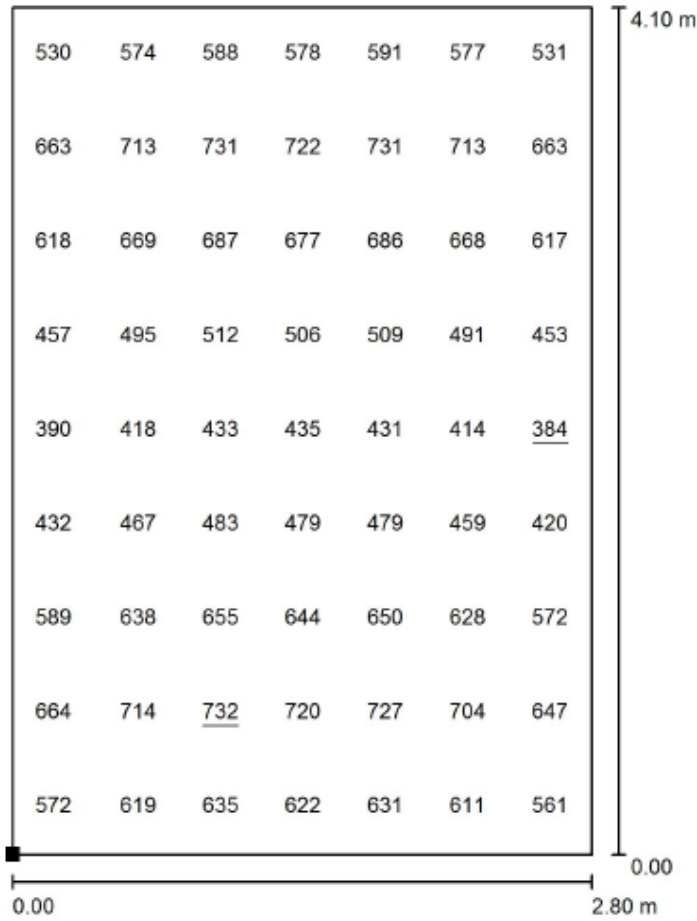


Κάναβος: 7 x 9 Σημεία

$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$	$E_{min} / E_{max}$
221	164	255	0.741	0.644

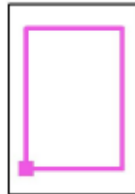
Ο κυλινδρικός φωτισμός της αίθουσας συνεδριάσεων στο ύψος 1,2 m είναι 221 lx, πάνω από το όριο των 150 lx που καταδεικνύει το πρότυπο, και με ομοιομορφία 0,741 άνω του 0,100 που απαιτείται.

**Αίθουσα συνεδριάσεων / Οριζόντιος φωτισμός αίθουσας συνεδριάσεων (1,2 m) / Γραφική παράσταση τιμών (E, οριζόντια)**



Τιμές σε Lux, Κλίμακα 1 : 33

Θέση της επιφανείας στον χώρο:  
Επιλεγμένο σημείο:  
(0.500 m, 0.750 m, 1.200 m)



Κάναβος: 7 x 9 Σημεία

$E_m$  [lx]  
581

$E_{min}$  [lx]  
384

$E_{max}$  [lx]  
732

$E_{min} / E_m$   
0.661

$E_{min} / E_{max}$   
0.525

Ο οριζόντιος φωτισμός της αίθουσας συνεδριάσεων είναι 581 lx. Ο λόγος της κυλινδρικής προς την οριζόντια ένταση φωτισμού, θα μας δώσει τον λόγο μοντελοποίησης του χώρου:

$$221 / 581 = \mathbf{0,380}$$

Η τιμή είναι μέσα στα όρια που ορίζει το πρότυπο (0,3 έως 0,6).

#### 4.2.4 Κόστος αρχικής εγκατάστασης

Τα δεδομένα για τον υπολογισμό του κόστους αρχικής εγκατάστασης με τα φωτιστικά τεχνολογίας LED είναι:

- Κόστος φωτιστικού PHILIPS RC120B 1xLED25S/830 W60L60: 125 Ευρώ + ΦΠΑ
- Κόστος φωτιστικού PHILIPS RC120B 1xLED27S/840 W60L60: 145 Ευρώ + ΦΠΑ
- Κόστος εργατοώρας ηλεκτρολόγου
- Κόστος εργατοώρας βοηθού ηλεκτρολόγου
- Προσαύξηση 20% για τυχόν απρόβλεπτους παράγοντες
- Κέρδος ηλεκτρολόγου/εταιρείας που έχει αναλάβει το έργο

Για να πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση, θα κάνουμε τις παρακάτω παραδοχές:

- Η καλωδίωση για την σύνδεση των φωτιστικών σωμάτων υπάρχει ήδη
- Το συνεργείο θα αποτελείται από ένα ηλεκτρολόγο και ένα βοηθό

Εκτιμάται ότι, για την εγκατάσταση και τον έλεγχο καλής λειτουργίας των δεκαοκτώ φωτιστικών σωμάτων στην ψευδοροφή του κτιρίου θα χρειαστούν δύο άτομα για δύο ημέρες. Μπορούμε να καταρτίσουμε τον παρακάτω πίνακα υπολογισμού του κόστους της αρχικής εγκατάστασης:

Είδος/Εργασία	Τιμή (ευρώ)
Φωτιστικά σώματα RC120B (18 τεμ.)	3063 (με ΦΠΑ)
Ημερομίσθιο ηλεκτρολόγου (2 η/μ)	280
Ημερομίσθιο βοηθού (2 η/μ)	180
Μερικό σύνολο	3523
Προσαύξηση 20%	705
Κέρδος 30%	1057
<b>Τελικό σύνολο</b>	<b>5285</b>

Η τελική τιμή του αρχικού κόστους εγκατάστασης των φωτιστικών σωμάτων ανέρχεται στα 5285 ευρώ. Σε σχέση με την εγκατάσταση λαμπτήρων φθορισμού, τα φωτιστικά LED είναι κατά 55% ακριβότερα, όσον αφορά το αρχικό κόστος εγκατάστασης.

#### 4.2.5 Σχέδιο και κόστος συντήρησης και λειτουργίας

Τα φωτιστικά και ενεργειακά χαρακτηριστικά των φωτιστικών, ισχύουν, μόνο εάν ακολουθηθεί το παρακάτω σχέδιο συντήρησης, το οποίο είναι εναρμονισμένο με το πρότυπο EN 12464-1/ 2011.

#### Γραφείο / Σχέδιο συντήρησης

Η τακτική συντήρηση είναι απαραίτητη για ένα αποδοτικό φωτιστικό σύστημα. Μόνο με αυτόν τον τρόπο μπορεί να περιοριστεί η μείωση της διαθέσιμης ποσότητας φωτός του συστήματος, η οποία οφείλεται στη γήρανση. Οι ελάχιστες τιμές της φωτεινότητας που καθορίζονται στο ευρωπαϊκό πρότυπο EN 12464 είναι τιμές συντήρησης, δηλαδή βασίζονται σε μια τιμή καινούργιων λαμπτήρων (κατά την τοποθέτηση) συν μια καθορισμένη τιμή συντήρησης. Το ίδιο ισχύει επίσης για τις τιμές που υπολογίζονται με το DIALux. Αυτές μπορούν να επιτευχθούν μόνο εφόσον τηρείται με συνέπεια το αντίστοιχο πρόγραμμα συντήρησης.

##### Γενικές πληροφορίες χώρου

Συνθήκες περιβάλλοντος του χώρου:

Διάστημα συντήρησης του χώρου:

Καθαρά

Όλα 3.0 τα έτη.

##### Διάταξη πεδίων / PHILIPS RC120B 1xLED27S/840 W60L60 VAR-PC

Επίδραση των επιφανειών χώρου λόγω ανάκλασης:

Είδος φωτισμού:

Διάστημα συντήρησης των φωτιστικών:

Τύπος φωτιστικού:

Διάρκεια λειτουργίας ανά έτος (σε 1000 ώρες):

Διάστημα αντικατάστασης λαμπτήρων:

Τύπος λαμπτήρα:

Άμεση αντικατάσταση καμένων λαμπτήρων:

Συντελεστής συντήρησης επιφανειών χώρου:

Συντελεστής συντήρησης φωτιστικού:

Συντελεστής συντήρησης φωτεινής ροής λαμπτήρα:

Συντελεστής διάρκειας λαμπτήρα:

Συντελεστής συντήρησης:

Μικρό ( $k \leq 1.6$ )

Άμεσα

Ετήσια

Κλεισμένο IP2X (κατά CIE)

2.58

Όλα 12.0 τα έτη.

Καθορισμένο από το χρήστη

Ναι

0.94

0.88

0.93 (Καθορισμένο από το χρήστη)

1.00

0.77

Κατά τη συντήρηση των φωτιστικών και των λαμπτήρων προσέχετε τις σχετικές οδηγίες του εκάστοτε κατασκευαστή.

Λαμβάνοντας υπ'όψιν τα συμπεράσματα για την ηλιοφάνεια και τις ώρες λειτουργίας των φωτιστικών στο υποκεφάλαιο 4.1.5, μπορούμε να υπολογίσουμε τον αριθμό των κιλοβατώραν που καταναλώνονται στην εγκατάσταση ανά έτος.

Η εγκατεστημένη ισχύς των φωτιστικών LED είναι συνολικά 516 W.

Πολλαπλασιάζοντάς την με τον αριθμό των ωρών λειτουργίας των φωτιστικών, έχουμε:  
 $(2496 \cdot 516) / 1000 = 1287 \text{ kWh}$

Όπως είδαμε και στη μελέτη με τα φωτιστικά φθορισμού, θα εξεταστεί και εδώ το ειδικό φορτίο σύνδεσης για κάθε χώρο και θα παρουσιαστεί στον συγκεντρωτικό πίνακα αποτελεσμάτων. Θα παρατεθούν τιμές εκφρασμένες σε  $W/m^2$  και σε  $W/m^2/100lx$ , για να μπορούν να συγκριθούν πιο εύκολα. Για την εξαγωγή αυτών των τιμών, συνυπολογίζονται τα lumens/Watt των λαμπτήρων, ο βαθμός απόδοσης και η εγκατεστημένη ισχύς του φωτιστικού.

Το κόστος λειτουργίας μόνο για τον φωτισμό με λαμπτήρες φθορισμού για ένα χρόνο, εάν θεωρήσουμε μια τιμή κιλοβατώρας στα 0,1558 ευρώ συμπεριλαμβανομένου των χρεώσεων κοινής ωφέλειας και φόρου προστιθέμενης αξίας (εμπορικό τιμολόγιο ΔΕΗ Γ21) θα είναι:  $1287 * 0,1558 = 200$  € περίπου.

Ο χρόνος ζωής που δίνει η κατασκευάστρια εταιρεία για αυτά τα φωτιστικά είναι 30.000 ώρες, το διπλάσιο από ότι οι κλασσικοί λαμπτήρες φθορισμού. Οι πιθανότητες βλάβης του ενσωματωμένου τροφοδοτικού είναι 1,5% στις 5000 ώρες.

Συγκριτικά με την εγκατάσταση με τα φωτιστικά φθορισμού, χρησιμοποιώντας τα φωτιστικά LED, μπορεί να επιτευχθεί μια μείωση του λειτουργικού κόστους κατά περίπου 52% το χρόνο. Το ποσοστό αυτό ανεβαίνει εάν συνυπολογισθεί η ουσιαστικά μηδενική συντήρηση των φωτιστικών LED σε σχέση με αυτά του φθορισμού, καθώς και ο διπλάσιος χρόνος ζωής τους.

Για την εύκολη μελέτη των αποτελεσμάτων, παρουσιάζεται ο συγκεντρωτικός πίνακας των μετρήσεων για την εγκατάσταση με τα φωτιστικά LED. Στην αριστερή στήλη βλέπουμε τα σημαντικά μεγέθη για κάθε χώρο, ενώ δίπλα σε κάθε αποτέλεσμα, μέσα στην παρένθεση αναφέρονται οι προτεινόμενες τιμές κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο φωτισμού εσωτερικών εγκαταστάσεων.

Πίνακας 4.5 Συνοπτικός πίνακας αποτελεσμάτων - φωτιστικά LED

		Γραφείο	Γραφείο σχ. προϊόντων	Αίθουσα συνεδριάσεων
<b>Em (ζώνη εργασίας) (lx)</b>		525 (500)	787 (750)	534 (500)
<b>Em (περιβάλλουσα) (lx)</b>		468 (300)	682 (500)	472 (300)
<b>Emin/ Em</b>		0,844 (0,6)	0,799 (0,7)	0,874 (0,6)
<b>UGR</b>	<b>0°</b>	18 (19)	16 (16)	17 (19)
	<b>90°</b>	17 (19)	16 (16)	19 (19)
	<b>180°</b>	18 (19)	16 (16)	17 (19)
	<b>270°</b>	16 (19)	16 (16)	19 (19)
<b>Λόγος μοντελοποίησης</b>	<b>1,2 m</b>	0,335 (0,3-0,6)	0,382 (0,3-0,6)	0,380 (0,3-0,6)
	<b>1,6 m</b>		0,437 (0,3-0,6)	
<b>Lm/W λαμπτήρων</b>		<b>Led 25S: 80.64, Led 27S: 98.18</b>		
<b>Βαθμός απόδοσης φωτιστικού</b>		1.00		
<b>Ειδικό φορτίο σύνδεσης (W/m<sup>2</sup>)/ (W/m<sup>2</sup>/100lx)</b>	<b>Γραφείο</b>	7.06 /1.58		
	<b>Γρ. Σχεδ.</b>	10.16/ 1.54		
	<b>Αιθ. Συν.</b>	8.9/ 2.06		
<b>Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W)</b>		516		
<b>Ενέργεια/ χρόνο (kWh)</b>		1287		
<b>Ενδεικτικό κόστος ενέργειας (€)</b>		200		
<b>Ενδεικτικό αρχικό κόστος εγκατάστασης (€)</b>		5285		
<b>Συντελεστής συντήρησης</b>		0,77		
<b>Διάρκεια ζωής λαμπτήρων (έτη)</b>		12		

Σημείωση: Μέσα στις παρενθέσεις αναφέρονται οι προτεινόμενες τιμές κατά το ευρωπαϊκό πρότυπο φωτισμού εσωτερικών χώρων.

Παρατηρούμε ότι οι φωτιστικές προδιαγραφές εσωτερικών χώρων του ευρωπαϊκού προτύπου ικανοποιούνται πλήρως για όλους τους χώρους, κάτι που δεν γινόταν με την υπάρχουσα εγκατάσταση με φωτιστικά φθορισμού.

Όσον αφορά τη σύγκριση των ενεργειακών χαρακτηριστικών, μπορούμε να συντάξουμε τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4.6 Σύγκριση αποτελεσμάτων φθορισμού - Led

		<b>Φωτιστικά φθορισμού</b>	<b>Φωτιστικά LED</b>
<b>Εγκατεστημένη ισχύς φωτισμού (W)</b>		1070	516
<b>Ενέργεια/ χρόνο (kWh)</b>		2670	1287
<b>Ενδεικτικό κόστος ενέργειας (€)</b>		416	200
<b>Lm/W λαμπτήρων</b>		70.63	<b>25S: 80.64, 27S: 98.18</b>
<b>Βαθμός απόδοσης φωτιστικού</b>		0.69	1.00
<b>Ενδεικτικό αρχικό κόστος εγκατάστασης (€)</b>		3485	5285
<b>Συντελεστής συντήρησης</b>		0,68	0,77
<b>Διάρκεια ζωής λαμπτήρων (έτη)</b>		6	12
<b>Ειδικό φορτίο σύνδεσης (W/m<sup>2</sup>) / (W/m<sup>2</sup>/100lx)</b>	<b>Γραφείο</b>	17.84/ 3,43	7.06/1.58
	<b>Γραφείο Σχ. Προϊόντων</b>	12.83/ 3,15	10.16/ 1.54
	<b>Αίθ. Συνεδριάσεων</b>	19.95/ 3,43	8.9/ 2.06

Παρατηρούμε ότι χρησιμοποιώντας φωτιστικά τεχνολογίας led, επιτυγχάνουμε εξοικονόμηση στην κατανάλωση ενέργειας που ξεπερνά το 50%, σε σχέση με αυτή των κλασικών φωτιστικών φθορισμού. Σε αυτό συμβάλλει όχι μόνο η μικρότερη ισχύς των φωτιστικών led, αλλά η προσεκτική επιλογή τους, ώστε να ικανοποιούν τις απαιτήσεις του ευρωπαϊκού προτύπου φωτισμού εσωτερικών χώρων χωρίς να έχουμε υπερδιαστασιοποιημένες εγκαταστάσεις και η σωστή συντήρησή τους ώστε κάθε δεδομένη στιγμή να έχουμε το μέγιστο της φωτεινής ροής του φωτιστικού.

Παρατηρούμε επίσης, ότι τα lm/W των λαμπτήρων led είναι αρκετά υψηλότερα από αυτά των λαμπτήρων φωτισμού, κάτι το οποίο οφείλεται στην μειωμένη ισχύ των πρώτων. Αξιοπρόσεκτο είναι το γεγονός ότι ο βαθμός απόδοσης του φωτιστικού φθορισμού είναι 0,69, λόγω του ότι μεγάλο μέρος από τη φωτεινή ροή των λαμπτήρων δεν είναι άμεση αλλά ανακλάται στο φωτιστικό και τους ανακλαστήρες του, έχοντας ως αποτέλεσμα κάποιο μέρος της φωτεινής ροής των λαμπτήρων να χάνεται, ενώ το αντίστοιχο φωτιστικό led, έχει βαθμό απόδοσης 1, εκμεταλλευόμενο όλη τη φωτεινή ροή των λαμπτήρων led.

Λόγω των παραπάνω, παρατηρούμε μια μεγάλη μείωση στο ειδικό φορτίο σύνδεσης για κάθε χώρο, η οποία κυμαίνεται από 25% έως και 60%

Μπορούμε με ασφάλεια να πούμε ότι η κατανάλωση ενέργειας σε μια φωτιστική εγκατάσταση μπορεί να μειωθεί άμεσα, επιλέγοντας φωτιστικά μικρότερης ισχύος, εκμεταλλευόμενοι το ηλιακό φως αλλά και δημιουργώντας σενάρια ελέγχου του φωτισμού, αλλά και έμμεσα, ακολουθώντας τις φωτιστικές προδιαγραφές του ευρωπαϊκού προτύπου φωτισμού εσωτερικών χώρων EN 12464-1.

#### **4.2.6 Συμπεράσματα για τη μελέτη με φωτιστικά LED**

Για την μελέτη με τα φωτιστικά led, ακολουθήθηκαν οι προδιαγραφές που θέτει το Ευρωπαϊκό Πρότυπο φωτισμού εσωτερικών χώρων. Αναλύοντας τα αποτελέσματα της μελέτης, μπορούμε να εξάγουμε τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Η απαιτούμενη ένταση φωτισμού σε χώρους γραφείων, μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας φωτιστικά led.
- Τα φωτιστικά led, έχουν εξελιχθεί τεχνολογικά, ώστε να καλύπτουν τις προδιαγραφές θάμβωσης, ομοιομορφίας και χρωματικής απόδοσης, όπως οι κλασικές λύσεις φωτισμού.
- Με μια λύση φωτισμού νέας τεχνολογίας, μπορεί να επιτευχθεί σωστή εφαρμογή των προδιαγραφών, καθώς και εξοικονόμηση ενέργειας που όπως είδαμε στην πράξη μπορεί να φτάσει και να υπερβεί το 50%, των λειτουργικών δαπανών ενός συγκροτήματος γραφείων όσον αφορά το φωτισμό.
- Μειωμένο κόστος συντήρησης φωτιστικών led σε σχέση με τα φωτιστικά φθορισμού, λόγω του μειωμένου συντελεστή συντήρησης.
- Πολύ μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των λαμπτήρων led σε σχέση με τους αντίστοιχους φθορισμού (διπλάσια σε αυτή τη μελέτη)
- Γρήγορη απόσβεση του αρχικού κόστους εγκατάστασης των λαμπτήρων led, λόγω της μειωμένης κατανάλωσης ενέργειας και κόστους συντήρησης.
- Υπάρχει ικανός όγκος και ποικιλία στην αγορά όσον αφορά φωτιστικά που χρησιμοποιούν την τεχνολογία led, ώστε μπορεί να βρεθεί λύση για νέες αλλά και για ήδη υπάρχουσες εγκαταστάσεις, η οποία δεν θα απαιτεί μεγάλο κόστος εργασίας για να εγκατασταθεί.



## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] Α. Τζιαμπάζης, Β. Τζιαμπάζη, “Τεχνολογία υλικών & εξαρτημάτων”, Β' έκδοση, Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα 1993.
- [2] Κ. Α. Καρύμπακα, “Γενική ηλεκτρονική”, Θεσσαλονίκη 2001.
- [3] Κ.Ε. Σαββάκης, “Τεχνολογία Υλικών, Υλικά τεχνολογικών εφαρμογών”, Γ' έκδοση, Εκδόσεις ΙΩΝ, 2002.
- [4] Α.Ι. Τσακίρη, “Φωτοτεχνία”, Αθήνα 2004
- [5] Γ. Ιωαννίδης, “Θάμβωση εσωτερικών χώρων”, Εργαστήριο Φωτοτεχνίας ΤΕΙ Πειραιά, Αθήνα 2011
- [6] EN 12464-1:2011: Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places
- [7] ISO 8995-1 (CIE S 008), Lighting of work places - Part 1: Indoor
- [8] CIE 117-1995, Discomfort Glare in Interior Lighting
- [9] CIE 97:2005, Guide on the maintenance of indoor electric lighting systems, 2nd Edition
- [10] EN 15193-1: Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting
- [11] “Evaluating Light Output”, Technical Brief, Using Delivered Light to Specify and Compare LED Lighting Fixtures, Philips Color Kinetics
- [12] Philips Incandescent Lamp Data Sheet, Philips, 2009
- [13] Τ.Ο.Τ.Ε.Ε.: Κλιματικά δεδομένα ελληνικών περιοχών, Α' έκδοση, Ιούνιος 2010
- [14] Δ.Ε.Η. Α.Ε., Τιμοκατάλογος ανταγωνιστικών & ρυθμιζόμενων χρεώσεων, Χαμηλή τάση, 01/01/2013
- [15] [www.ledka.eu/Hlavni\\_strana/LED\\_technologia.html](http://www.ledka.eu/Hlavni_strana/LED_technologia.html), 12/2013
- [16] [www.rocketproduction.com/wirefree-leds-sizeleds-4M.php](http://www.rocketproduction.com/wirefree-leds-sizeleds-4M.php), 12/2013
- [17] [www.rapidonline.com/electronic-components/5mm-led-indicator-24v-chrome81590/](http://www.rapidonline.com/electronic-components/5mm-led-indicator-24v-chrome81590/), 12/2013
- [18] [www.rabtron.co.za/high\\_power\\_leds](http://www.rabtron.co.za/high_power_leds), 12/2013

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

### 1 Πίνακας φωτιστικών χαρακτηριστικών εσωτερικών χώρων γραφείων, κατά Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 12464-1 2011

Περιοχή ή τύπος εργασίας	Μέση ένταση φωτισμού (lx)	Όριο θάμβωσης	Ομοιομορφία	Χρώμα
Αρχειοθέτηση, αντιγραφή κλπ.	300	19	0,40	80
Διάβασμα, δακτυλογράφηση, γραφή, επεξεργασία δεδομένων	500	19	0,60	80
Τεχνικός σχεδιασμός	750	16	0,70	80
Σταθμοί εργασίας CAD	500	19	0,60	80
Αίθουσες συναντήσεων	500	19	0,60	80
Χώροι υποδοχής	300	22	0,60	80
Χώροι αρχείου	200	25	0,40	80

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

### 1 Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού με λαμπτήρες φθορισμού (Philips Impala TBS160)



## Impala TBS160

TBS160 4xTL-D18W HFS C6-1000 PI

TBS160 - 4 pcs - MASTER TL-D - 18 W - HF Standard - High-gloss optic double parabolic, limit 1000 cd

Impala TBS160 is a functional recessed luminaire for 2, 3 or 4 TL-D fluorescent lamps. It offers a wide range of optics as well as a prismatic plate. The optics/plate are fitted to the housing by means of a clip for easy installation and maintenance. An external connection system enables the mains connection to be made without opening the luminaire. The luminaire fits in visible profile ceilings as standard and, using accessories, in concealed and plaster ceilings.

#### Product data

##### • General information

Product family code	TBS160 [TBS160]
Number of light sources	4 [4 pcs]
Lamp family code	TL-D [MASTER TL-D]
Lamp power	18 W [18 W]
Light source color	No [-]
Kombipack	No [-]
Compensation circuit	No [-]
Gear	HFS [HF Standard]
Optic type	C6-1000cd [High-gloss optic double parabolic, limit 1000 cd]
Optical element	No [-]
Optical cover/lens type	No [-]
Emergency lighting	No [-]
Embedded control	No [-]
Separate switching	No [-]
Electrical circuit protection	No [-]
Connection	PI [Push-in connector 3-pole]
Cable	No [-]
Protection class IEC	CL1 [Safety class I]
Ingress protection code	IP20 [Finger-protected]
Mech. impact protection code	IK07 [2 ] reinforced]
Ready-to-install	No [-]
Glow-wire test	960/5 [Temperature 960 °C, duration 5 s]

Flammability mark	F [For mounting on normally flammable surfaces]
Safety device	No [-]
Country version	No [-]
CE mark	CE [CE mark]
ENEC mark	ENEC [ENEC mark]

##### • Electrical

Input voltage	220-240 V [220 to 240 V]
---------------	--------------------------

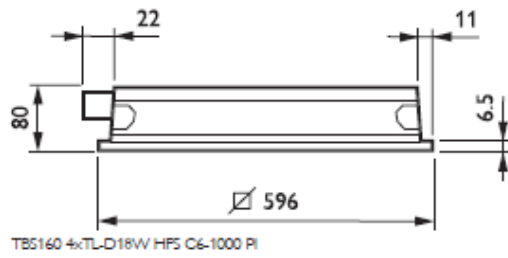
##### • Product Data

Order code	910503338218
Full product code	910503338218
Full product name	TBS160 4xTL-D18W HFS C6-1000 PI
Order product name	TBS160 4xTL-D18W HFS C6-1000 PI
Pieces per pack	0
Packs per outerbox	1
Bar code on outerbox - EAN3	8727900574593
Logistic code(s) - 12NC	910503338218
Net weight per piece	2.740 kg



## Impala TBS160

### Dimensional drawing



© 2014 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips)  
All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) or their respective owners.

[www.philips.com/lighting](http://www.philips.com/lighting)

2014, April 10  
data subject to change

## 2 Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού LED (Philips RC 120B LED25S)



### CoreLine Recessed

RC120B LED25S/830 PSU W60L60

RC120B - LED Module, system flux 2500 lm - Power supply unit

Whether for a new building or renovation of an existing space, customers want lighting solutions that provide quality of light and substantial energy and maintenance savings. The new CoreLine Recessed range of LED products can be used to replace functional luminaires in general lighting applications. The process of selecting, installing and maintaining is so easy – it's a simple switch.

#### Product data

##### • General information

Product family code	RC120B [RC120B]
Number of light sources	2 [2 pcs]
Lamp family code	LED25S [LED Module, system flux 2500 lm]
Light source color	830 [830 warm white]
Light source replaceable	false [No]
Driver/power unit/transformer	PSU [Power supply unit]
Driver included	true [Yes]
Optical cover/lens type	PC-LIN-SAT [Polycarbonate linear satinized]
Emergency lighting	No [-]
Dimmable	No [No]
Connection	PIP [Push-in connector and pull relief]
Cable	No [-]
Protection class IEC	CL1 [Safety class I]
Ingress protection code	IP20 [Finger-protected]
Mech. impact protection code	IK02 [0.2 J standard]
Color	WH [White]
Glow-wire test	850/30 [Temperature 850 °C, duration 30 s]
Flammability mark	F [For mounting on normally flammable surfaces]
Safety device	SC [Safety cable]
CE mark	CE [CE mark]
ENEC mark	ENEC [ENEC mark]

##### • Electrical

Input voltage	220-240 V [220 to 240 V]
Input frequency	50-60 Hz [50 to 60 Hz]

##### • Mechanical

Geometry	W60L60 [Width 0.60 m, length 0.60 m]
Housing material	STL [Steel]
Reflector material	STL [Steel]
Optical cover/lens material	PC [Polycarbonate]

##### • Initial perform. (IEC compliant)

Initial input power	31 W [31 W]
Initial luminous flux	2500 Lm
Initial LED luminaire efficacy	81 Lm/W
Init. Corr. Color Temperature	3000 [3000 K]
Init. Color Rendering Index	≥80 [≥80]
Initial chromaticity	(0.38, 0.38) SDCM <3.5

##### • Over time perform. (IEC compliant)

Median useful life L90B50	15000 hr
Median useful life L80B50	30000 hr
Driver failure rate at 5000 h	1.5 %

##### • Application conditions

Average ambient temperature	T25 [+25 °C]
Ambient temperature range	+10 to +40°C [+10 to +40 °C]



**PHILIPS**

## CoreLine Recessed

Maximum dim level - [Not applicable]  
Suitable for random switching Yes [Yes (relates to presence/movement detection and daylight harvesting)]

### • Product Data

Order code 910501988603  
Full product code 910501988603  
Full product name RC120B LED25S/830 PSU W60L60  
Order product name RC120B LED25S/830 PSU W60L60

Pieces per pack 0  
Packs per outerbox 1  
Bar code on outerbox - EAN3 8718291268116  
Logistic code(s) - 12NC 910501988603  
Net weight per piece 2.900 kg



### Dimensional drawing



RC120B LED25S/830 PSU W60L60



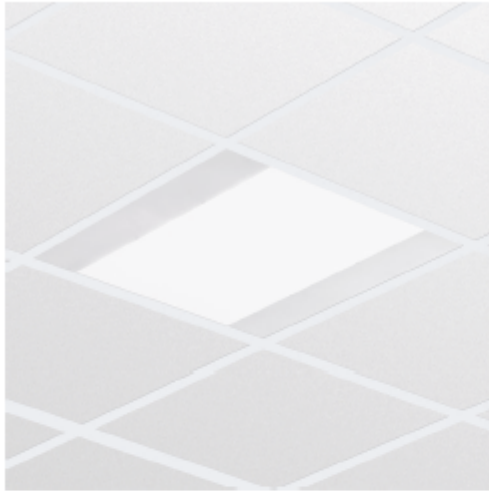
© 2014 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips)  
All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) or their respective owners.

[www.philips.com/lighting](http://www.philips.com/lighting)

2014, April 11  
data subject to change

### 3 Τεχνικά χαρακτηριστικά φωτιστικού LED (Philips RC 120B LED27S)



## CoreLine Recessed

RC120B LED27S/840 PSD W60L60 VAR-PC

RC120B - LED Module, system flux 2400 lm - Power supply unit with DALI interface

Whether for a new building or renovation of an existing space, customers want lighting solutions that provide quality of light and substantial energy and maintenance savings. The new CoreLine Recessed range of LED products can be used to replace functional luminaires in general lighting applications. The process of selecting, installing and maintaining is so easy – it's a simple switch.

#### Product data

##### • General information

Product family code	RC120B [RC120B]
Number of light sources	2 [2 pcs]
Lamp family code	LED24S [LED Module, system flux 2400 lm]
Light source color	840 [840 cool white]
Light source replaceable	false [No]
Driver/power unit/transformer	PSD [Power supply unit with DALI interface]
Driver included	true [Yes]
Optical cover/lens type	VAR-PC [Variable linear-lens array in polycarbonate cover]
Emergency lighting	No [-]
Dimmable	Yes [Yes]
Connection	PIP [Push-in connector and pull relief]
Cable	No [-]
Protection class IEC	CL1 [Safety class I]
Ingress protection code	IP20 [Finger-protected]
Mech. impact protection code	IK02 [0.2] standard]
Color	WH [White]
Glow-wire test	850/30 [Temperature 850 °C, duration 30 s]
Flammability mark	F [For mounting on normally flammable surfaces]
Safety device	SC [Safety cable]
CE mark	CE [CE mark]
ENEC mark	ENEC [ENEC mark]

##### • Electrical

Input voltage	220-240 V [220 to 240 V]
Input frequency	50-60 Hz [50 to 60 Hz]

##### • Mechanical

Geometry	W60L60 [Width 0.60 m, length 0.60 m]
Housing material	STL [Steel]
Reflector material	STL [Steel]
Optical cover/lens material	PC [Polycarbonate]

##### • Initial perform. (IEC compliant)

Initial input power	27.5 W [27.5 W]
Initial luminous flux	2700 Lm
Initial LED luminaire efficacy	98 Lm/W
Init. Corr. Color Temperature	4000 [4000 K]
Init. Color Rendering Index	≥80 [≥80]
Initial chromaticity	(0.38, 0.38) SDCM <3.5

##### • Over time perform. (IEC compliant)

Median useful life L90B50	15000 hr
Median useful life L80B50	30000 hr
Driver failure rate at 5000 h	1.5 %

##### • Application conditions

Average ambient temperature	T25 [+25 °C]
Ambient temperature range	+10 to +40 °C [+10 to +40 °C]



**PHILIPS**

## CoreLine Recessed

Maximum dim level 1% [1%]  
Suitable for random switching Yes [Yes (relates to presence/movement detection and daylight harvesting)]

### • Product Data

Order code 910501996203  
Full product code 910501996203  
Full product name RC120B LED27S/840 PSD W60L60 VAR-PC  
Order product name RC120B LED27S/840 PSD W60L60 VAR-PC

Pieces per pack 0  
Packs per outerbox 1  
Bar code on outerbox - EAN3 8718291266495  
Logistic code(s) - 12NC 910501996203  
Net weight per piece 2.900 kg



### Dimensional drawing



© 2014 Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips)  
All rights reserved.

Specifications are subject to change without notice. Trademarks are the property of Koninklijke Philips N.V. (Royal Philips) or their respective owners.

[www.philips.com/lighting](http://www.philips.com/lighting)

2014, April 11  
data subject to change



**Πειραιάς**

**Μάιος - 2014**