



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ



ΚΑΡΑΜΙΔΑ ΟΛΓΑ, ΑΜ: 6916

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΧΑΡΑΛΑΜΠΙΑΚΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2023

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

Πάτρα, Ημερομηνία

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή

2. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή

3. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτήτριας

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη εργασία.

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας ----- που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιείται η μελέτη φωτισμού σε ένα χώρο γραφείων. Στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια ιστορική αναδρομή στους χώρους γραφείων περασμένων δεκαετιών, σε σχέση με τις απαιτήσεις φωτισμού τους. Οι αρχές σχεδιασμού του φωτισμού και τα κατάλληλα φωτιστικά γραφείου αναλύονται στα επόμενα κεφάλαια –δεύτερο και τρίτο- και στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες που αφορούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του φωτισμού σε έναν χώρο. Τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η φωτοτεχνική μελέτη του χώρου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	II
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	III
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	IV
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	V
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ^[1]	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΕ ΧΩΡΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ^[2]	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΓΡΑΦΕΙΟΥ^[3]	7
3.1 Φωτισμός γραφείου με λαμπτήρες πυρακτώσεως.....	7
3.2 Φωτιστικά γραφείου φθορισμού	8
3.3 Φωτισμός γραφείου LED.....	8
3.3.1 Φωτιστικά LED οροφήςτύπου πάνελ	9
3.3.2 Κρεμαστά φώτα γραφείου.....	9
3.3.3 Χωνευτά Φωτιστικά.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΔΕΙΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΧΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ^{[4][5][6]}	11
4.1 Η θερμοκρασία χρώματος	11
4.1.1 Οδηγός θερμοκρασίας χρώματος.....	12
4.1.2 Η κλίμακα θερμοκρασίας χρώματος.....	12
4.1.3 Χαρακτηρισμοί θερμοκρασίας χρώματος και πραγματικότητα θερμοκρασίας	14
4.1.4 Διεθνής κώδικας θερμοκρασίας χρώματος	14
4.1.5 Η διαφορά μεταξύ των φώτων «Warm White» και «Cool White».....	15
4.1.6 Δείκτες CRI, CCT και Foot-Candle	17
4.1.7 Δείκτης απόδοσης χρωμάτων (CRI).....	17
4.1.8 Θερμοκρασία χρώματος – Δείκτης CCT.....	18
4.1.9 Foot candle.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – Η ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	22
5.1 Σχέδια του υπό μελέτη χώρου (Γραφεία ανάπτυξης λογισμικού)	22
5.2 Καθορισμός της χρήσης του χώρου και χρήση των ανάλογων κανονισμών - προτύπων	25
5.3 Επιλογή των τεχνικών φωτισμού.....	26
5.4 Φωτιστικά.....	26
5.4.1 Το φωτιστικό που επιλέχθηκε για το χώρο των γραφείων, το χώρο των συσκέψεων και το χώρο της γραμματείας	27
5.4.2 Το φωτιστικό για το γραφείο της διεύθυνσης και για το χώρο αναμονής	30
5.5 Υπολογισμός συντελεστή συντήρησης MF.....	32
5.6 Υλικά του χώρου και ανακλαστικότητες	34
5.7 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μελέτης	35
5.8 Κατόψεις όλων των χώρων με τα εγκατεστημένα φωτιστικά και καθορισμός κυκλωμάτων φωτισμού.....	36
5.8.1 Χώρος γραμματείας	36
5.8.2 Χώρος αναμονής	38
5.8.3 Χώρος διεύθυνσης	39
5.8.4 Χώρος συσκέψεων.....	41
5.8.5 Χώρος γραφείων.....	43
5.8.6 Συνολικό πλήθος των φωτιστικών σωμάτων ανά χώρο	45
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	46

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1-1 Χώρος γραφείων τη δεκαετία του 1970 (https://loc8commercial.com/blog/office-design-changed-years/)	1
Εικόνα 1-2 Χώρος γραφείων τη δεκαετία του 1990 (https://loc8commercial.com/blog/office-design-changed-years/)	2
Εικόνα 2-1 Ποιοτική σχεδίαση φωτισμού για γραφεία (https://www.ercoco.com/en/designing-with-light/mediaassetpool/case-studies/case-study-work-6424/)	3
Εικόνα 2-2 Συμβατικός σχεδιασμός φωτισμού για γραφεία (https://www.ercoco.com/en/designing-with-light/mediaassetpool/case-studies/case-study-work-6424/)	4
Εικόνα 2-3 Διάταξη φωτιστικών με ποιοτικό σχεδιασμό φωτισμού (https://www.ercoco.com/en/designing-with-light/mediaassetpool/case-studies/case-study-work-6424/)	5
Εικόνα 2-4 Διάταξη φωτιστικών με συμβατικό σχεδιασμό φωτισμού (https://www.ercoco.com/en/designing-with-light/mediaassetpool/case-studies/case-study-work-6424/)	5
Εικόνα 3-1 Φωτιστικά οροφής πάνελ (https://www.warehouse-lighting.com/blogs/lighting-application-suggestions/different-types-of-office-lighting)	9
Εικόνα 3-2 Κρεμαστά φωτιστικά(https://www.warehouse-lighting.com/blogs/lighting-application-suggestions/different-types-of-office-lighting)	10
Εικόνα 3-3 Χωνευτά φωτιστικά (https://www.warehouse-lighting.com/blogs/lighting-application-suggestions/different-types-of-office-lighting)	10
Εικόνα 4-1Μερικά γνωστά παραδείγματα για να εξηγήσουν τα τεχνικά θεμέλια της «θερμοκρασίας χρώματος». (https://reductionrevolution.com.au/blogs/how-to/colour-temperature)..	11
Εικόνα 4-2Θερμοκρασία χρώματος 2000K έναντι 3000K έναντι 4000K έναντι 5000K έναντι 6000K. (https://reductionrevolution.com.au/blogs/how-to/colour-temperature) ..	12
Εικόνα 4-3Διάγραμμα θερμοκρασίας χρώματος και παραδείγματα. (https://reductionrevolution.com.au/blogs/how-to/colour-temperature) ..	12
Εικόνα 4-4Ένα παράδειγμα κωδικού θερμοκρασίας χρώματος σε σωλήνα LED Fluro .(https://reductionrevolution.com.au/blogs/how-to/colour-temperature)	15

Εικόνα 4-5 Οι λαμπτήρες LED vintage είναι ιδανικοί για φωτισμό καφέ, εστιατορίου ή σαλονιού. Έχουν θερμοκρασία χρώματος από 2000K έως 2700K.(https://reductionrevolution.com.au/blogs/how-to/colour-temperature)	16
Εικόνα 4-6 Ένα πάνελ LED 4000K για αντικατάσταση εξαρτημάτων φθορισμού στα γραφεία.(https://reductionrevolution.com.au/blogs/how-to/colour-temperature)	17
Εικόνα 4-7 Η θερμοκρασία χρώματος στην κλίμακα Kelvin (https://www.stouchlighting.com/blog/led_light_cri_cct_foot-candle) ...	19
Εικόνα 5-1 Οι χώροι που μελετήθηκαν	22
Εικόνα 5-2 Κάτοψη του χώρου	23
Εικόνα 5-3 Κάτοψη του χώρου με τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν	24
Εικόνα 5-4 Το φωτιστικό οροφής Flex Blend SM340C 35S/940 PSD-T MLO ACL L150 WH	27
Εικόνα 5-5 Το χωνευτό φωτιστικό SlimBlend RC402B PSD W62L62 EL3 EM 1 x led42s/840	30
Εικόνα 5-6 Κάτοψη της γραμματείας με τα φωτιστικά	36
Εικόνα 5-7 Κάτοψη της γραμματείας με τα κυκλώματα φωτισμού	37
Εικόνα 5-8 κάτοψη του χώρου αναμονής	38
Εικόνα 5-9 κάτοψη του χώρου αναμονής με το κύκλωμα φωτισμού ..	38
Εικόνα 5-10 Κάτοψη του χώρου διεύθυνσης	39
Εικόνα 5-11 Κάτοψη του χώρου διεύθυνσης με τα κυκλώματα φωτισμού	40
Εικόνα 5-12 κάτοψη του χώρου συσκέψεων	41
Εικόνα 5-13 κάτοψη του χώρου συσκέψεων με τα κυκλώματα φωτισμού	42
Εικόνα 5-14 κάτοψη του χώρου γραφείων	43
Εικόνα 5-15 Κάτοψη του χώρου γραφείων με τα κυκλώματα φωτισμού	44

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 4-1 παραδείγματα θερμοκρασίας χρώματος	13
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ^[1]

Οι τεχνολογικές και κοινωνικές εξελίξεις στη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα καθόρισαν διαφορετικές μεθόδους εργασίας – και επομένως και την εμφάνιση των γραφείων. Οι απαιτήσεις που δημιουργούνται σε διαρρύθμιση χώρων, επίπλων και του φωτισμού στα γραφεία είναι εντελώς διαφορετικές από αυτές που υπήρχαν πριν από πενήντα χρόνια που λειτουργούσαν όλα κυρίως με χαρτί και όχι ψηφιακά. Ο ολοένα και πιο δυναμικός προγραμματισμός και η πολυπλοκότητα των ψηφιακών διαδικασιών απαιτεί πολύ συγκεντρωμένη εργασία. Το φως αποτελεί ουσιαστικό συστατικό για την παροχή συνθηκών παραγωγικότητας για τους εργαζόμενους και ευχάριστο περιβάλλον εργασίας.

Κατά τη δεκαετία του 1970 οι διαδικασίες και η επικοινωνία βασίζονταν σε έντυπα έγγραφα. Οι οπτικές εργασίες ήταν επικεντρωμένες σε οριζόντια επίπεδα. Η χρήση των λαμπτήρων φθορισμού έκανε εφικτά τα απαιτούμενα επίπεδα φωτισμού αλλά η ποιότητα του φωτισμού πέρασε σε δεύτερη μοίρα



*Εικόνα 1-1 Χώρος γραφείων τη δεκαετία του 1970
(<https://loc8commercial.com/blog/office-design-changed-years/>)*

Στη δεκαετία του 1990 η χρήση των υπολογιστών έφεραν επανάσταση στους ρυθμούς εργασίας και στην επικοινωνία των εργαζομένων. Υπήρχαν παντού ανακλαστικές οθόνες και προέκυψε έτσι η ανάγκη ελέγχου αυτών των ανακλάσεων. Ταυτόχρονα υπήρξε μια πρώτη ευαισθητοποίηση όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας και της διαχείρισης των φυσικών πόρων



*Εικόνα 1-2 Χώρος γραφείων τη δεκαετία του 1990
(<https://loc8commercial.com/blog/office-design-changed-years/>)*

Σήμερα υπάρχει μια διαφοροποιημένη οπτική. Η σύγχρονη εργασία γραφείου δεν προσδιορίζεται πλέον σε συγκεκριμένους χώρους λόγω της ψηφιακής δικτύωσης δεδομένων και επικοινωνίας. Υπάρχει η εργασία από το σπίτι (home office), τα μεμονωμένα γραφεία αλλά και ανοικτά γραφεία

Οι συνθήκες λοιπόν έχουν αλλάξει και η αξία του φωτισμού σε κάθε περίπτωση είναι αναγνωρισμένο πια ότι είναι αδιαμφισβήτητη και καθοριστικής σημασίας για την ποιότητα των εργασιακών περιβαλλόντων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΣΕ ΧΩΡΟ ΓΡΑΦΕΙΩΝ^[2]

Οι αυστηρές κανονιστικές προδιαγραφές και οι παραδοσιακές προσεγγίσεις σχεδιασμού με μόνο ομοιόμορφο γενικό φωτισμό και χωρίς ιεραρχίες αντίληψης οδηγούν σε μη ικανοποιητικές λύσεις φωτισμού στα γραφεία. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη συνεκτίμησης της συγκεκριμένης χρήσης της περιοχής και μια μονότονη συνολική εντύπωση. Σε αντίθεση με τις έννοιες του ποσοτικού φωτισμού, ο σχεδιασμός φωτισμού με προσανατολισμό στην αντίληψη στα γραφεία βασίζεται στη χωροθέτηση των δωματίων σύμφωνα με συγκεκριμένες ανάγκες.



*Εικόνα 2-1 Ποιοτική σχεδίαση φωτισμού για γραφεία
(<https://www.erco.com/en/designing-with-light/mediaassetpool/case-studies/case-study-work-6424/>)*

Ο ζωνικός φωτισμός (Εικόνα 2-1) αναλύει όπου χρειάζεται ο χρήστης το φως: Φωτιστικά με καλό έλεγχο αντανάκλασης, φωτίζουν τους σταθμούς εργασίας, επιτρέπουν καλή οπτική άνεση και επιτυγχάνουν καλό φωτισμό του προσώπου. Οι φωτισμένες κάθετες επιφάνειες εξασφαλίζουν φωτεινή χωρική εντύπωση και συνθήκες ισορροπημένης

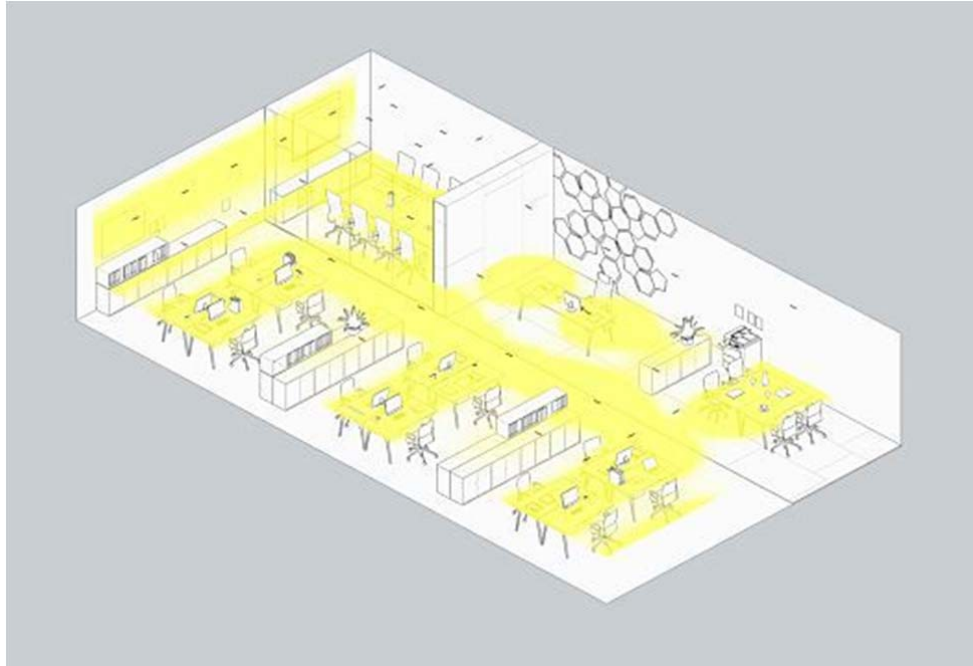
αντίθεσης για εργασία σε οθόνες. Ο φωτισμός της ζώνης κυκλοφορίας στον κεντρικό διάδρομο επιτρέπει ευχάριστο προσανατολισμό.



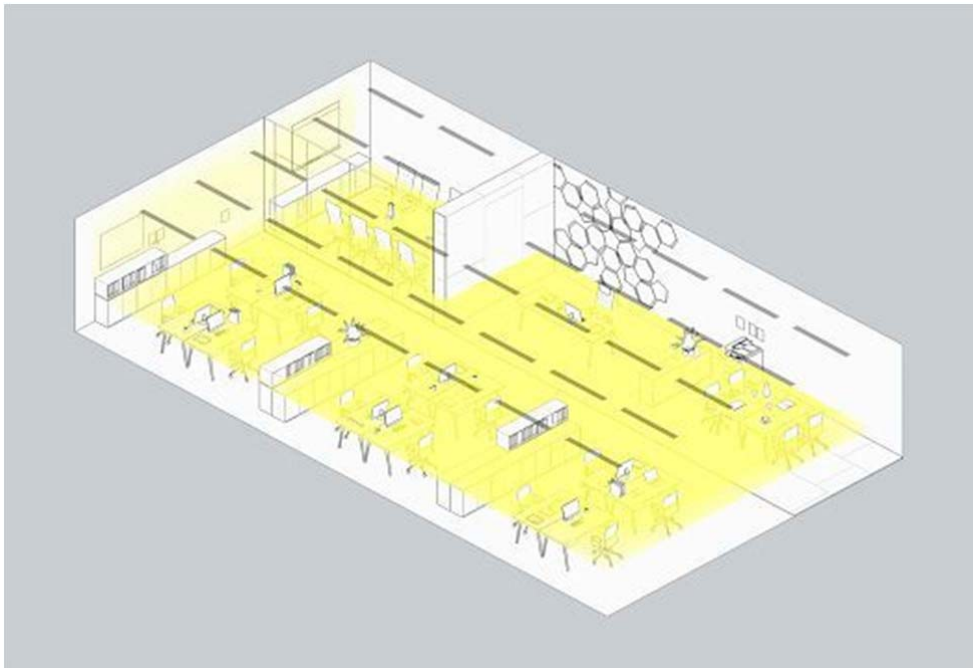
*Εικόνα 2-2 Συμβατικός σχεδιασμός φωτισμού για γραφεία
(<https://www.erco.com/en/designing-with-light/mediaassetpool/case-studies/case-study-work-6424/>)*

Σε αντίθεση με τον ζωνικό φωτισμό, μια τυποποιημένη λύση με κλασικά φώτα τύπου πάνελ (Εικόνα 2-2) δεν λαμβάνει υπόψη το οπτικό έργο του χρήστη. Επιπλέον, οι ενεργειακές απαιτήσεις αυξάνονται για επαρκή φωτισμό λόγω των γενικά υψηλών επιπέδων οριζόντιου φωτισμού. Δημιουργείται μια γενική αίσθηση του χώρου και γίνεται κουραστική για τους εργαζόμενους

Για ενεργειακά αποδοτικό, ζωνικό γενικό φωτισμό, οι θέσεις των φωτιστικών στα γραφεία θα πρέπει να είναι κανονισμένες (Εικόνα 2-3). Τα φωτιστικά τοποθετούνται στο μπροστινό μέρος του γραφείου για να δημιουργήσουν μια φωτεινή χωρική εντύπωση. Ενώ, η ζώνη του κεντρικού διαδρόμου διαθέτει γραμμικό γενικό φωτισμό

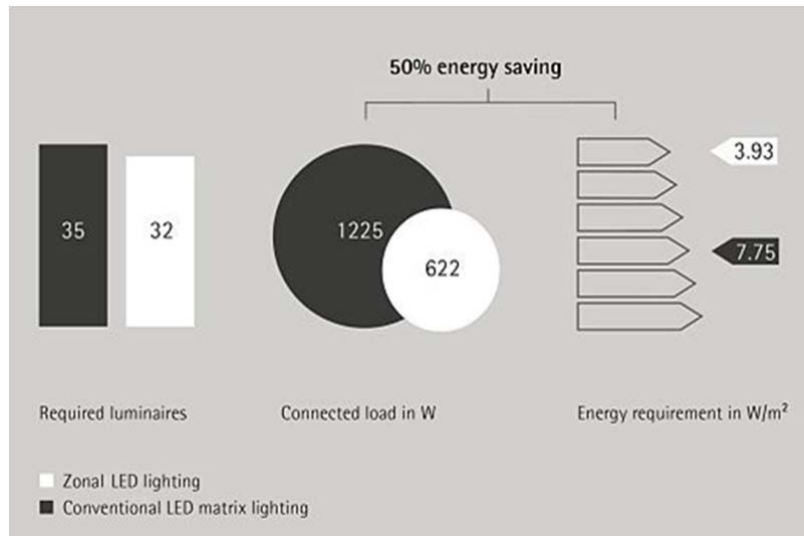


Εικόνα 2-3 Διάταξη φωτιστικών με ποιοτικό σχεδιασμό φωτισμού
(<https://www.ercos.com/en/designing-with-light/mediaassetpool/case-studies/case-study-work-6424/>)



Εικόνα 2-4 Διάταξη φωτιστικών με συμβατικό σχεδιασμό φωτισμού
(<https://www.ercos.com/en/designing-with-light/mediaassetpool/case-studies/case-study-work-6424/>)

Στον αντίποδα, η ευρεία κατανομή φωτός από συμβατικό τρόπο φωτισμού (Εικόνα 2-4) δημιουργεί μια επίπεδη εντύπωση στο δωμάτιο.



Διάγραμμα 2-1 Συγκριτικό διάγραμμα ενεργειακής αποδοτικότητας ζωνικού και συμβατικού φωτισμού (<https://www.erco.com/en/designing-with-light/mediaassetpool/case-studies/case-study-work-6424/>)

Η αποτελεσματικότητα του φωτισμού χαμηλής συντήρησης με LED μπορεί να αυξηθεί με τη σχεδίαση ζωνικού φωτισμού. Οι ενεργειακές απαιτήσεις μπορούν επίσης να μειωθούν με έννοιες φωτισμού προσανατολισμένες στην αντίληψη. Ταυτόχρονα, δημιουργείται βελτιωμένη οπτική άνεση και πιο ελκυστική χωρική εντύπωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΤΥΠΟΙ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΓΡΑΦΕΙΟΥ^[3]

Ο φωτισμός του γραφείου είναι κάτι περισσότερο από το να βλέπεις τα χαρτιά στο γραφείο σου — μπορεί να είναι ο βασικός παράγοντας για τη δημιουργία ενός νωθού ή ενός παραγωγικού προσωπικού . Για το λόγο αυτό, τα εμπορικά φωτιστικά για το γραφείο πρέπει να πληρούν ορισμένες προϋποθέσεις για να έχουν επιτυχία. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τον φωτισμό γραφείου

Ενώ ορισμένα γραφεία έχουν μεγάλους ανοιχτούς χώρους που χρησιμοποιούν φεγγίτες και μεγάλα παράθυρα για να επωφεληθούν από το φυσικό φως, τα γραφεία απαιτούν συνήθως λύσεις τεχνητού φωτισμού για να φωτίζουν τον χώρο εργασίας τους.

Οι κύριοι τύποι εσωτερικού φωτισμού που χρησιμοποιούνται στα γραφεία τείνουν να προέρχονται από τους τρεις μεγάλους: πυρακτώσεως, φθορισμού/συμπαγούς φθορισμού (CFL) και LED.

3.1 Φωτισμός γραφείου με λαμπτήρες πυρακτώσεως

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως είναι η λιγότερο επιθυμητή επιλογή φωτισμού όσον αφορά τα φώτα γραφείου. Τα φώτα πυρακτώσεως βρίσκονται σε παλαιότερα φωτιστικά γραφείου. Οι, λαμπτήρες πυρακτώσεως αναπτύσσουν υψηλές θερμοκρασίες λειτουργίας, καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια και έχουν μικρότερο μέσο όρο ζωής.

Το μόνο μεγάλο πλεονέκτημα αυτού του τύπου φωτισμού είναι λαμβάνεται αμέσως η πλήρης φωτεινή ροή πιο γρήγορα από τα φώτα φθορισμού. Θεωρείται επίσης ως φιλικό προς το περιβάλλον παρά την υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας επειδή το νήμα είναι κατασκευασμένο από βολφράμιο, ένα μη επικίνδυνο μέταλλο, ενώ οι λαμπτήρες φθορισμού τείνουν να χρησιμοποιούν υδράργυρο.

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως είναι συχνά διακοσμητικοί, καθιστώντας τους πιο διαδεδομένους στον φωτισμό σημείων ή στα φωτιστικά εργασίας παρά στον φωτισμό περιβάλλοντος.

3.2 Φωτιστικά γραφείου φθορισμού

Σε σύγκριση με το αντίστοιχο του πυρακτώσεως, ο φωτισμός φθορισμού μπορεί να θεωρηθεί καλύτερη λύση. Διαρκεί σχεδόν 20 φορές περισσότερο από το λαμπτήρα πυρακτώσεως στις περισσότερες περιπτώσεις. Επίσης, λειτουργεί σε ψυχρότερη θερμοκρασία ενώ προσφέρει υψηλότερη απόδοση φωτεινής ροής. Ωστόσο, οι λαμπτήρες φθορισμού/CFL χρησιμοποιούν υδράργυρο που μπορεί να είναι δύσκολο να απορριφθεί με ασφάλεια και είναι πιο επιρρεπείς στο τρεμόπαιγμα από άλλες επιλογές. Τα φωτιστικά οροφής φθορισμού προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα φωτισμού. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε χώρους γραφείου με τη μορφή σωλήνων T8 και T5 που είναι εύκολο να εγκατασταθούν και να αντικατασταθούν.

3.3 Φωτισμός γραφείου LED

Ο φωτισμός LED θεωρείται η καλύτερη λύση για πολλούς λόγους:

- **Μεγαλύτερη διάρκεια:** Τα φώτα γραφείου LED έχουν εντυπωσιακή διάρκεια ζωής – από 25.000 έως 100.000 ώρες. Σε αντίθεση με τους λαμπτήρες φθορισμού, τα φώτα LED διατηρούν την εξαιρετική ποιότητα εξόδου τους καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους. Μέρος του λόγου για τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής τους είναι ότι λειτουργούν σε ψυχρότερες θερμοκρασίες, επομένως είναι λιγότερο πιθανό να σπάσουν από την υπερθέρμανση.
- **Χαμηλή ισχύς:** Οι λαμπτήρες LED έχουν τη χαμηλότερη ισχύ με εξαιρετικά μεγάλες φωτεινές ροές
- **Οικονομικά:** Αν και το αρχικό κόστος μπορεί να είναι υψηλότερο από τις άλλες δύο επιλογές, τα LED διαρκούν περισσότερο και καταναλώνουν πολύ λιγότερη ενέργεια, ώστε να έχετε καλή απόδοση της επένδυσής σας.
- **Ευέλικτο:** Τα LED διατίθενται σε διάφορα μοντέλα φωτισμού ιδανικά για φωτισμό γραφείου, όπως σωλήνες, λαμπτήρες, φωτιστικά με σχοινί και πολλά άλλα.

3.3.1 Φωτιστικά LED οροφής τύπου πάνελ

Τα φωτιστικά οροφής με επίπεδη επιφάνεια LED είναι μια λύση υψηλών επιδόσεων, με όλο το μηχανισμό του φωτιστικού κρυμμένο πίσω από τα πάνελ οροφής



Εικόνα 3-1 Φωτιστικά οροφής πάνελ (<https://www.warehouse-lighting.com/blogs/lighting-application-suggestions/different-types-of-office-lighting>)

Εκτός από τον καθορισμό του σωστού σχήματος και μεγέθους των επίπεδων πάνελ φωτιστικών γραφείου LED, θα πρέπει να προσδιορισθεί ποια διαμόρφωση είναι η καλύτερη για τον χώρο του γραφείου

3.3.2 Κρεμαστά φώτα γραφείου

Υπάρχουν χώροι γραφείων που απαιτούν μια πιο διαφοροποιημένη πηγή φωτός. Σε αυτές τις περιπτώσεις, μπορείτε να δημιουργήσετε όμορφο φωτισμό με κρεμαστά φώτα γραφείου. Τα γραμμικά κρεμαστά φώτα γραφείου LED παρέχουν ένα υπέροχο διάχυτο φως που είναι εύκολο στα μάτια. Έχουν εύκολη εγκατάσταση και συντήρηση



Εικόνα 3-2 Κρεμαστά φωτιστικά(<https://www.warehouse-lighting.com/blogs/lighting-application-suggestions/different-types-of-office-lighting>)

3.3.3 Χωνευτά Φωτιστικά

Ο χωνευτός φωτισμός LED τοποθετείται σε ανοίγματα στην οροφή του γραφείου σε ομοιόμορφα διαστήματα. Με αυτόν τον τρόπο, τα φώτα σε εσοχή δημιουργούν μοτίβα φωτός που λάμπουν από την οροφή, με ένα άμεσο φως που συγκεντρώνεται σε κατεύθυνση προς τα κάτω.



Εικόνα 3-3 Χωνευτά φωτιστικά (<https://www.warehouse-lighting.com/blogs/lighting-application-suggestions/different-types-of-office-lighting>)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 – ΔΕΙΚΤΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΧΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ^{[4][5][6]}

4.1 Η θερμοκρασία χρώματος

Η θερμοκρασία χρώματος είναι ένα τεχνικό χαρακτηριστικό των πηγών φωτός. Η θερμοκρασία χρώματος εκφράζεται ως τετραψήφιος αριθμός στη μονάδα Kelvin, ένα μέτρο της απόλυτης θερμοκρασίας, χρησιμοποιώντας το σύμβολο K. Για παράδειγμα, 2700K, 3000K, 4000K ή 6500K. Όροι όπως θερμό λευκό, ψυχρό λευκό ή φως της ημέρας χρησιμοποιούνται επίσης για την περιγραφή αυτών των χρωμάτων.



Εικόνα 4-1 Μερικά γνωστά παραδείγματα για να εξηγήσουν τα τεχνικά θεμέλια της «θερμοκρασίας χρώματος». (<https://reductionrevolution.com.au/blogs/how-to/colour-temperature>)

Η κλίμακα αντιστοιχεί στο χρώμα του φωτός που εκπέμπεται από ένα «ιδανικό μαύρο σώμα» σε αυτές τις πραγματικές θερμοκρασίες. Ακολουθούν δύο παραδείγματα για να προσπαθήσουμε να εξηγήσουμε την έννοια:

1. Ο ήλιος έχει πραγματική θερμοκρασία περίπου 5800K (5527°C). Η εκπεμπόμενη ακτινοβολία του κορυφώνεται σε ένα μέρος του οπτικού φάσματος που αντιλαμβανόμαστε ως «φως της ημέρας».
2. Η λιωμένη λάβα έχει πραγματική θερμοκρασία περίπου 1300K (1027°C). Το φως που εκπέμπεται σε αυτή τη θερμοκρασία είναι μια έντονη πορτοκαλί ή κόκκινη «θερμή λευκή» λάμψη.

4.1.1 Οδηγός θερμοκρασίας χρώματος

Η παρακάτω εικόνα παρέχει μια γρήγορη αναφορά ή οδηγό σε ορισμένες κοινές θερμοκρασίες χρώματος.

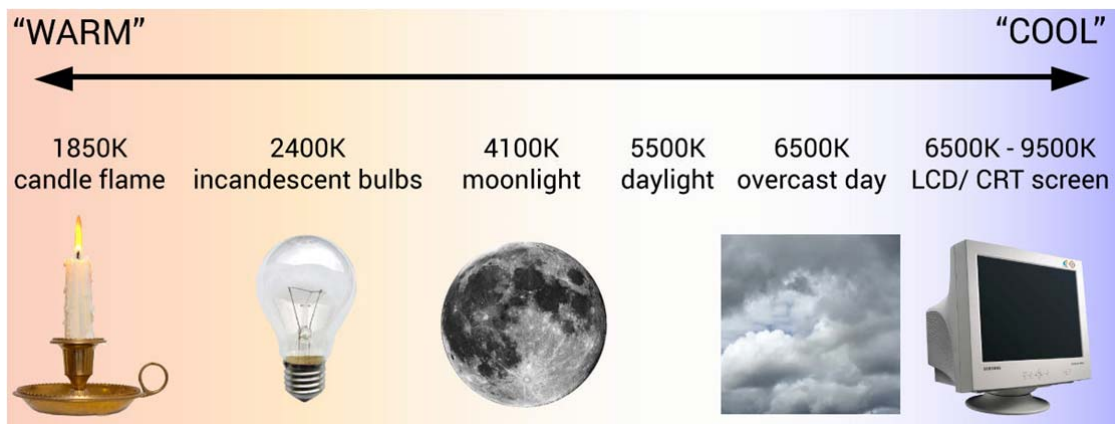


Εικόνα 4-2 Θερμοκρασία χρώματος 2000K έναντι 3000K έναντι 4000K έναντι 5000K έναντι 6000K. (<https://reductionrevolution.com.au/blogs/how-to/colour-temperature>)

4.1.2 Η κλίμακα θερμοκρασίας χρώματος

Για τα περισσότερα φώτα LED, η θερμοκρασία χρώματος κυμαίνεται από 2000K φως κεριού έως 6500K ψυχρό λευκό. Ενδιάμεσα, υπάρχει μια μεγάλη γκάμα χρωματικών κωδικών και μια ακόμη πιο ολοκληρωμένη γκάμα λέξεων που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή τους.

Σημείωση: ο τεχνικός όρος είναι **Συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος (CCT - Correlated Colour Temperature)**.



Εικόνα 4-3 Διάγραμμα θερμοκρασίας χρώματος και παραδείγματα. (<https://reductionrevolution.com.au/blogs/how-to/colour-temperature>)

Πίνακας 4-1 παραδείγματα θερμοκρασίας χρώματος

Θερμοκρασία χρώματος	Παραδείγματα
1700 K	Φλόγα αντιστοιχίσης, λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης (πορτοκαλί φώτα δρόμου)
1850 K	Μια φλόγα κεριού, ηλιοβασίλεμα & ανατολή
2400 K	Τυπικοί λαμπτήρες πυρακτώσεως
2700 K	Λαμπτήρες φθορισμού “soft white” και LED
3000 K	Λαμπτήρες φθορισμού “warm white” και LED
4000 K	“cool white” ή “neutral white” λαμπτήρες φθορισμού
5000 K	“Horizon daylight”
5500 – 6000 K	Κάθετο φως ημέρας, ηλεκτρονικό φλας
6500 K	Σωλήνες φθορισμού “cool daylight” ή , συννεφιασμένος ουρανός

4.1.3 Χαρακτηρισμοί θερμοκρασίας χρώματος και πραγματικότητα θερμοκρασίας

Ο τρόπος που περιγράφουμε τη θερμοκρασία χρώματος είναι ο αντίθετος της πραγματικής θερμοκρασίας.

Όσο *υψηλότερη* είναι η θερμοκρασία χρώματος στην κλίμακα Kelvin, τόσο πιο «ψυχρό» είναι το χρώμα. Όσο *χαμηλότερη* είναι η θερμοκρασία χρώματος, τόσο πιο «ζεστό» είναι το χρώμα. Αυτό συμβαίνει παρά το γεγονός ότι η θερμοκρασία της πηγής («ακτινοβολία μαύρου σώματος» όπως περιγράφηκε πιο πάνω) είναι σίγουρα «θερμότερη» στους 6000K από ό,τι στους 3000K.

Δεν είναι περίεργο γιατί τόσοι πολλοί άνθρωποι αγοράζουν το αντίθετο φως θερμοκρασίας χρώματος από αυτό που είχαν στο μυαλό τους. Για να αποφευχθεί όλη αυτή τη σύγχυση, θα πρέπει να εστιάσει κανείς στους αριθμούς και όχι στις λέξεις.

Το 5000K μιας μάρκας θα μπορούσε να περιγραφεί ως «daylight», ενώ μια άλλη θα μπορούσε να αναφέρεται στην ίδια θερμοκρασία χρώματος με το «cool white».

Υπάρχει ακόμη και κάποια διαφοροποίηση σε μία μάρκα. Για παράδειγμα, έχουμε παρατηρήσει ότι η Philips περιγράφει τους *λαμπτήρες* 4000K ως «cool white». Ωστόσο, η ίδια ακριβώς θερμοκρασία χρώματος στα *φωτιστικά* περιγράφεται συνήθως ως «neutral white».

.Επομένως, εάν κάποιος προσπαθεί να ταιριάξει ή να αντικαταστήσει μια συγκεκριμένη θερμοκρασία χρώματος, είναι καλύτερο να αγνοήσει τις περιγραφικές λέξεις και να κοιτάξει τον αριθμό Κέλβιν.

4.1.4 Διεθνής κώδικας θερμοκρασίας χρώματος

Η θερμοκρασία χρώματος καθορίζεται επίσης με έναν άλλο κωδικό όπως 830, 840 ή 965 . Αυτοί οι κωδικοί συνδυάζουν δύο προδιαγραφές φωτισμού σε μία: απόδοση χρώματος και θερμοκρασία χρώματος .

Ο πρώτος αριθμός αναφέρεται στην απόδοση χρώματος:

- 8 = δείκτης απόδοσης χρώματος Ra 80 – 89
- 9 = δείκτης απόδοσης χρώματος Ra 90 – 100

Ο δεύτερος και ο τρίτος αριθμός αναφέρονται στη θερμοκρασία χρώματος, για παράδειγμα:

- 27 = 2700K φως
- 30 = 3000K φως
- 40 = 4000K φως
- 50 = 5000K φως
- 65 = 6500K φως



Εικόνα 4-4 Ένα παράδειγμα κωδικού θερμοκρασίας χρώματος σε σωλήνα LED Fluro .(
<https://reductionrevolution.com.au/blogs/how-to/colour-temperature>)

4.1.5 Η διαφορά μεταξύ των φώτων «Warm White» και «Cool White».

Γενικά, το «ζεστό λευκό» είναι ατμοσφαιρικό και το «ψυχρό λευκό» είναι λειτουργικό.

Η επιλογή της θερμοκρασίας χρώματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση ορισμένων διαθέσεων. Αυτό είναι παρόμοιο με το πώς ορισμένα χρώματα έχουν πολιτιστικές συνδηλώσεις (π.χ. κόκκινο = πάθος, μπλε = ηρεμία).

Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες χρώματος περιγράφονται ως «ζεστές» επειδή μας θυμίζουν τη φωτιά ή το φως των κεριών. Οι θερμές

θερμοκρασίες λευκού ή απαλού λευκού χρώματος δημιουργούν μια ζεστή ατμόσφαιρα στα υπνοδωμάτια, τα καφέ και τα εστιατόρια.



Εικόνα 4-5 Οι λαμπτήρες LED vintage είναι ιδανικοί για φωτισμό καφέ, εστιατορίου ή σαλονιού. Έχουν θερμοκρασία χρώματος από 2000K έως 2700K. (<https://reductionrevolution.com.au/blogs/how-to/colour-temperature>)

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες χρώματος τείνουν προς το μπλε και θεωρούνται «δροσερές». Το πραγματικό φως της ημέρας είναι περίπου 5500K έως 6000K. Έτσι, εάν είναι επιθυμητή η δημιουργία της αίσθησης του φυσικού φωτός, είναι προτιμότερη υψηλότερη θερμοκρασία χρώματος.

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες χρώματος θεωρούνται επίσης γενικά πιο φωτεινές. Είναι ιδανικά για χώρους εργασίας όπως κουζίνες και γραφεία. Βέβαια σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί ότι η προδιαγραφή που πρέπει να ελεγχθεί για τη φωτεινότητα είναι τα lumens, όχι θερμοκρασία χρώματος.

Ένα μειονέκτημα στις υψηλές θερμοκρασίες χρώματος είναι ότι μπορεί να φαίνονται έντονα, σκληρά ή αποστειρωμένα. Για παράδειγμα, τα νοσοκομεία να χρησιμοποιούν υψηλές θερμοκρασίες χρώματος.



Εικόνα 4-6 Ένα πάνελ LED 4000K για αντικατάσταση εξαρτημάτων φθορισμού στα γραφεία. (<https://reductionrevolution.com.au/blogs/how-to/colour-temperature>)

4.1.6 Δείκτες CRI, CCT και Foot-Candle

Οι δείκτες : CRI , CCT και foot-candle . αφορούν τη μέτρηση της ποιότητας του φωτός. Το CRI σημαίνει δείκτης απόδοσης χρώματος (CRI - color rendering index), το CCT σημαίνει συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος (correlated color temperature γνωστή απλώς ως θερμοκρασία χρώματος για πολλά φώτα). Το foot-candle είναι μια μέτρηση που περιγράφει τη συνολική ποσότητα φωτός που πέφτει σε μια συγκεκριμένη περιοχή

4.1.7 Δείκτης απόδοσης χρωμάτων (CRI)

Το CRI είναι μια μέτρηση της ικανότητας του φωτός να αποκαλύπτει το πραγματικό χρώμα των αντικειμένων σε σύγκριση με μια ιδανική πηγή φωτός (φυσικό φως) . Το υψηλό CRI είναι γενικά ένα επιθυμητό χαρακτηριστικό (αν και φυσικά, εξαρτάται από την απαιτούμενη εφαρμογή). Εάν ο στόχος είναι ο φωτισμός αντικειμένων ή χώρων έτσι ώστε τα χρώματα να αποκαλύπτονται όπως θα ήταν φυσικά, για παράδειγμα ένα κατάστημα ρούχων ή μια γκαλερί, τότε χρειάζεται μια λάμπα υψηλής CRI. Αντίθετα, σε μια υπόγεια σήραγγα δεν ενδιαφέρει ιδιαίτερα αν τα σχήματα είναι ασπρόμαυρα ή έγχρωμα, οπότε σε αυτή την περίπτωση το CRI μπορεί να μην είναι τόσο σημαντικό. Τείνουμε

να πιστεύουμε, ωστόσο, ότι η απόδοση χρωμάτων υψηλής ποιότητας είναι ένα όφελος σχεδόν σε κάθε περίπτωση.

Η τιμή για το CRI που συνήθως διαφημίζεται σε εμπορικά διαθέσιμα προϊόντα φωτισμού είναι γνωστή ως τιμή CIE Ra (ένα πρότυπο που ορίζεται από τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού με έδρα τη Βιέννη της Αυστρίας). Ένα άλλο πρότυπο για τον προσδιορισμό της ικανότητας απόδοσης χρώματος ενός συγκεκριμένου λαμπτήρα είναι το μοντέλο εμφάνισης χρώματος (CAM). Διάφορα μοντέλα εμφάνισης χρωμάτων προτιμώνται από το CRI ως βιώσιμος τρόπος μέτρησης χρώματος (ιδιαίτερα για θερμοκρασίες χρώματος κάτω των 5000 K, ένα εύρος που περιλαμβάνει τους περισσότερους λαμπτήρες). Ένα από τα πιο δημοφιλή μοντέλα είναι το CIECAM02 (το μοντέλο εμφάνισης χρώματος που δημοσιεύτηκε από το CIE το 2002. Ωστόσο, το CRI εξακολουθεί να είναι μακράν ο πιο ευρέως δημοσιευμένος δείκτης βάσει του οποίου οι καθημερινοί καταναλωτές μπορούν να κρίνουν την ικανότητα απόδοσης χρώματος ενός συγκεκριμένου φωτός.

4.1.8 Θερμοκρασία χρώματος – Δείκτης CCT

Η θερμοκρασία χρώματος είναι μια μέθοδος για την περιγραφή των χαρακτηριστικών του ορατού φωτός από διαφορετικές πηγές φωτός. Η κλίμακα θερμοκρασίας χρώματος λειτουργεί συγκρίνοντας τις εκπομπές ορατού φωτός από μια δεδομένη λάμπα με αυτές ενός εκπομπού «μέλαν σώματος» (ένα αντικείμενο του οποίου η θερμοκρασία επιφάνειας είναι ίδια με την τιμή της θερμοκρασίας χρώματός του).

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως παρέχουν μια καλή προσέγγιση των εκπομπών μέλανου σώματος, επομένως αποτελούν χρήσιμο παράδειγμα για την περιγραφή της θερμοκρασίας χρώματος. Καθώς το νήμα ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως θερμαίνεται, θα αρχίσει τελικά να λάμπει. Η λάμψη, φυσικά, έχει χρωματικά χαρακτηριστικά. Καθώς η θερμοκρασία της επιφάνειας του ίδιου του νήματος γίνεται πιο ζεστή, η λάμψη του θα αλλάξει χρώμα. Η λάμψη θα ξεκινήσει σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (περίπου 1500K) ως βαθύ κόκκινο χρώμα. Καθώς η θερμοκρασία της επιφάνειας του νήματος συνεχίζει να αυξάνεται, η

λάμψη θα μεταβεί από κόκκινο σε πορτοκαλί, πορτοκαλί σε κίτρινο, κίτρινο σε λευκό και αν ζεσταθεί αρκετά (συνήθως δεν ισχύει για τους λαμπτήρες πυρακτώσεως), από λευκό σε γαλάζιο.

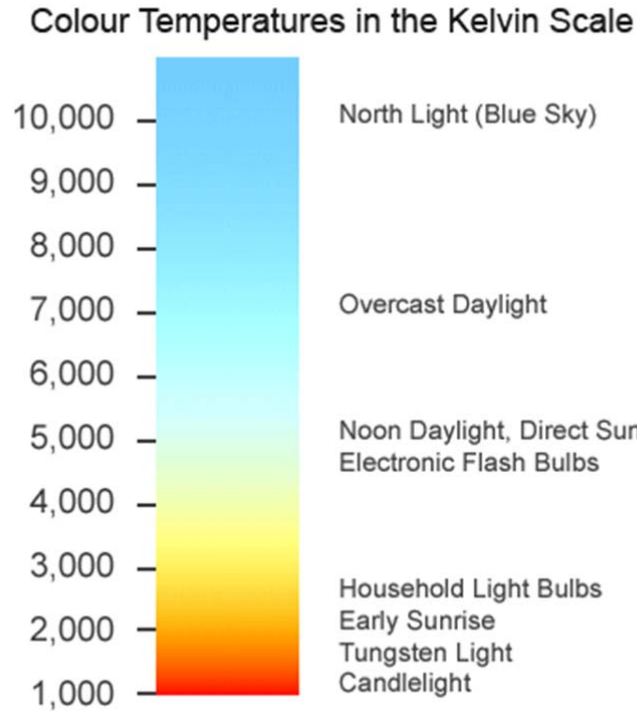


Image courtesy of www.mediacollege.com

Εικόνα 4-7 Η θερμοκρασία χρώματος στην κλίμακα Kelvin
(https://www.stouchlighting.com/blog/led_light_cri_cct_foot-candle)

Αν και η βαθιά κόκκινη λάμψη εμφανίζεται σε σχετικά χαμηλότερη θερμοκρασία επιφάνειας, συνήθως αναφέρεται ως "θερμή" θερμοκρασία χρώματος. Αυτό συμβαίνει επειδή οι άνθρωποι συνήθως συνδέουν το κόκκινο χρώμα με τη φωτιά και, επομένως, τα πράγματα που είναι ζεστά έχουν κόκκινο χρώμα. Αντίθετα, η λευκή ή γαλάζια λάμψη εμφανίζεται σε σχετικά υψηλότερη θερμοκρασία επιφάνειας νήματος, αλλά συνήθως αναφέρεται ως θερμοκρασία "δροσερού" χρώματος. Αυτό συμβαίνει επειδή οι άνθρωποι συνδέουν το μπλε χρώμα με τον πάγο και επομένως τα πράγματα που είναι κρύα έχουν χρώμα μπλε.

Το παραπάνω διάγραμμα δείχνει τη θερμοκρασία χρώματος διαφορετικών φώτων όταν λειτουργούν με την τυπική ισχύ λειτουργίας τους, αλλά είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσετε ότι η πραγματική θερμοκρασία χρώματος θα είναι ένα εύρος ανάλογα με την ποσότητα

ισχύος που εφαρμόζεται στο φως (περισσότερη ισχύς θα έχει ως αποτέλεσμα μια υψηλότερη θερμοκρασία νήματος και επομένως μια «ψυχρή» [υψηλότερη τιμή K] θερμοκρασία χρώματος).

Η συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος είναι μια μέτρηση που χρησιμοποιείται αντί της θερμοκρασίας χρώματος για φωτεινές πηγές που δεν προσεγγίζουν την ακτινοβολία του μέλαν σώματος (δηλαδή, εκπέμπουν φως μέσω διεργασιών διαφορετικών από τη θερμική ακτινοβολία). Τόσο τα φώτα φθορισμού όσο και τα φώτα LED (δίοδοι εκπομπής φωτός) εμπίπτουν σε αυτήν την κατηγορία και επομένως αξιολογούνται με χρήση CCT. Η συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος είναι μια προδιαγραφή που χρησιμοποιείται για να περιγράψει τον κυρίαρχο χρωματικό τόνο για πηγές φωτός που δεν είναι μέλαν σώματος έτσι ώστε να μπορούν να συγκριθούν με ακρίβεια και να αντιπαραβληθούν με εκείνες τις πηγές φωτός που εκπέμπουν κατά προσέγγιση ακτινοβολία μέλαν σώματος (όπως οι λαμπτήρες πυρακτώσεως). Τα νούμερα στο χαμηλότερο άκρο της κλίμακας (~2000K) αναφέρονται γενικά ως "ζεστά" (συνήθως κόκκινα και κίτρινα χρώματα) ενώ εκείνες στο υψηλότερο άκρο της κλίμακας (5000K+) αναφέρονται συνήθως ως "ψυχρά" (συνήθως λευκό σε ανοιχτό μπλε)...όπως και για τις κλίμακες θερμοκρασίας χρώματος.

4.1.9 Foot candle

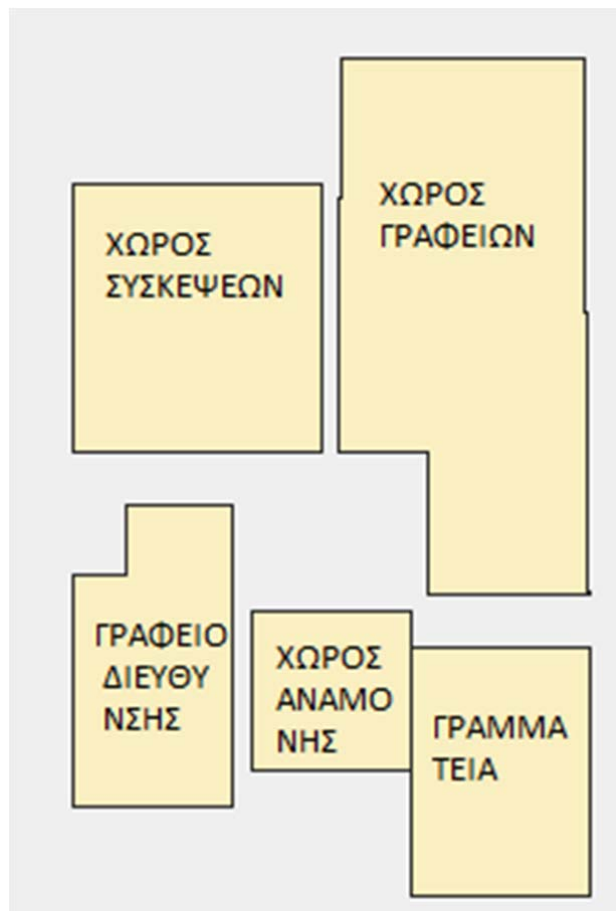
Ένα foot candle είναι ένα μέτρο που περιγράφει την ποσότητα φωτός που φτάνει σε μια καθορισμένη επιφάνεια σε αντίθεση με τη συνολική ποσότητα φωτός που προέρχεται από μια πηγή (φωτεινή ροή). Τα foot candle μετρώνται σε lumens ανά τετραγωνικό πόδι σε αντίθεση με απλά lumens (όπως στην περίπτωση της φωτεινής ροής. Η απλή μέτρηση των lumen είναι παραπλανητική επειδή το φως που φωτίζει μια άσχετη περιοχή (όπως η οροφή) δεν χρησιμοποιείται παραγωγικά αλλά χάνεται. Επιπλέον, η φωτεινή ροή δεν υποδεικνύει πόσο εστιασμένη είναι η δέσμη φωτός. Διαφορετικά πλαίσια και περιβλήματα θα εστιάζουν το φως περισσότερο ή λιγότερο από άλλα, με αποτέλεσμα μια περισσότερο ή λιγότερο φωτισμένη περιοχή από τον ίδιο τύπο φωτός και την ίδια

ποσότητα ισχύος .Αυτό που ενδιαφέρει πραγματικά είναι η ποσότητα φωτός που φωτίζει πραγματικά την επιθυμητή επιφάνεια. Επομένως, από την οπτική γωνία ενός χρήστη, το foot candle είναι μια πολύ πιο σημαντική μέτρηση από τη συνολική φωτεινή ροή. Εκτός από τη διαφορά στις μονάδες, μέρος του φωτός που προέρχεται από μια πηγή δεν φτάνει ποτέ στο επιθυμητό σημείο στόχου (δηλαδή, τα φώτα δεν είναι 100% αποδοτικά). Μια ορισμένη ποσότητα φωτός χάνεται πάντα λόγω αναποτελεσματικότητας όπως η απορρόφηση, η ανάκλαση και/ή η διάχυση του φωτός. Το Foot-candle το λαμβάνει υπόψη αυτό ενώ η φωτεινή ροή όχι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – Η ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

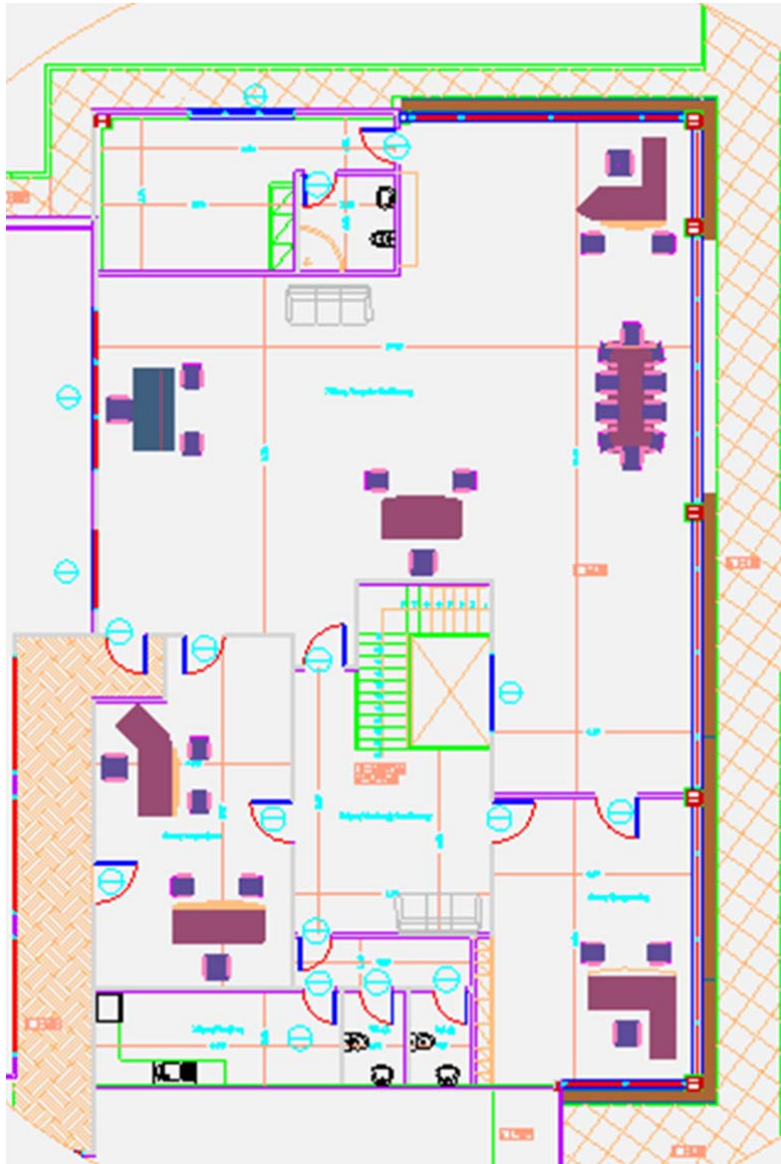
5.1 Σχέδια του υπό μελέτη χώρου (Γραφεία ανάπτυξης λογισμικού)

- Εμβαδόν: 237 m²
- Χώροι προς μελέτη: Γραφεία υπαλλήλων, χώρος συσκέψεων, γραφείο διεύθυνσης, χώρος υποδοχής, γραμματεία



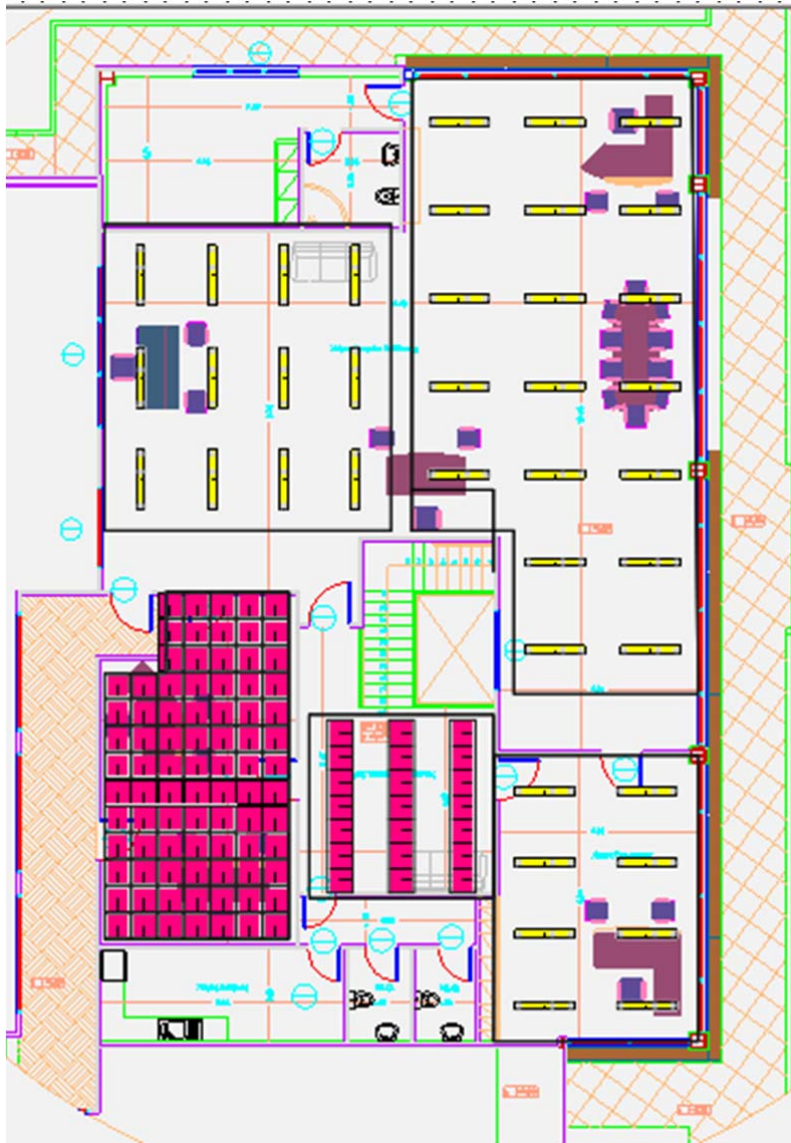
Εικόνα 5-1

Οι χώροι που μελετήθηκαν



Εικόνα 5-2

Κάτοψη του χώρου



Εικόνα 5-3

Κάτοψη του χώρου με τα φωτιστικά που χρησιμοποιήθηκαν

5.2 Καθορισμός της χρήσης του χώρου και χρήση των ανάλογων κανονισμών - προτύπων

Ως χώρος γραφείων πρέπει να ακολουθεί τις παρακάτω προδιαγραφές

- Επίπεδα φωτισμού : **500lx** όλοι οι χώροι και **200lx** η αίθουσα αναμονής (Σύμφωνα με το πρότυπο φωτισμού EN 12464-1 και τον πίνακα 2.4 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021)
- Δείκτης χρωματικής απόδοσης : **Ra >80** (Σύμφωνα με το πρότυπο φωτισμού EN 12464-1 και τον πίνακα 2.4 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021
- **UGR <19** (Σύμφωνα με το πρότυπο φωτισμού EN 12464-1 και τον πίνακα 2.4 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021
- **Ομοιομορφία > 0.6** όλοι οι χώροι και **>0.4** η αίθουσα αναμονής (Σύμφωνα με το πρότυπο φωτισμού EN 12464-1 και τον πίνακα 2.4 της Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021)
- Φωτεινή απόδοση > 60lm/W (σύμφωνα με τον ΚΕΝΑΚ 2017 Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021),
- εγκατεστημένη ισχύς: **14W/m²** όλοι οι χώροι και **5.6W/m²** ο χώρος αναμονής (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-1/2017)
- Πυκνότητα ισχύος ανά 100lx: **2.5W/m²/100lx** (για λαμπτήρες τύπου LED σύμφωνα με Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021)
- Τα επίπεδα φωτισμού να μην υπερβαίνουν το **20%** (για τις ελάχιστες απαιτήσεις ενεργειακής απόδοσης κτηρίων) των ορίων που ορίζει το EN12464-1 και η Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021

5.3 Επιλογή των τεχνικών φωτισμού

Για το χώρο των γραφείων επιλέχθηκε άμεσος φωτισμός ο οποίος προσδίδει οπτική άνεση και σωστή εικόνα του περιβάλλοντος. Ο άμεσος γενικός φωτισμός μπορεί να επιτευχθεί με φωτιστικά οροφής που παρουσιάζονται παρακάτω και όπως φαίνεται και από το πολικό τους διάγραμμα, διαχέουν μόνο προς τα κάτω τη φωτεινή τους ροή.

5.4 Φωτιστικά

Για τον χώρο των γραφείων, το χώρο συσκέψεων και το χώρο της γραμματείας χρησιμοποιήθηκαν ένα φωτιστικό της εταιρείας PHILIPS, της σειράς FlexBlend. Το συγκεκριμένο φωτιστικό έχει υψηλό δείκτη χρωματικής απόδοσης (CRI>90) που σημαίνει ότι τα χρώματα στο χώρο αποδίδονται με πιστότητα, χωρίς αλλοιώσεις και επομένως ο περιβάλλον χώρος δεν είναι κουραστικός για τους εργαζόμενους οι οποίοι εργάζονται για οκτώ κι πλέον ώρες μπροστά σε οθόνη και το υπόλοιπο περιβάλλον καλό είναι να μην είναι αλλοιωμένο.

Για το γραφείο της διεύθυνσης και για το χώρο αναμονής επιλέχθηκε ένα φωτιστικό της εταιρείας PHILIPS, της σειράς SlimBlend, διότι το πρώτο φωτιστικό δεν έδινε καλά φωτοτεχνικά αποτελέσματα, όσον αφορά το συντελεστή ομοιομορφίας. Έχει δείκτη χρωματικής απόδοσης CRI=80, που είναι αποδεκτό για τους χώρους αναμονής. Όσον αφορά στο χώρο της διεύθυνσης, δεδομένου ότι η θέση αυτή δεν απαιτεί συνεχή χρήση του υπολογιστή και επίσης επειδή σίγουρα ο διευθυντής δεν εργάζεται αποκλειστικά στο γραφείο του, θεωρώ ότι δεν θα επηρεάσει τόσο πολύ την ποιότητα της εργασίας του το γεγονός ότι έχει ο φωτισμός του γραφείου CRI μικρότερο από αυτόν των γραφείων των εργαζομένων.

Ακολουθούν οι τεχνικές προδιαγραφές των φωτιστικών

5.4.1 Το φωτιστικό που επιλέχθηκε για το χώρο των γραφείων, το χώρο των συσκέψεων και το χώρο της γραμματείας

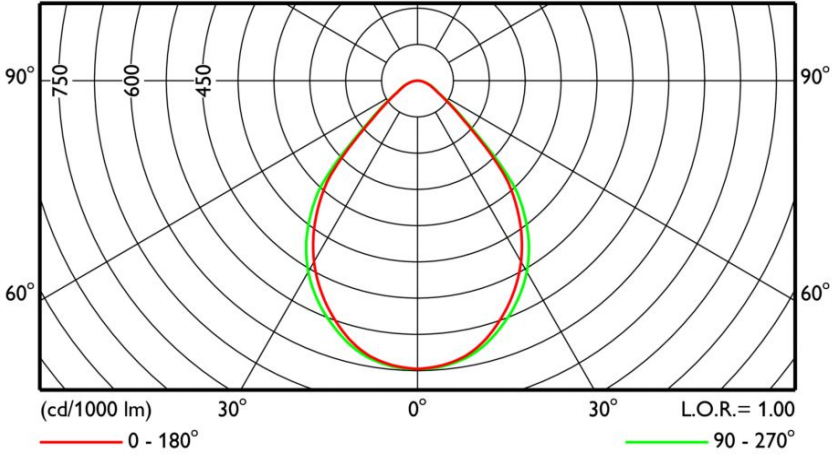


Εικόνα 5-4

Το φωτιστικό οροφής Flex Blend SM340C 35S/940 PSD-T MLO ACL L150 WH

ΠΡΟΛΙΑΓΡΑΦΕΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ	
Τύπος	Φωτιστικό οροφής
Σχήμα	Ορθογώνιο Παραλληλόγραμμο
Διαστάσεις (Μήκος x πλάτος x ύψος)	<p>1470mm x 200mm x 73mm</p> <p style="text-align: center;">FlexBlend SM L150 DIR</p> <p style="text-align: center;">LINE FlexBlend SM L150 DIR</p>
Οπτικό	Διαχύτης

σύστημα	
Τύπος φωτισμού	Άμεσος
Κατανομή φωτεινής έντασης	Προς τα κάτω
Τύπος λαμπτήρα	LED
Απόχρωση	Ουδέτερο λευκό/ 4000K
Φωτεινή απόδοση	106 (Lumen/watt)
Ισχύς	33W
Φωτεινή ροή	3500lm
Χρωματική απόδοση Ra	90
Δείκτης θάμβωσης UGR	19
Διάρκεια ζωής	50000h / L ₈₀ B ₁₀

<p>Πολικό διάγραμμα</p>	<p>Polar intensity diagram</p>  <p>(cd/1000 lm) 30° 0° 30° L.O.R.= 1.00</p> <p>— 0 - 180° — 90 - 270°</p>
<p>Κωδικός προϊόντος</p>	<p>SM340C 35S/940 PSD-T MLO ACL L150 WH</p>
<p>Datasheet</p>	<p>https://www.lighting.philips.com/api/assets/v1/file/PhilipsLighting/content/fp910925867899-pss-global/910925867899_EU.en_AA.PROF.FP.pdf</p>

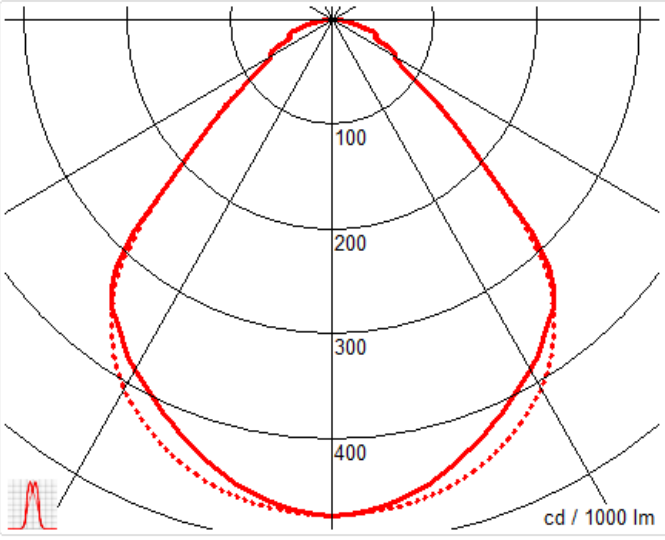
5.4.2 Το φωτιστικό για το γραφείο της διεύθυνσης και για το χώρο αναμονής



Εικόνα 5-5 Το χωνευτό φωτιστικό SlimBlend RC402B PSD W62L62 EL3 EM 1 x led42s/840

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΟΥ	
Τύπος	Χωνευτό Φωτιστικό
Σχήμα	Τετράγωνο
Διαστάσεις (Μήκος x πλάτος x ύψος)	<p>622mm x 622m x 52m</p> <p>Dimensional drawing</p>
Οπτικό σύστημα	Διαχύτης

Τύπος φωτισμού	Άμεσος
Κατανομή φωτεινής έντασης	Προς τα κάτω
Τύπος λαμπτήρα	LED
Απόχρωση	Ουδέτερο λευκό/ 4000K
Φωτεινή απόδοση	133.3 (Lumen/watt)
Ισχύς	3W
Φωτεινή ροή	400lm
Χρωματική απόδοση Ra	80
Δείκτης θάμβωσης UGR	10
Διάρκεια ζωής	50000h/L ₈₀ B ₅

<p>Πολικό διάγραμμα</p>	
<p>Κωδικός προϊόντος</p>	<p>RC402B PSD W62L62 EL3 EM 1 x led42s/840</p>
<p>Datasheet</p>	<p>https://www.lighting.philips.com/api/assets/v1/file/PhilipsLighting/content/fp910500459976-pss-global/ADAM-20170522181942667%40en_AA.pdf</p>

5.5 Υπολογισμός συντελεστή συντήρησης MF

Η απόδοση μιας εγκατάστασης φωτιστικών φθίνει με την πάροδο του χρόνου εξαιτίας διάφορων παραγόντων οι οποίοι καθορίζουν το συντελεστή συντήρησης. Ο συντελεστής MF προσδιορίζει τη μείωση της απόδοσης μιας εγκατάστασης σε σχέση με την αρχική κατάσταση. Η μείωση αυτή πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψη πάντα κατά το αρχικό στάδιο μιας μελέτης φωτισμού. Για να αντισταθμισθεί η μείωση της έντασης φωτισμού με την πάροδο του χρόνου, προσαυξάνεται συνήθως ο αριθμός των φωτιστικών σωμάτων, αυξάνοντας έτσι την αρχική τιμή της έντασης φωτισμού της εγκατάστασης. Στην ουσία αποτελείται από τέσσερις συντελεστές

- **LLMF**: συντελεστής συντήρησης της φωτεινής ροής του λαμπτήρα (lamp lumens maintenance factor). Ο συγκεκριμένος

συντελεστής δεν δίνονταν από τον κατασκευαστή σε κανένα από τα δύο χρησιμοποιηθέντα φωτιστικά και ως εκ τούτου έγινε αποδεκτή η τιμή που αυτόματα μπήκε από το πρόγραμμα RELUX, ήτοι **LLMF=0.9**

- LSF ο συντελεστής επιβίωσης των λαμπτήρων για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα λειτουργίας (lamp survival factor). Οι λαμπτήρες των φωτιστικών που χρησιμοποιήθηκαν είναι τύπου LED και ο κατασκευαστής δίνει διάρκεια ζωής 50000h, οπότε στην ουσία δεν τίθεται θέμα επιβίωσης των λαμπτήρων, άρα **LSF=1**
- LMF ο συντελεστής συντήρησης των φωτιστικών σωμάτων (luminaire maintenance factor). Θεωρώντας ότι ο χώρος είναι καθαρός και η συντήρηση του φωτιστικού πραγματοποιείται κάθε χρόνο. Ο συντελεστής LMF για μονοετή συντήρηση λαμβάνει τιμή 0.88. Άρα **LMF=0.88**

Luminaire cleaning interval in years	0.5			1.0			1.5			2.0			2.5			3.0		
Environment type	C	N	D	C	N	D	S	N	D	C	N	D	C	N	D	C	N	D
Luminaire type																		
Bare batten luminaires	0.95	0.92	0.88	0.93	0.89	0.83	0.91	0.87	0.80	0.89	0.84	0.78	0.87	0.82	0.75	0.85	0.79	0.73
Reflector exposed above (self-cleaning effect)	0.95	0.91	0.88	0.90	0.86	0.83	0.87	0.83	0.79	0.84	0.80	0.75	0.82	0.76	0.71	0.79	0.74	0.68
Reflector enclosed above (no self-cleaning effect)	0.93	0.89	0.83	0.89	0.81	0.72	0.84	0.74	0.64	0.80	0.69	0.59	0.77	0.64	0.54	0.74	0.61	0.52
Enclosed IP2X	0.92	0.87	0.83	0.88	0.82	0.77	0.85	0.79	0.73	0.83	0.77	0.71	0.81	0.75	0.68	0.79	0.73	0.65
Dust-proof IP5X	0.96	0.93	0.91	0.94	0.90	0.86	0.92	0.88	0.83	0.91	0.86	0.81	0.90	0.85	0.80	0.90	0.84	0.79
Indirect luminaires	0.92	0.89	0.85	0.86	0.81	0.74	0.81	0.73	0.65	0.77	0.66	0.57	0.73	0.60	0.51	0.70	0.55	0.45

From CIE publication 97 "Maintenance of indoor electric lighting systems", dated 1995, ISBN 3 900 734 34 8

- RSMF ο συντελεστής συντήρησης των εσωτερικών επιφανειών των χώρων (room surface maintenance factor). Ο συντελεστής RSMF υπολογίζεται με βάση τον ακόλουθο πίνακα για διετή συντήρηση του χώρου και κατηγορία χώρου καθαρό και δείκτη χώρου ο οποίος αλλάζει ανάλογα με τις διαστάσεις του εκάστοτε δωματίου. Με βάση το σχέδιο, οι χώροι είναι είτε μικροί, είτε μεσαίοι, είτε μεγάλοι, οπότε ο συντελεστής διαφοροποιείται. Εδώ ενδεικτικά για το χώρο των γραφείων προκύπτει 0.96 . Το RELUX έθεσε **RSMF=0.94**

Room cleaning interval in years		0.5			1.0			1.5			2.0			2.5			3.0		
Environment type		C	N	D	C	N	D	C	N	D	C	N	D	C	N	D	C	N	D
Room size/ Room index	Illumination type																		
Small K=0.7	Direct	0.97	0.96	0.95	0.97	0.94	0.93	0.96	0.94	0.92	0.95	0.93	0.90	0.94	0.92	0.89	0.94	0.92	0.88
	Direct/Indirect	0.94	0.88	0.84	0.90	0.86	0.82	0.89	0.83	0.80	0.87	0.82	0.78	0.85	0.80	0.75	0.84	0.79	0.74
	Indirect	0.90	0.84	0.80	0.85	0.78	0.73	0.83	0.75	0.69	0.81	0.73	0.66	0.77	0.70	0.62	0.75	0.68	0.59
Medium K=2.5	Direct	0.98	0.97	0.96	0.98	0.96	0.95	0.97	0.96	0.95	0.96	0.95	0.94	0.96	0.95	0.94	0.96	0.95	0.94
	Direct/Indirect	0.95	0.90	0.86	0.92	0.88	0.85	0.90	0.86	0.83	0.89	0.85	0.81	0.87	0.84	0.79	0.86	0.82	0.78
	Indirect	0.92	0.87	0.83	0.88	0.82	0.77	0.86	0.79	0.74	0.84	0.77	0.70	0.81	0.74	0.67	0.78	0.72	0.64
Large K=5.0	Direct	0.99	0.97	0.96	0.98	0.96	0.95	0.97	0.96	0.93	0.96	0.95	0.94	0.96	0.95	0.94	0.96	0.95	0.94
	Direct/Indirect	0.95	0.90	0.86	0.94	0.88	0.85	0.90	0.86	0.83	0.89	0.85	0.81	0.87	0.84	0.79	0.86	0.82	0.78
	Indirect	0.92	0.87	0.83	0.88	0.82	0.77	0.86	0.79	0.74	0.84	0.77	0.70	0.81	0.74	0.68	0.78	0.72	0.65

From CIE publication 97 "Maintenance of indoor electric lighting systems", dated 1995, ISBN 3 900 734 34 8

Οπότε $MF = RSMF \cdot LMF \cdot LSF \cdot$


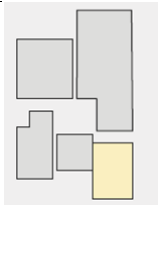
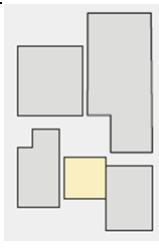
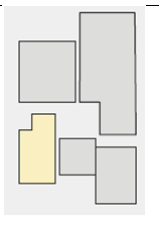
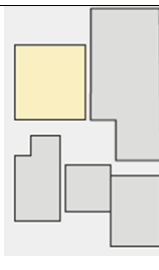
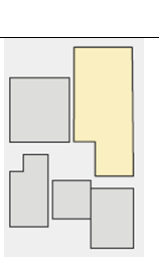
$$LLMF \cdot RSMF = 0.94 \cdot 0.88 \cdot 1 \cdot 0.9 = 0.74$$

MF = 0.74

5.6 Υλικά του χώρου και ανακλαστικότητες

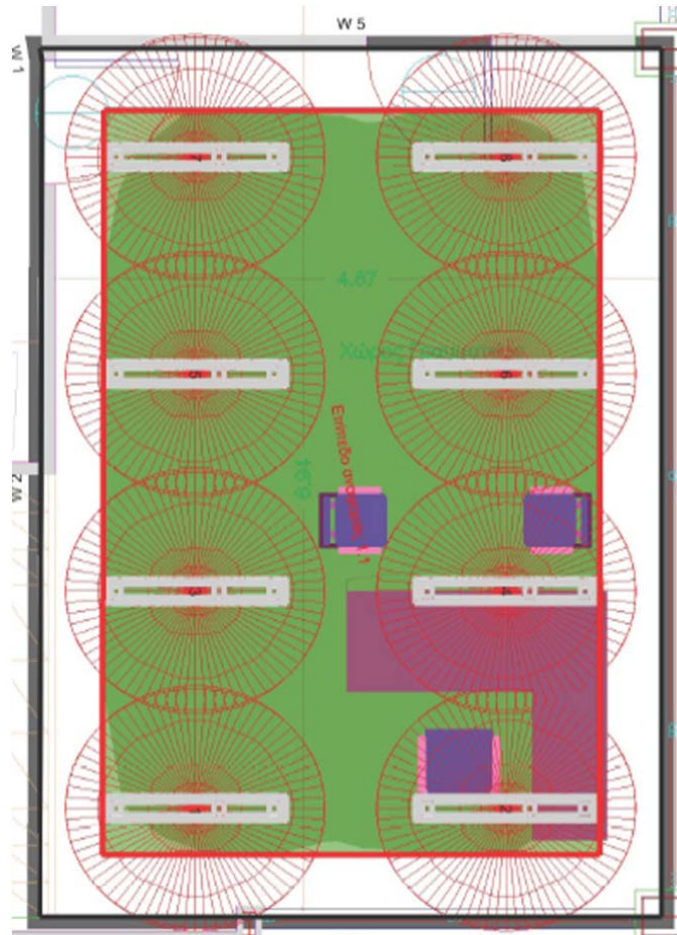
Πάτωμα	Τοίχοι	Ταβάνι
Σκούρο χρώμα, ανακλαστικότητα 20%	Μεσαίο χρώμα, ανακλαστικότητα 50%	Ανοικτό χρώμα, ανακλαστικότητα 70%

5.7 Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μελέτης

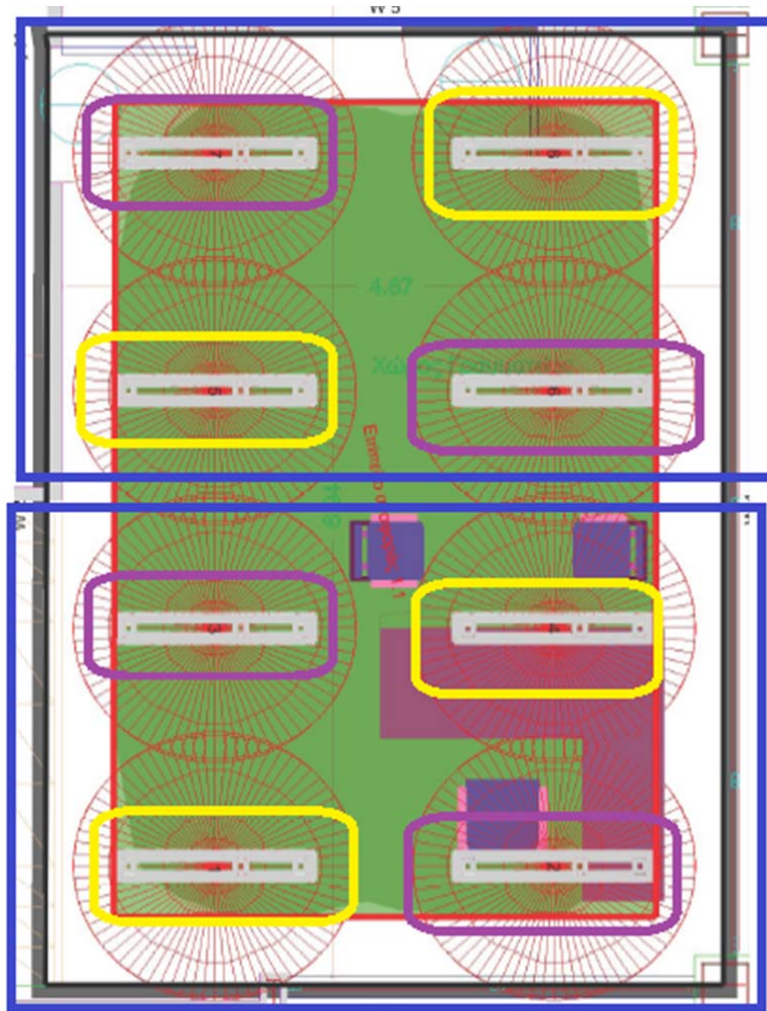
Χώρος		Συνολική φωτεινή ροή όλων των λαμπτήρων	Συνολική ισχύς	Συνολική ισχύς ανά επιφάνεια	Συντελεστής ομοιομορφίας U _o	Συντελεστής θάμβωσης UGR
Χώρος γραμματείας		28000 lm	264 W	7.56 W/m ² 1.33 W/m ² /100lx	0.79	≤16.9
Χώρος αναμονής		8400 lm	63 W	3.11 W/m ² 1.25 W/m ² /100lx	0.8	<10
Γραφείο διεύθυνσης		34000 lm	255 W	7.23 W/m ² 1.29 W/m ² /100lx	0.73	<10
Χώρος συσκέψεων		42000 lm	396 W	7.54 W/m ² 1.26 W/m ² /100lx	0.76	≤17.1
Χώρος γραφείων		66500 lm	627 W	6.65 W/m ² 1.26 W/m ² /100lx	0.82	≤17.4

5.8 Κατόψεις όλων των χώρων με τα εγκατεστημένα φωτιστικά και καθορισμός κυκλωμάτων φωτισμού

5.8.1 Χώρος γραμματείας



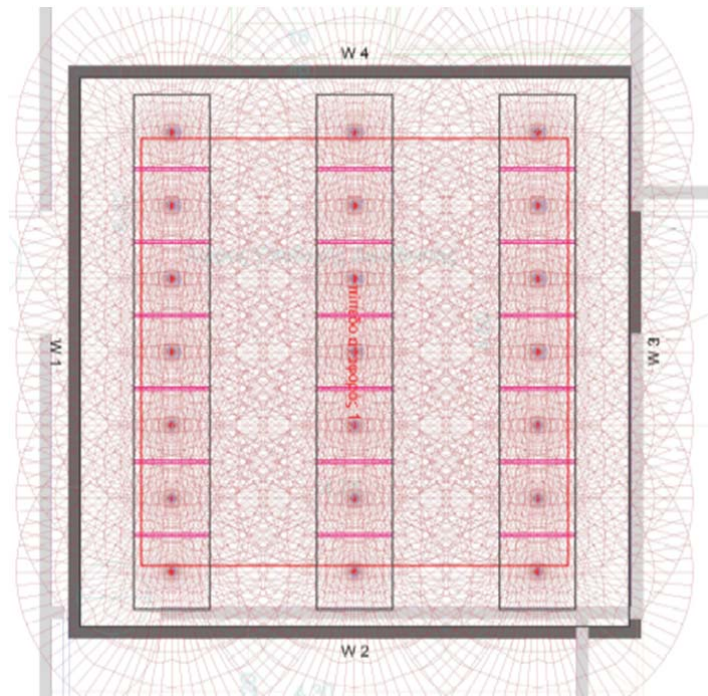
Εικόνα 5-6 Κάτοψη της γραμματείας με τα φωτιστικά



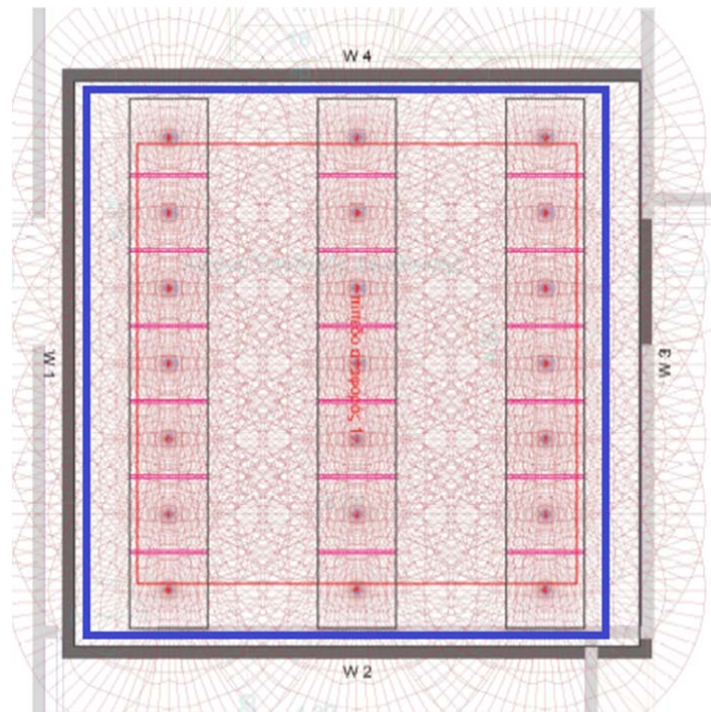
Εικόνα 5-7 Κάτοψη της γραμματείας με τα κυκλώματα φωτισμού

Καθορίζονται δύο κυκλώματα φωτισμού (μπλε χρώμα), οπότε χωρίζεται στα δύο ο χώρος. Επίσης στις μπλε περιοχές υπάρχει η δυνατότητα να ανάβουν τα φωτιστικά ανά δύο και όχι όλα μαζί (κίτρινη ομάδα και μωβ ομάδα).

5.8.2 Χώρος αναμονής



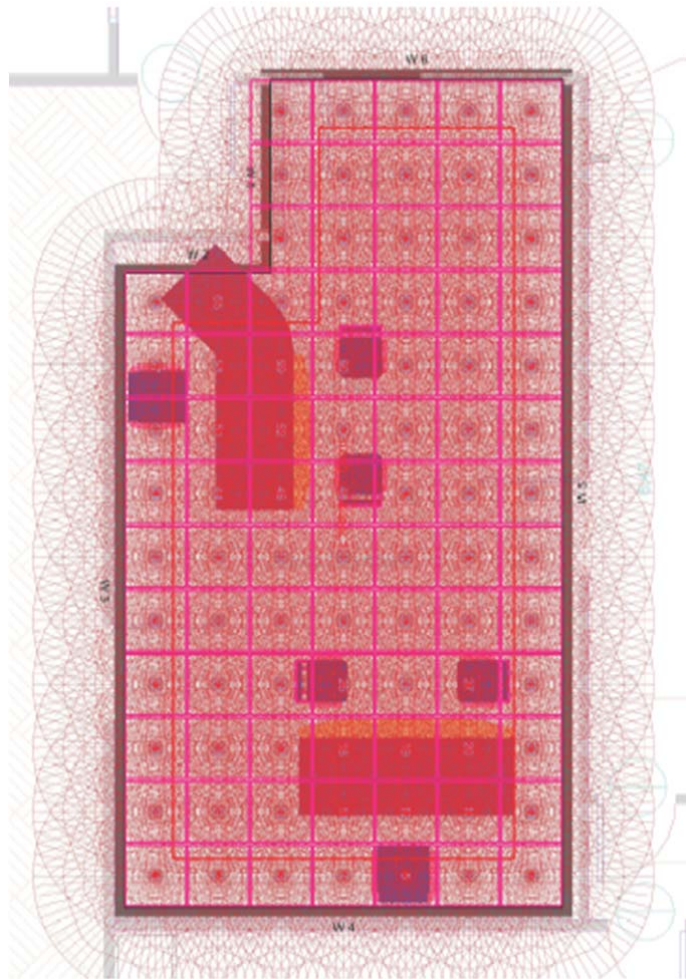
Εικόνα 5-8 κάτοψη του χώρου αναμονής



Εικόνα 5-9 κάτοψη του χώρου αναμονής με το κύκλωμα φωτισμού

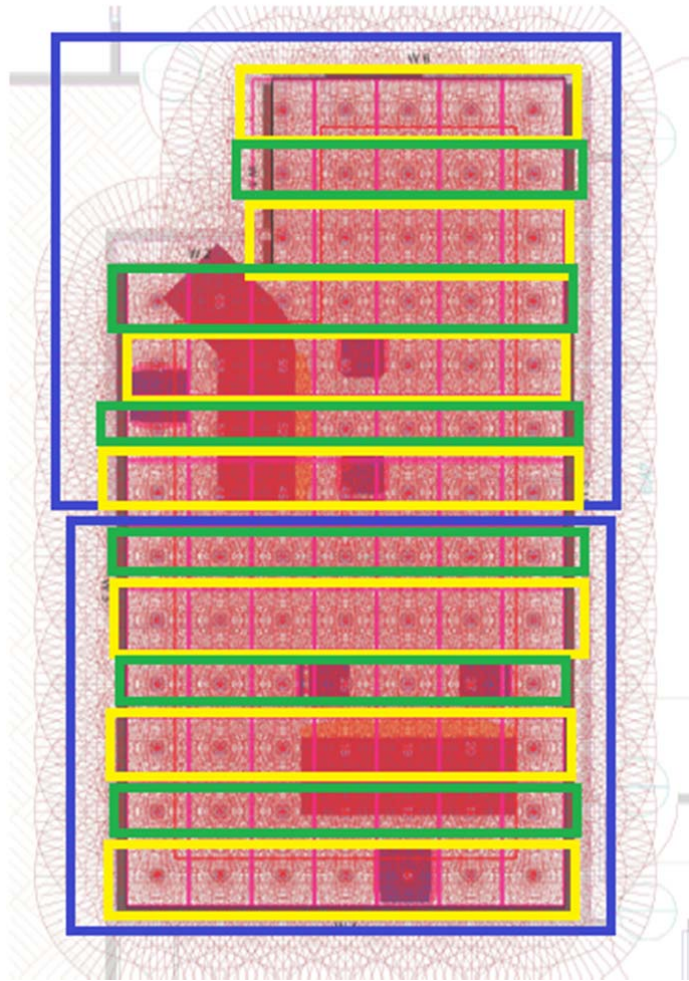
Καθορίζεται ένα κύκλωμα φωτισμού, η ένταση φωτισμού έχει μελετηθεί στα 200lm και ως εκ τούτου, δεν κρίνεται σκόπιμη μια πιο μικρή ομαδοποίηση

5.8.3 Χώρος διεύθυνσης



Εικόνα 5-10

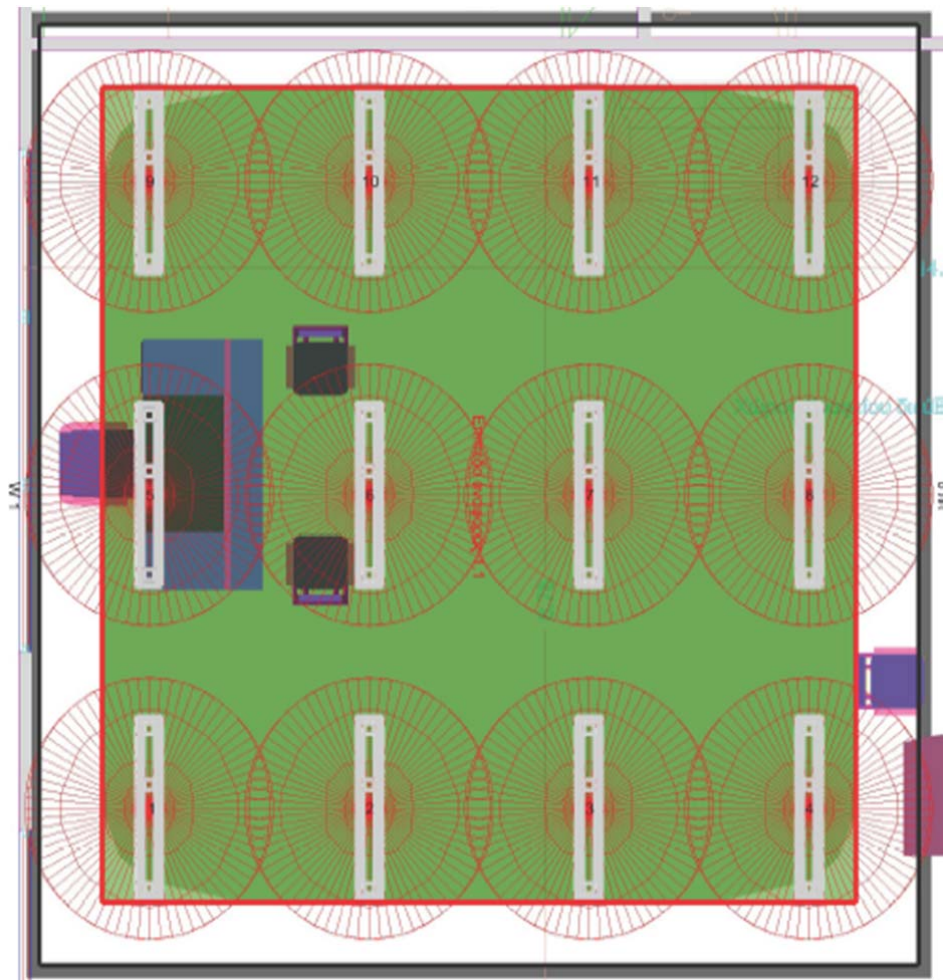
Κάτοψη του χώρου διεύθυνσης



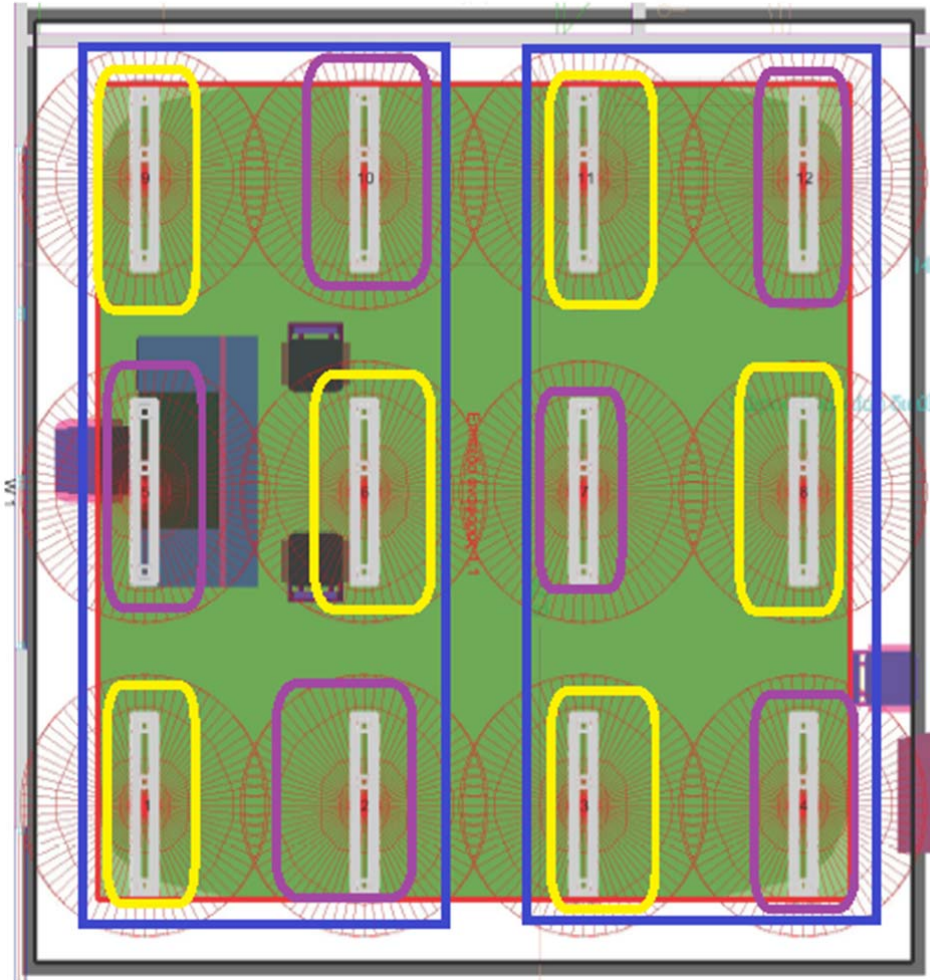
Εικόνα 5-11 Κάτοψη του χώρου διεύθυνσης με τα κυκλώματα φωτισμού

Καθορίζονται δύο κυκλώματα φωτισμού (μπλε χρώμα), οπότε χωρίζεται στα δύο ο χώρος. Επίσης στις μπλε περιοχές υπάρχει η δυνατότητα να ανάβουν τα φωτιστικά ανά δύο και όχι όλα μαζί (κίτρινη ομάδα και πράσινη ομάδα).

5.8.4 Χώρος συσκέψεων



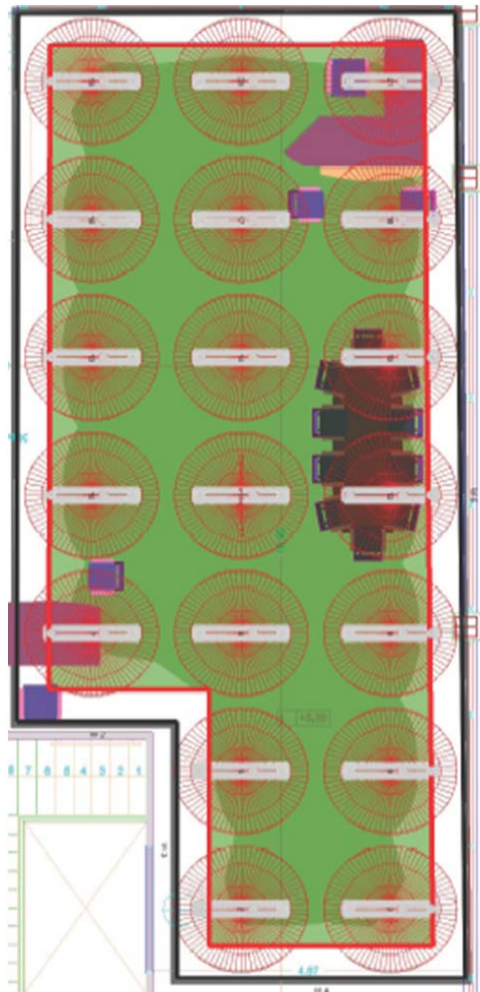
Εικόνα 5-12 κάτοψη του χώρου συσκέψεων



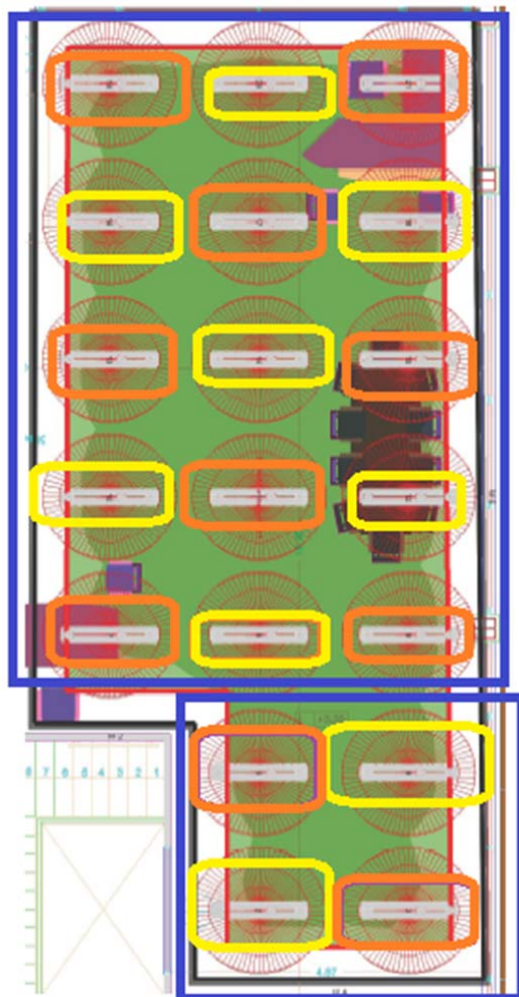
Εικόνα 5-13 κάτοψη του χώρου συσκέψεων με τα κυκλώματα φωτισμού

Καθορίζονται δύο κυκλώματα φωτισμού (μπλε χρώμα), οπότε χωρίζεται στα δύο ο χώρος. Επίσης στις μπλε περιοχές υπάρχει η δυνατότητα να ανάβουν τα φωτιστικά ανά δύο και όχι όλα μαζί (κίτρινη ομάδα και πράσινη ομάδα).

5.8.5 Χώρος γραφείων



Εικόνα 5-14 κάτοψη του χώρου γραφείων



Εικόνα 5-15 Κάτοψη του χώρου γραφείων με τα κυκλώματα φωτισμού

Καθορίζονται δύο κυκλώματα φωτισμού (μπλε χρώμα), οπότε χωρίζεται στα δύο ο χώρος. Επίσης στις μπλε περιοχές υπάρχει η δυνατότητα να ανάβουν τα φωτιστικά ανά δύο και όχι όλα μαζί (κίτρινη ομάδα και πορτοκαλί ομάδα).

5.8.6 Συνολικό πλήθος των φωτιστικών σωμάτων ανά χώρο

Χώρος		Συνολικά φωτιστικά σώματα σε κάθε χώρο
Χώρος γραμματείας		8
Χώρος αναμονής		21
Γραφείο διεύθυνσης		85
Χώρος συσκέψεων		12
Χώρος γραφείων		19

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] <https://www.lkhp.com.sg/wp-content/uploads/2021/07/office-lighting-brochure-erco.pdf>
- [2] <https://www.erco.com/en/designing-with-light/mediaassetpool/case-studies/case-study-work-6424/>
- [3] <https://www.warehouse-lighting.com/blogs/lighting-application-suggestions/different-types-of-office-lighting>
- [4] <https://reductionrevolution.com.au/blogs/how-to/colour-temperature>
- [5] https://www.stouchlighting.com/blog/led_light_cri_cct_foot-candle
- [6] Φ.Β. Τοπαλής, Λ. Οικονόμου, Σ. Κουρτέση, Φωτοτεχνία, Εκδόσεις Τζιόλα