



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΕ ΚΤΗΡΙΟ

ΣΤΑΣΙΝΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΑΜ: 6658

ΦΩΤΟΥ ΦΩΤΙΟΣ, ΑΜ:6608

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΔΡΟΣΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2023

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

Πάτρα, Ημερομηνία

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή
2. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή
3. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητών

Βεβαιώνουμε ότι είμαι συγγραφείς αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης έχουμε αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έγινε χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμάς 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 των φοιτητών Στασίνοσ Παναγιώτης και Φώτος Φώτης που την εκπόνησαν. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίας 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 μια βιοτεχνία ξηρών καρπών που διαθέτει και χώρο γραφείων. Στο πρώτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια εισαγωγή σχετικά με τις θεωρίες περί φωτός ανά τον κόσμο. Ακολουθεί το δεύτερο κεφάλαιο όπου περιγράφονται οι βασικές ιδιότητες του φωτός και στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια εκτενής αναφορά στις ιδιότητες των λαμπτήρων LED που έχουν επικρατήσει στις μέρες μας σε όλους τους τομείς. Κατόπιν στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι ιδιαίτερες απαιτήσεις φωτισμού που έχουν τα γραφεία και οι βιομηχανικοί χώροι και στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση του προς μελέτη χώρου και παρατίθενται τα φωτοτεχνικά αποτελέσματα της μελέτης. Τέλος στο έκτο κεφάλαιο πραγματοποιείται μια τεχνοοικονομική μελέτη της εγκατάστασης φωτισμού.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	II
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	III
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	V
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	V
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	VI
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ ^{[1][2]}	1
1.1 Η φύση του φωτός.....	1
1.2 Οι θεωρίες του φωτός μέσα από την ιστορία.....	3
1.2.1 Θεωρίες ακτίνων στον αρχαίο κόσμο	3
1.2.2 Πρώιμες θεωρίες σωματιδίων και κυμάτων.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ^{[1][2]}	7
2.1 Ακτίνες φωτός.....	7
2.2 Ανάκλαση και διάθλαση	8
2.2.1 Συνολική εσωτερική αντανάκλαση	11
2.2.2 Διασπορά	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΦΩΤΕΙΝΕΣ ΠΗΓΕΣ LED ^[3]	15
3.1 Οι απαρχές του LED	15
3.2 Πλεονεκτήματα του φωτισμού LED.....	16
3.2.1 Μεγάλη διάρκεια ζωής	16
3.2.2 Ενεργειακή απόδοση.....	17
3.2.3 Βελτιωμένη Περιβαλλοντική Απόδοση	17
3.2.4 Η δυνατότητα λειτουργίας σε ψυχρές συνθήκες.....	18
3.2.5 Χωρίς εκπομπές θερμότητας ή υπεριώδους ακτινοβολίας	18
3.2.6 Ευελιξία σχεδιασμού.....	18
3.2.7 Άμεσος φωτισμός και ικανότητα αντοχής στις συχνές εναλλαγές	19
3.3 Οι συντελεστές CRI και CCT και η σημασία τους για την επίτευξη σωστού φωτισμού ^[4]	19
3.3.1 Τι είναι το CRI και γιατί είναι σημαντικό.....	20
3.3.2 CCT και η σημασία του	21
3.3.3 Εφαρμογή φωτιστικών LED ανάλογα με το CRI και το CCT τους.....	22
3.4 Διαβάθμιση IP και IK στα φωτιστικά ^[8]	24
3.4.1 Βαθμολογία προστασίας εισόδου (IP - Ingress Protection).	24
3.4.1.1 Πρώτος Αριθμός.....	24
3.4.1.2 Δεύτερος αριθμός	25
3.4.2 Βαθμολογία προστασίας από κρούσεις (Impact protection -IK).....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ ^{[5][6][7][1]}	30
4.1 Πέντε οφέλη του Σωστού Βιομηχανικού Φωτισμού	30
4.1.1 Αύξηση της παραγωγικότητας	30
4.1.2 Βελτίωση της οπτικής εμπειρίας.....	31
4.1.3 Μείωση των ατυχημάτων	32
4.1.4 Βελτίωση του εργασιακού περιβάλλοντος	32
4.1.5 Μείωση προβλημάτων υγείας	33
4.1.6 Αύξηση της παραγωγικότητας	33
4.2 Η σπουδαιότητα του σωστού φωτιστικού στην επεξεργασία τροφίμων.....	34
4.2.1 Σχεδιασμός Υλικών & Δομών	34
4.2.2 CCT & CRI.....	35
4.2.3 Αδιαβροχοποίηση	35

4.3	Η επίδραση της θερμοκρασίας φωτισμού και του εσωτερικού χρώματος στον χώρο του γραφείου και στους εργαζόμενους.....	36
4.3.1	Θερμοκρασία χρώματος φωτισμού και παραγωγικότητα εργαζομένων	37
4.3.2	Σχεδιασμός χώρου γραφείου με χρήση φωτισμού και χρωμάτων.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΚΑΙ ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ		42
5.1	Παρουσίαση του προς μελέτη χώρου	42
5.1.1	Χώρος γραφείων.....	42
5.1.2	Χώρος εισόδου και αποθήκευσης α' υλών/ Χώρος αποθήκευσης συσκευασμένων προϊόντων.....	42
5.1.3	Χώρος πλύσης και φούρνων	42
5.1.4	Χώρος τυποποίησης.....	43
5.1.5	Χώρος αποθήκευσης τυποποιημένων προϊόντων	44
5.2	Προδιαγραφές φωτισμού ^[9]	44
5.3	Τα χρησιμοποιηθέντα φωτιστικά	46
5.3.1	Φωτιστικό εισόδου – φουαγιέ, εισόδου – εξόδου βιοτεχνίας, διαδρόμου βιοτεχνίας και βοηθητικού χώρου βιοτεχνίας.....	46
5.3.2	Φωτιστικά αίθουσας σεμιναρίων.....	46
5.3.3	Φωτιστικό χώρου αποθήκευσης α' υλών, χώρου συσκευασίας, χώρου αποθήκευσης παλετών, χώρου φούρνων και πλύσης.....	47
5.3.4	Φωτιστικό γραφείων και αίθουσας συσκέψεων.....	48
5.3.5	Φωτιστικό WC.....	48
5.3.6	Φωτιστικό διαδρόμου γραφείων και κλιμακοστασίου.....	49
5.4	Παρουσίαση φωτομετρικών αποτελεσμάτων κάθε χώρου	49
5.4.1	Γραφείο 1	49
5.4.2	Γραφείο 2	50
5.4.3	Γραφείο 3	50
5.4.4	Γραφείο 4	50
5.4.5	Γραφείο 5	51
5.4.6	Γραφείο 6	51
5.4.7	Γραφείο 7	51
5.4.8	Αίθουσα σεμιναρίων.....	52
5.4.9	Αίθουσα συσκέψεων	52
5.4.10	Γραφείο τεχνικού	52
5.4.11	Διάδρομος γραφείων	53
5.4.12	Υποδοχή - Φουαγιέ	53
5.4.13	Κλιμακοστάσιο	53
5.4.14	Είσοδος – Έξοδος βιοτεχνίας.....	54
5.4.15	Χώρος αποθήκευσης Α' Υλών	54
5.4.16	Χώρος αποθήκευσης παλετών.....	54
5.4.17	Χώρος συσκευασίας.....	55
5.4.18	Χώρος φούρνων	55
5.4.19	Βοηθητικός χώρος.....	55
5.4.20	Διάδρομος βιοτεχνίας	56
5.4.21	WC 1.....	56
5.4.22	WC 2.....	56
5.4.23	WC ΑΜΕΑ	57
5.4.24	ΠΡΟΘΑΛΑΜΟΣ WC.....	57
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 –ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ		58
6.1	Υπολογισμός κόστους προμήθειας, εγκατάστασης και κατανάλωσης των φωτιστικών	58
6.2	Υπολογισμός απόσβεσης της επένδυσης	64
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		65

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1-1	Ο	Πυθαγόρας	
(https://www.britannica.com/science/light)			3
Εικόνα 1-2	Galileo:	τηλεσκόπιο	
(https://www.britannica.com/science/light0			5
Εικόνα 2-1	πρίσμα	διαχέοντας	φωτός
(https://www.britannica.com/science/light			13
Εικόνα 3-1	Η Τεχνολογική εξέλιξη του Φωτισμού		
(https://blog.kafkas.gr/led-filament-vs-led/)			16
Εικόνα 3-1	Η σπουδαιότητα του συντελεστή CRI στην ανάδειξη του χρώματος		
			21
Εικόνα 3-2	Η κλίμακα θερμοκρασίας χρώματος φωτισμού LED σε βαθμούς Kelvin. Από αριστερά προς τα δεξιά παρουσιάζονται τα θερμότερα, τα ουδέτερα έως τα ψυχρά. (https://blog.kafkas.gr/sostiperilogi-fotismou/)		
			22
Εικόνα 3-3	Διαφορετική αίσθηση του χώρου με χρήση διαφορετικού CRI		
			23
Εικόνα 4-1	Φωτισμός βιομηχανικού χώρου		
(https://www.idesuk.com/benefits-of-perfect-led-warehouse-lighting/)			30
Εικόνα 4-2	Διαφορετική χρωματική υφή ανάλογα με το CRI		
(https://www.agcled.com/blog/a-guide-to-led-light-in-food-processing.htm)			35
Εικόνα 4-3	Χρήση φυσικού και τεχνητού φωτισμού σε γραφείο		
(https://www.2020spaces.com/blog-office-lighting-design-explained/)			39

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1-1	Το φάσμα του ορατού φωτός		
(https://www.britannica.com/science/light)			1
Σχήμα 2-1	γωνία πρόσπτωσης και γωνία ανάκλασης		
(https://www.britannica.com/science/light)			8
Σχήμα 2-2	αντανάκλαση του φωτός σε έναν καθρέφτη		
(https://www.britannica.com/science/light)			9
Σχήμα 2-3	διάχυτη αντανάκλαση του φωτός		
(https://www.britannica.com/science/light)			9

Σχήμα 2-4	νόμος	της	διάθλασης	
(https://www.britannica.com/science/light)				10
Σχήμα 2-5	Ολική	εσωτερική	αντανάκλαση	
(https://www.britannica.com/science/light)				12
Σχήμα 2-6	εφέ	ουράνιου	τόξου	
(https://www.britannica.com/science/light)				14
Σχήμα 5-1	Ο χώρος της μελέτης.....			44

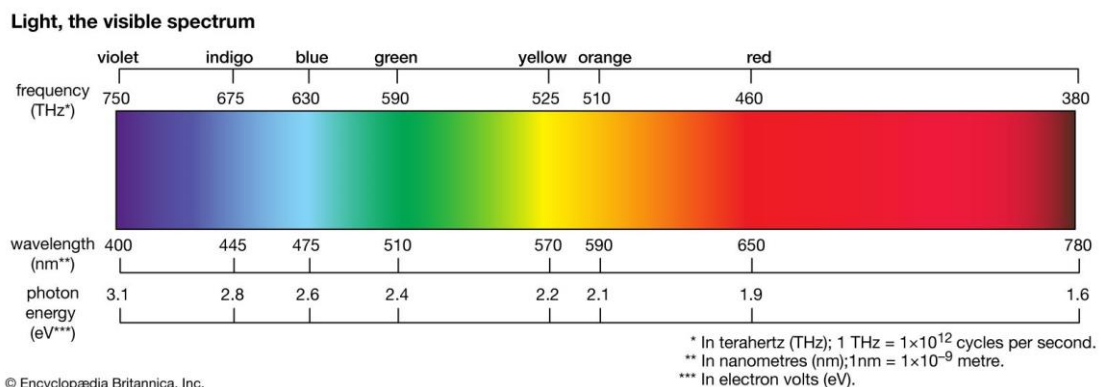
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 3-1	Συγκεντρωτικός πίνακας με τις διαβαθμίσεις IP	.....	26
Πίνακας 3-2	Βαθμοί προστασίας για το χώρο της βιοτεχνίας	.....	27
Πίνακας 3-3	Βαθμοί προστασίας για το χώρο των γραφείων	.....	28
Πίνακας 6-1	Τεχνικά στοιχεία των φωτιστικών της εγκατάστασης	.....	58
Πίνακας 6-2	Κόστος φωτιστικών σωμάτων	.....	58
Πίνακας 6-3	Συνολική ηλεκτρική ισχύς όλων των φωτιστικών	.....	59
Πίνακας 6-4	Οι τιμές για επαγγελματικό τιμολόγιο Γ21	.....	62
Πίνακας 6-5	Παράδειγμα υπολογισμού λογαριασμού για επαγγελματικό τιμολόγιο Γ21	.....	62
Πίνακας 6-6	Υπολογισμός ποσών στη διάρκεια ενός έτους	.....	63

1 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ^{[1][2]}

1.1 Η φύση του φωτός

Το φως είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που μπορεί να ανιχνευθεί από το ανθρώπινο μάτι. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εμφανίζεται σε ένα εξαιρετικά μεγάλο εύρος μηκών κύματος, από ακτίνες γάμμα με μήκη κύματος μικρότερα από περίπου 1×10^{-11} μέτρα έως ραδιοκύματα μετρημένα σε μέτρα. Μέσα σε αυτό το ευρύ φάσμα τα μήκη κύματος που είναι ορατά στον άνθρωπο καταλαμβάνουν μια πολύ στενή ζώνη, από περίπου 700 νανόμετρα (nm, δισεκατομμυριοστά του μέτρου) για το κόκκινο φως έως περίπου 400 nm για το ιώδες φως. Οι φασματικές περιοχές δίπλα στην ορατή ζώνη αναφέρονται συχνά και ως φως, υπέρυθρο στο ένα άκρο και υπεριώδες στο άλλο. Η ταχύτητα του φωτός στο κενό είναι μια θεμελιώδης φυσική σταθερά, η σημερινή αποδεκτή τιμή της οποίας είναι ακριβώς 299.792.458 μέτρα ανά δευτερόλεπτο, ή περίπου 186.282 μίλια ανά δευτερόλεπτο.



Σχήμα 1-1 Το φάσμα του ορατού φωτός(<https://www.britannica.com/science/light>)

Καμία ενιαία απάντηση στην ερώτηση "Τι είναι το φως;" ικανοποιεί τα πολλά πλαίσια στα οποία το φως βιώνεται, εξερευνάται και εκμεταλλεύεται. Ο φυσικός ενδιαφέρεται για τις φυσικές ιδιότητες του φωτός, ο καλλιτέχνης για μια αισθητική εκτίμηση του οπτικού κόσμου. Μέσω της αίσθησης της όρασης, το φως είναι ένα πρωταρχικό εργαλείο για την αντίληψη του κόσμου και την επικοινωνία μέσα σε αυτόν. Το φως από τον Ήλιο θερμαίνει τη Γη, καθοδηγεί τα παγκόσμια καιρικά μοτίβα και ξεκινά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης που διατηρεί τη ζωή. Στη μεγαλύτερη κλίμακα, οι

αλληλεπιδράσεις του φωτός με την ύλη έχουν βοηθήσει στη διαμόρφωση της δομής του σύμπαντος. Πράγματι, το φως παρέχει ένα παράθυρο στο σύμπαν, από την κοσμολογική έως την ατομική κλίμακα. Σχεδόν όλες οι πληροφορίες για το υπόλοιπο σύμπαν φτάνουν στη Γη με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Ερμηνεύοντας αυτή την ακτινοβολία, οι αστρονόμοι μπορούν να δουν μια ματιά στις πρώτες εποχές του σύμπαντος, να μετρήσουν τη γενική διαστολή του σύμπαντος και να προσδιορίσουν τη χημική σύσταση των αστεριών και του διαστρικού μέσου. Όπως η εφεύρεση του τηλεσκοπίου διεύρυνε δραματικά την εξερεύνηση του σύμπαντος, έτσι και η εφεύρεση του μικροσκοπίου άνοιξε τον περίπλοκο κόσμο του κυττάρου. Η ανάλυση των συχνοτήτων του φωτός που εκπέμπεται και απορροφάται από τα άτομα ήταν μια κύρια ώθηση για την ανάπτυξη της κβαντικής μηχανικής. Οι ατομικές και μοριακές φασματοσκοπίες εξακολουθούν να είναι πρωταρχικά εργαλεία για την ανίχνευση της δομής της ύλης, παρέχοντας υπερευαίσθητες δοκιμές ατομικών και μοριακών μοντέλων και συμβάλλοντας σε μελέτες θεμελιωδών φωτοχημικών αντιδράσεων.

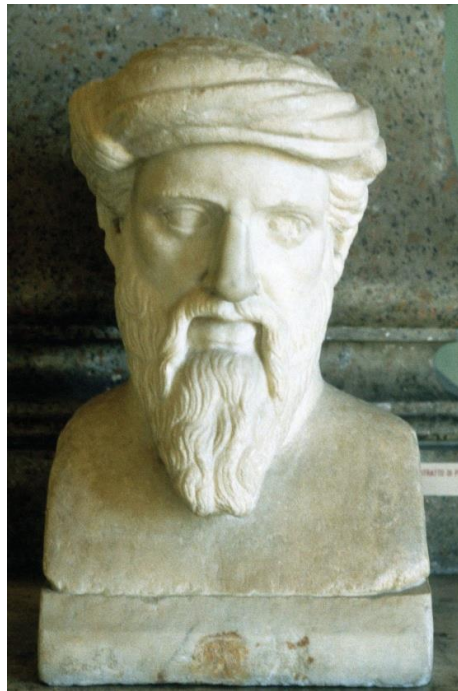
Στις περισσότερες καθημερινές περιστάσεις, οι ιδιότητες του φωτός μπορούν να προκύψουν από τη θεωρία του κλασικού ηλεκτρομαγνητισμού, στην οποία το φως περιγράφεται ως συζευγμένα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που διαδίδονται στο διάστημα ως κινούμενο κύμα. Ωστόσο, αυτή η κυματική θεωρία, που αναπτύχθηκε στα μέσα του 19ου αιώνα, δεν αρκεί για να εξηγήσει τις ιδιότητες του φωτός σε πολύ χαμηλές εντάσεις. Σε αυτό το επίπεδο χρειάζεται μια κβαντική θεωρία για να εξηγήσει τα χαρακτηριστικά του φωτός και να εξηγήσει τις αλληλεπιδράσεις του φωτός με άτομα και μόρια. Στην απλούστερη μορφή της, η κβαντική θεωρία περιγράφει το φως ως αποτελούμενο από διακριτά πακέτα ενέργειας, που ονομάζονται φωτόνια. Ωστόσο, ούτε ένα κλασικό κυματικό μοντέλο ούτε ένα κλασικό μοντέλο σωματιδίων περιγράφουν σωστά το φως. Το φως έχει μια διπλή φύση που αποκαλύπτεται μόνο στην κβαντομηχανική. Αυτή η εκπληκτική δυαδικότητα κύματος-σωματιδίου μοιράζεται όλα τα κύρια συστατικά της φύσης (π.χ., τα ηλεκτρόνια έχουν και σωματιδιακές και κυματοειδείς πτυχές). Από τα μέσα του 20ου αιώνα, μια πιο ολοκληρωμένη θεωρία του φωτός, γνωστή ως κβαντική ηλεκτροδυναμική (QED), θεωρείται από τους φυσικούς ως

ολοκληρωμένη. Το QED συνδυάζει τις ιδέες του κλασικού ηλεκτρομαγνητισμού, της κβαντικής μηχανικής και της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας.

1.2 Οι θεωρίες του φωτός μέσα από την ιστορία

1.2.1 Θεωρίες ακτίνων στον αρχαίο κόσμο

Ενώ υπάρχουν σαφείς ενδείξεις ότι απλά οπτικά όργανα όπως επίπεδα και κυρτά κάτοπτρα και κυρτοί φακοί χρησιμοποιήθηκαν από αρκετούς πρώιμους πολιτισμούς, οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι πιστώνονται γενικά με τις πρώτες επίσημες εικασίες για τη φύση του φωτός. Το εννοιολογικό εμπόδιο της διάκρισης της ανθρώπινης αντίληψης των οπτικών εφέ από τη φυσική φύση του φωτός εμπόδισε την ανάπτυξη των θεωριών του φωτός. Η εξέταση του μηχανισμού της όρασης κυριάρχησε σε αυτές τις πρώτες μελέτες.



Εικόνα 1-1 Ο Πυθαγόρας (<https://www.britannica.com/science/light>)

Ο Πυθαγόρας (περίπου 500 π.Χ.) πρότεινε ότι η όραση προκαλείται από οπτικές ακτίνες που προέρχονται από το μάτι και χτυπούν αντικείμενα, ενώ ο Εμπεδοκλής (περίπου 450 π.Χ.) φαίνεται ότι ανέπτυξε ένα μοντέλο όρασης στο οποίο το φως εκπέμπεται τόσο από αντικείμενα όσο και από το μάτι. . Ο Επίκουρος (περίπου 300 π.Χ.) πίστευε ότι το φως εκπέμπεται από άλλες πηγές εκτός από το μάτι και ότι η όραση παράγεται όταν το φως

αντανεκλάται από αντικείμενα και εισέρχεται στο μάτι. Ο Ευκλείδης (περίπου 300 π.Χ.), στην Οπτική του, παρουσίασε έναν νόμο της ανάκλασης και συζήτησε τη διάδοση των ακτίνων φωτός σε ευθείες γραμμές. Ο Πτολεμαίος (περίπου 100 μ.Χ.) ανέλαβε μια από τις πρώτες ποσοτικές μελέτες για τη διάθλαση του φωτός καθώς περνά από το ένα διαφανές μέσο σε ένα άλλο, ταξινομώντας ζεύγη γωνιών πρόσπτωσης και μετάδοσης για συνδυασμούς πολλών μέσων.

Με την παρακμή του ελληνορωμαϊκού βασιλείου, η επιστημονική πρόοδος μετατοπίστηκε στον ισλαμικό κόσμο. Συγκεκριμένα, ο al-Ma' mūn, ο έβδομος Αμπασίδης χαλίφης της Βαγδάτης, ίδρυσε τον Οίκο της Σοφίας (Bayt al-Hikma) το 830 Π.Χ. για να μεταφράσει, να μελετήσει και να βελτιώσει τα ελληνιστικά έργα της επιστήμης και της φιλοσοφίας. Μεταξύ των αρχικών μελετητών ήταν ο al-Khwārizmī και ο al-Kindī. Γνωστός ως ο «φιλόσοφος των Αράβων», ο al-Kindī επέκτεινε την έννοια της ευθύγραμμης διάδοσης των ακτίνων φωτός και συζήτησε τον μηχανισμό της όρασης. Μέχρι το 1000, το Πυθαγόρειο μοντέλο του φωτός είχε εγκαταλειφθεί και ένα μοντέλο ακτίνων, που περιείχε τα βασικά εννοιολογικά στοιχεία αυτού που είναι σήμερα γνωστό ως γεωμετρική οπτική, είχε εμφανιστεί. Συγκεκριμένα, ο Ibn al-Haytham (λατινοποιημένος ως Alhazen), στο Kitab al-manazir (περίπου 1038, «Optics»), απέδωσε σωστά την όραση στην παθητική λήψη των ακτίνων φωτός που αντανεκλώνται από αντικείμενα και όχι σε μια ενεργή εκπομπή ακτίνων φωτός από τα μάτια. Μελέτησε επίσης τις μαθηματικές ιδιότητες της ανάκλασης του φωτός από σφαιρικούς και παραβολικούς καθρέφτες και σχεδίασε λεπτομερείς εικόνες των οπτικών στοιχείων του ανθρώπινου ματιού. Το έργο του Ibn al-Haytham μεταφράστηκε στα λατινικά τον 13ο αιώνα και ήταν μια κινητήρια επιρροή στον Φραγκισκανό μοναχό και φυσικό φιλόσοφο Roger Bacon. Ο Bacon μελέτησε τη διάδοση του φωτός μέσω απλών φακών και πιστώνεται ως ένας από τους πρώτους που περιέγραψε τη χρήση φακών για τη διόρθωση της όρασης.

1.2.2 Πρώιμες θεωρίες σωματιδίων και κυμάτων



Εικόνα 1-2 Galileo: τηλεσκόπιο (<https://www.britannica.com/science/light0>)

Με την αυγή του 17ου αιώνα, σημαντική πρόοδος ξανασημειώθηκε στην Ευρώπη. Τα σύνθετα μικροσκόπια κατασκευάστηκαν για πρώτη φορά στην Ολλανδία μεταξύ 1590 και 1608 (πιθανώς από τον Hans και τον Zacharias Jansen) και οι περισσότερες πηγές πιστώνουν σε έναν άλλο Ολλανδό, τον Hans Lippershey, την εφεύρεση του τηλεσκοπίου το 1608. Ο Ιταλός αστρονόμος Galileo βελτίωσε γρήγορα τον σχεδιασμό του το διαθλαστικό τηλεσκόπιο και το χρησιμοποίησε στις ανακαλύψεις του για τα φεγγάρια του Δία και τους δακτυλίους του Κρόνου το 1610. (Η διάθλαση αναφέρεται στο πέρασμα του φωτός από το ένα μέσο στο άλλο—σε αυτή την περίπτωση, από τον αέρα σε έναν γυάλινο φακό.) Ο Γερμανός Ο αστρονόμος Johannes Kepler παρουσίασε μια κατά προσέγγιση μαθηματική ανάλυση των ιδιοτήτων εστίασης των φακών στο *Dioptrice* (1611). Μια εμπειρική πρόοδος έγινε από τον Ολλανδό αστρονόμο Willebrord Snell το 1621 με την ανακάλυψη της μαθηματικής σχέσης (νόμος Snell) μεταξύ των γωνιών πρόσπτωσης και μετάδοσης για μια ακτίνα φωτός που διαθλάται μέσω μιας διεπαφής μεταξύ δύο μέσων. Το 1657 ο Γάλλος μαθηματικός Pierre de Fermat παρουσίασε μια ενδιαφέρουσα παραγωγή του νόμου του Snell βασισμένη στην αρχή του

ελάχιστου χρόνου, η οποία υποστήριξε ότι το φως ακολουθεί τη διαδρομή του ελάχιστου χρόνου ταξιδεύοντας από το ένα σημείο στο άλλο. Η μεταθανάτια δημοσίευση των μελετών του Ιησουίτη μαθηματικού Francesco Grimaldi το 1665 περιέγραψε για πρώτη φορά αυτά που σήμερα ονομάζονται φαινόμενα περίθλασης, στα οποία το φως που περνά από ένα εμπόδιο φαίνεται να διεισδύει στη γεωμετρική σκιά. Το 1676 ο Δανός αστρονόμος Ole Rømer χρησιμοποίησε τις μετρήσεις του για τις αλλαγές στις φαινομενικές περιόδους τροχιάς των φεγγαριών του Δία κατά τη διάρκεια ενός έτους για να συναγάγει μια κατά προσέγγιση τιμή για την ταχύτητα του φωτός. Η σημασία του έργου του Rømer ήταν η συνειδητοποίηση ότι η ταχύτητα του φωτός δεν είναι άπειρη.

Τα πρωταρχικά φυσικά μοντέλα της φύσης του φωτός αναπτύχθηκαν παράλληλα με τις πολλές εμπειρικές ανακαλύψεις του 17ου αιώνα. Δύο ανταγωνιστικά μοντέλα φωτός, ως συλλογή από ταχέως κινούμενα σωματίδια και ως ένα διαδιδόμενο κύμα, προχώρησαν. Στο *La Dioptrique* (1637), ο Γάλλος φιλόσοφος-μαθηματικός René Descartes περιέγραψε το φως ως ένα κύμα πίεσης που μεταδίδεται με άπειρη ταχύτητα μέσω ενός διάχυτου ελαστικού μέσου. Ο εξέχων Άγγλος φυσικός Ρόμπερτ Χουκ μελέτησε τα φαινόμενα περίθλασης και την παρεμβολή λεπτής μεμβράνης και κατέληξε στο συμπέρασμα στο *Micrographia* (1665) ότι το φως είναι μια ταχεία δόνηση οποιουδήποτε μέσου μέσω του οποίου διαδίδεται. Στο *Traité de la Lumière* (1690, «*Treatise on Light*»), ο Ολλανδός μαθηματικός-αστρονόμος Christiaan Huygens διατύπωσε την πρώτη λεπτομερή κυματική θεωρία του φωτός, στο πλαίσιο της οποίας μπόρεσε επίσης να αντλήσει τους νόμους της ανάκλασης και της διάθλασης.

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΒΑΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ^{[1][2]}

Δεν χρειαζόταν λεπτομερής κατανόηση της φύσης του φωτός για την ανάπτυξη, ξεκινώντας από το 1600, μιας πρακτικής επιστήμης της οπτικής και του σχεδιασμού οπτικών οργάνων. Αντίθετα, ένα σύνολο εμπειρικών κανόνων που περιγράφουν τη συμπεριφορά του φωτός καθώς διασχίζει διαφανή υλικά και ανακλάται από λείες επιφάνειες ήταν επαρκής για να υποστηρίξει τις πρακτικές προόδους στην οπτική. Γνωστοί συλλογικά σήμερα ως γεωμετρική οπτική, οι κανόνες αποτελούν ένα εξαιρετικά χρήσιμο, αν και πολύ προσεγγιστικό, μοντέλο φωτός. Οι κύριες εφαρμογές τους είναι η ανάλυση οπτικών συστημάτων -κάμερες, μικροσκόπια, τηλεσκόπια- και η εξήγηση απλών οπτικών φαινομένων στη φύση.

2.1 Ακτίνες φωτός

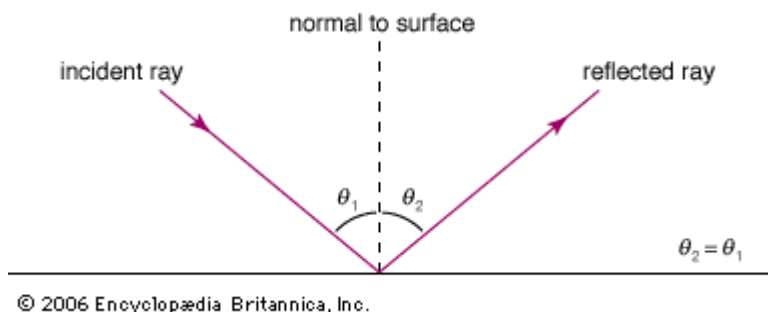
Το βασικό στοιχείο στη γεωμετρική οπτική είναι η φωτεινή ακτίνα, μια υποθετική κατασκευή που υποδεικνύει την κατεύθυνση της διάδοσης του φωτός σε οποιοδήποτε σημείο του χώρου. Η προέλευση αυτής της έννοιας χρονολογείται από τις πρώτες εικασίες σχετικά με τη φύση του φωτός. Μέχρι τον 17ο αιώνα η πυθαγόρεια έννοια των οπτικών ακτίνων είχε εγκαταλειφθεί εδώ και πολύ καιρό, αλλά η παρατήρηση ότι το φως ταξιδεύει σε ευθείες γραμμές οδήγησε φυσικά στην ανάπτυξη της έννοιας των ακτίνων. Είναι εύκολο να φανταστεί κανείς ότι αντιπροσωπεύει μια στενή δέσμη φωτός από μια συλλογή παράλληλων βελών - μια δέσμη ακτίνων. Καθώς η δέσμη φωτός μετακινείται από το ένα μέσο στο άλλο, ανακλάται από τις επιφάνειες, διασκορπίζεται ή έρχεται σε εστίαση, η δέσμη των ακτίνων παρακολουθεί την πρόοδο της δέσμης με απλό γεωμετρικό τρόπο.

Η γεωμετρική οπτική αποτελείται από ένα σύνολο κανόνων που καθορίζουν τις διαδρομές που ακολουθούν οι ακτίνες φωτός. Σε οποιοδήποτε ομοιόμορφο μέσο οι ακτίνες ταξιδεύουν σε ευθείες γραμμές. Το φως που εκπέμπεται από μια μικρή εντοπισμένη πηγή αντιπροσωπεύεται από μια συλλογή ακτίνων που δείχνουν ακτινικά προς τα έξω από μια εξιδανικευμένη «σημειακή πηγή». Μια συλλογή από παράλληλες ακτίνες χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει το φως που ρέει με ομοιόμορφη ένταση στο διάστημα. Παραδείγματα περιλαμβάνουν το φως από ένα μακρινό αστέρι και το φως

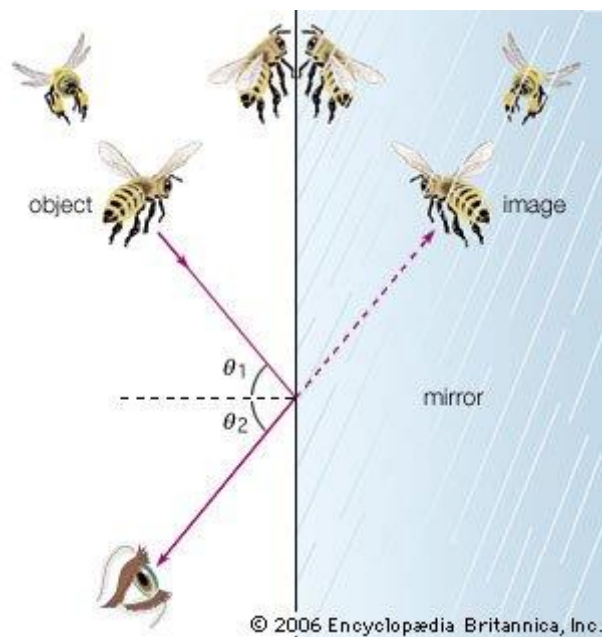
από ένα λέιζερ. Ο σχηματισμός μιας έντονης σκιάς όταν ένα αντικείμενο φωτίζεται από μια παράλληλη δέσμη φωτός εξηγείται εύκολα με τον εντοπισμό των μονοπατιών των ακτίνων που δεν εμποδίζονται από το αντικείμενο.

2.2 Ανάκλαση και διάθλαση

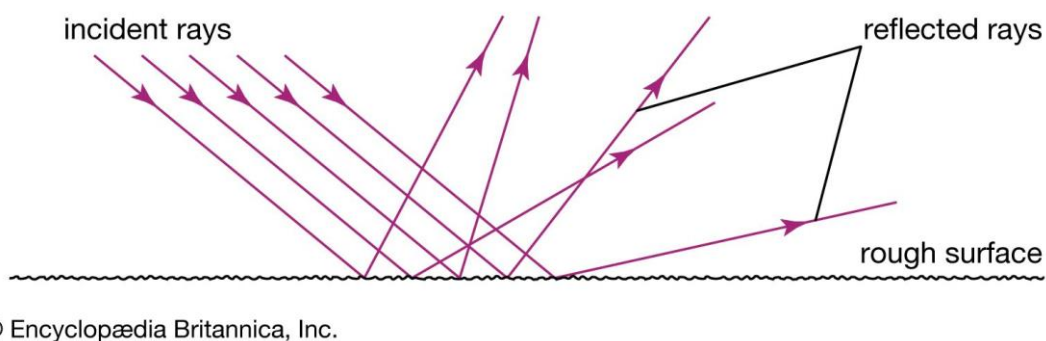
Οι ακτίνες φωτός αλλάζουν κατεύθυνση όταν αντανακλώνται από μια επιφάνεια, μετακινούνται από ένα διαφανές μέσο σε ένα άλλο ή ταξιδεύουν μέσω ενός μέσου του οποίου η σύσταση αλλάζει συνεχώς. Ο νόμος της ανάκλασης δηλώνει ότι, κατά την ανάκλαση από μια λεία επιφάνεια, η γωνία της ανακλώμενης ακτίνας είναι ίση με τη γωνία της προσπίπτουσας ακτίνας. (Κατά σύμβαση, όλες οι γωνίες στη γεωμετρική οπτική μετρώνται σε σχέση με την κάθετη προς την επιφάνεια, δηλαδή με μια ευθεία κάθετη στην επιφάνεια.) Η ανακλώμενη ακτίνα βρίσκεται πάντα στο επίπεδο που ορίζεται από την προσπίπτουσα ακτίνα και η κάθετη προς την επιφάνεια. Ο νόμος της ανάκλασης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατανόηση των εικόνων που παράγονται από επίπεδους και καμπυλωτούς καθρέφτες. Σε αντίθεση με τους καθρέφτες, οι περισσότερες φυσικές επιφάνειες είναι τραχιές στην κλίμακα του μήκους κύματος του φωτός και, κατά συνέπεια, οι παράλληλες προσπίπτουσες ακτίνες φωτός αντανακλώνται σε πολλές διαφορετικές κατευθύνσεις ή διάχυτα. Η διάχυτη ανάκλαση είναι υπεύθυνη για την ικανότητα να βλέπει κανείς τις περισσότερες φωτισμένες επιφάνειες από οποιαδήποτε θέση—οι ακτίνες φτάνουν στα μάτια αφού αντανακλούν κάθε τμήμα της επιφάνειας.



Σχήμα 2-1 γωνία πρόσπτωσης και γωνία ανάκλασης
(<https://www.britannica.com/science/light>)



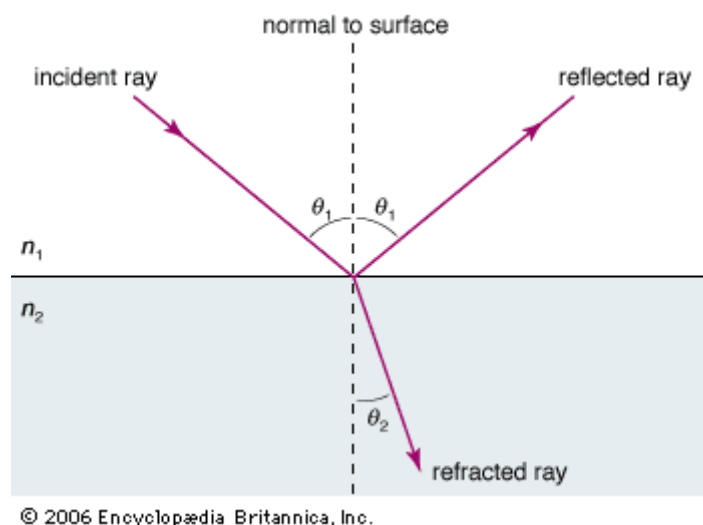
Σχήμα 2-2 αντανάκλαση του φωτός σε έναν καθρέφτη (<https://www.britannica.com/science/light>)



Σχήμα 2-3 διάχυτη αντανάκλαση του φωτός (<https://www.britannica.com/science/light>)

Όταν το φως που ταξιδεύει σε ένα διαφανές μέσο συναντά ένα όριο με ένα δεύτερο διαφανές μέσο (π.χ. αέρα και γυαλί), ένα μέρος του φωτός ανακλάται και ένα μέρος μεταδίδεται στο δεύτερο μέσο. Καθώς το εκπεμπόμενο φως μετακινείται στο δεύτερο μέσο, αλλάζει την κατεύθυνση της διαδρομής του. δηλαδή διαθλάται. Ο νόμος της διάθλασης, γνωστός και ως νόμος του Snell, περιγράφει τη σχέση μεταξύ της γωνίας πρόσπτωσης (θ_1) και της γωνίας διάθλασης (θ_2), μετρούμενη σε σχέση με την κανονική («κάθετη γραμμή») στην επιφάνεια, με μαθηματικούς όρους. : $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$, όπου n_1 και n_2 είναι ο δείκτης διάθλασης του πρώτου και του δεύτερου μέσου,

αντίστοιχα. Ο δείκτης διάθλασης για οποιοδήποτε μέσο είναι μια αδιάστατη σταθερά ίση με τον λόγο της ταχύτητας του φωτός στο κενό προς την ταχύτητά του σε αυτό το μέσο.



© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.

Σχήμα 2-4 νόμος της διάθλασης (<https://www.britannica.com/science/light>)

Εξ ορισμού, ο δείκτης διάθλασης για ένα κενό είναι ακριβώς 1. Επειδή η ταχύτητα του φωτός σε οποιοδήποτε διαφανές μέσο είναι πάντα μικρότερη από την ταχύτητα του φωτός στο κενό, οι δείκτες διάθλασης όλων των μέσων είναι μεγαλύτεροι από έναν, με δείκτες για τυπικά διαφανή υλικά μεταξύ ενός και δύο. Για παράδειγμα, ο δείκτης διάθλασης του αέρα σε τυπικές συνθήκες είναι 1,0003, το νερό είναι 1,33 και το γυαλί είναι περίπου 1,5.

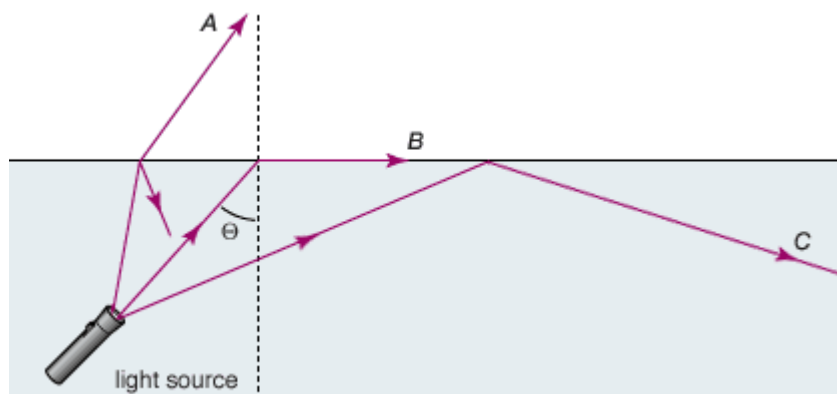
Τα βασικά χαρακτηριστικά της διάθλασης προέρχονται εύκολα από το νόμο του Snell. Η ποσότητα κάμψης μιας ακτίνας φωτός καθώς διασχίζει ένα όριο μεταξύ δύο μέσων υπαγορεύεται από τη διαφορά στους δύο δείκτες διάθλασης. Όταν το φως περνά σε ένα πυκνότερο μέσο, η ακτίνα κάμπτεται προς το κανονικό. Αντίστροφα, το φως που αναδύεται λοξά από ένα πιο πυκνό μέσο λυγίζει μακριά από το κανονικό. Στην ειδική περίπτωση που η προσπίπτουσα δέσμη είναι κάθετη στο όριο (δηλαδή ίση με την κανονική), δεν υπάρχει αλλαγή στην κατεύθυνση του φωτός καθώς εισέρχεται στο δεύτερο μέσο.

Ο νόμος του Snell διέπει τις απεικονιστικές ιδιότητες των φακών. Οι ακτίνες φωτός που διέρχονται από έναν φακό κάμπτονται και στις δύο επιφάνειες του φακού. Με τον κατάλληλο σχεδιασμό των καμπυλοτήτων των επιφανειών,

μπορούν να πραγματοποιηθούν διάφορα εφέ εστίασης. Για παράδειγμα, οι ακτίνες που αρχικά αποκλίνουν από μια σημειακή πηγή φωτός μπορούν να ανακατευθυνθούν από έναν φακό για να συγκλίνουν σε ένα σημείο του χώρου, σχηματίζοντας μια εστιασμένη εικόνα. Η οπτική του ανθρώπινου ματιού επικεντρώνεται γύρω από τις ιδιότητες εστίασης του κερατοειδούς και του κρυσταλλικού φακού. Οι ακτίνες φωτός από μακρινά αντικείμενα περνούν μέσα από αυτά τα δύο συστατικά και εστιάζονται σε μια ευκρινή εικόνα στον φωτοευαίσθητο αμφιβληστροειδή. Άλλα συστήματα οπτικής απεικόνισης ποικίλλουν από απλές εφαρμογές ενός φακού, όπως ο μεγεθυντικός φακός, τα γυαλιά οράσεως και ο φακός επαφής, έως πολύπλοκες διαμορφώσεις πολλαπλών φακών. Δεν είναι ασυνήθιστο για μια σύγχρονη φωτογραφική μηχανή να έχει μισή ντουζίνα ή περισσότερα ξεχωριστά στοιχεία φακού, επιλεγμένα για να παράγουν συγκεκριμένες μεγεθύνσεις, να ελαχιστοποιούν τις απώλειες φωτός μέσω ανεπιθύμητων ανακλάσεων και να ελαχιστοποιούν την παραμόρφωση της εικόνας που προκαλείται από εκτροπές του φακού.

2.2.1 Συνολική εσωτερική αντανάκλαση

Μια ενδιαφέρουσα συνέπεια του νόμου της διάθλασης σχετίζεται με το πέρασμα του φωτός σε ένα μέσο με χαμηλότερο δείκτη διάθλασης. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, σε αυτή την περίπτωση οι ακτίνες φωτός κάμπτονται μακριά από το κανονικό της διεπαφής μεταξύ των μέσων. Σε αυτό που ονομάζεται κρίσιμη γωνία πρόσπτωσης (Θ), οι διαθλώμενες ακτίνες σχηματίζουν γωνία 90° με την κανονική - με άλλα λόγια, απλώς ξεπερνούν το όριο των δύο μέσων. Το ημίτονο της κρίσιμης γωνίας προκύπτει εύκολα από τον νόμο της διάθλασης: $\sin \Theta = n_2/n_1$.



© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.

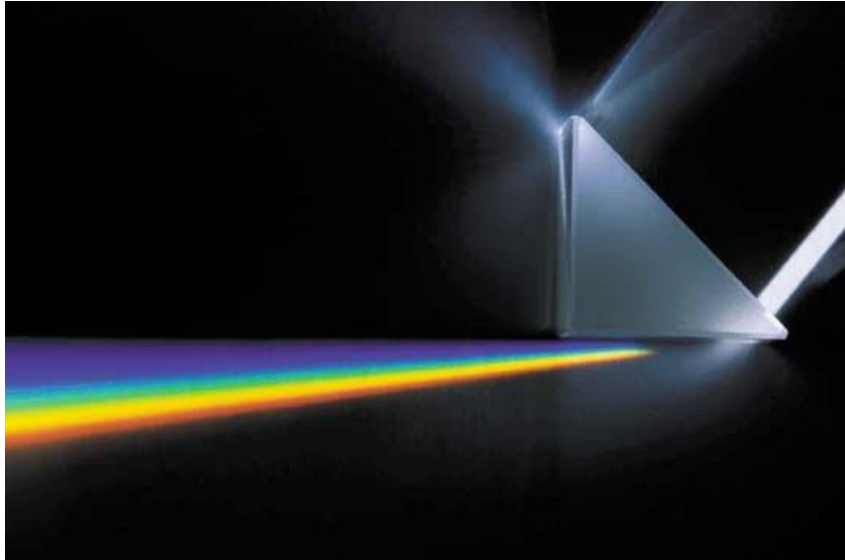
Σχήμα 2-5 Ολική εσωτερική αντανάκλαση (<https://www.britannica.com/science/light>)

Για οποιαδήποτε γωνία πρόσπτωσης μεγαλύτερη από την κρίσιμη γωνία, οι ακτίνες φωτός ανακλώνται πλήρως μέσα στο υλικό. Αυτό το φαινόμενο, που ονομάζεται ολική εσωτερική ανάκλαση, εκμεταλλεύεται συνήθως για να «σωληνώσει» το φως σε μια καμπύλη διαδρομή. Όταν το φως κατευθύνεται κάτω από μια στενή ίνα γυαλιού ή πλαστικού, το φως ανακλάται επανειλημμένα από τη διεπαφή ίνας-αέρα σε μια μεγάλη γωνία πρόσπτωσης—μεγαλύτερη από την κρίσιμη γωνία (για μια διεπαφή γυαλιού-αέρα η κρίσιμη γωνία είναι περίπου 42°). Οι οπτικές ίνες με διάμετρο από 10 έως 50 μικρόμετρα μπορούν να μεταδώσουν φως σε μεγάλες αποστάσεις με μικρή απώλεια έντασης (βλ. οπτικές ίνες). Οι οπτικές επικοινωνίες χρησιμοποιούν ακολουθίες παλμών φωτός για τη μετάδοση πληροφοριών μέσω ενός δικτύου οπτικών ινών. Τα ιατρικά όργανα όπως τα ενδοσκόπια βασίζονται στην ολική εσωτερική ανάκλαση του φωτός μέσω μιας δέσμης οπτικών ινών για την απεικόνιση των εσωτερικών οργάνων.

2.2.2 Διασπορά

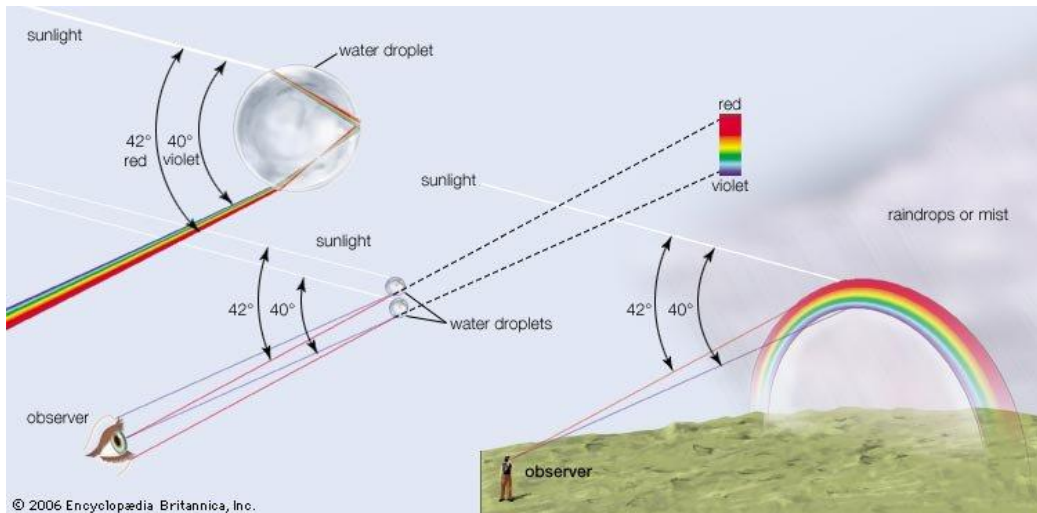
Μέσω της προσεκτικής του έρευνας για τη διάθλαση του λευκού φωτός καθώς περνούσε μέσα από ένα γυάλινο πρίσμα, ο Νεύτων πιστώθηκε περίφημα με την ανακάλυψη ότι το λευκό φως αποτελείται από ένα φάσμα χρωμάτων. Η διασπορά του λευκού φωτός στα συστατικά του χρώματα προκαλείται από μια μεταβολή του δείκτη διάθλασης του γυαλιού με το χρώμα. Αυτό το φαινόμενο, γνωστό ως χρωματική διασπορά, προκύπτει από το γεγονός ότι η ταχύτητα του φωτός στο γυαλί εξαρτάται από το μήκος κύματος του φωτός. Η ταχύτητα μειώνεται ελαφρώς με τη μείωση του μήκους κύματος. Αυτό

σημαίνει ότι ο δείκτης διάθλασης, ο οποίος είναι αντιστρόφως ανάλογος της ταχύτητας, αυξάνεται ελαφρώς με τη μείωση του μήκους κύματος. Για το γυαλί, ο δείκτης διάθλασης για το κόκκινο φως (το μεγαλύτερο ορατό μήκος κύματος) είναι περίπου 1 τοις εκατό μικρότερος από αυτόν για το ιώδες φως (το μικρότερο ορατό μήκος κύματος).



Εικόνα 2-1 πρίσμα διαχέοντας φωτός (<https://www.britannica.com/science/light>)

Οι ιδιότητες εστίασης των γυάλινων φακών, που καθορίζονται από τους δείκτες διάθλασής τους, εξαρτώνται ελαφρώς από το χρώμα. Όταν ένας μεμονωμένος φακός απεικονίζει μια μακρινή σημειακή πηγή λευκού φωτός, όπως ένα αστέρι, η εικόνα παραμορφώνεται ελαφρώς λόγω της διασποράς στο φακό. αυτό το φαινόμενο ονομάζεται χρωματική εκτροπή. Σε μια προσπάθεια να βελτιώσει τη χρωματική εκτροπή του διαθλαστικού τηλεσκοπίου, ο Isaac Newton εφηύρε το ανακλαστικό τηλεσκόπιο, στο οποίο η απεικόνιση και η μεγέθυνση επιτυγχάνονται με καθρέφτες.



© 2006 Encyclopædia Britannica, Inc.

Σχήμα 2-6 εφέ ουράνιου τόξου (<https://www.britannica.com/science/light>)

Η διασπορά δεν περιορίζεται στο γυαλί. Όλα τα διαφανή μέσα παρουσιάζουν κάποια διασπορά. Πολλά όμορφα οπτικά εφέ εξηγούνται από τα φαινόμενα της διασποράς, της διάθλασης και της ανάκλασης. Το κυριότερο μεταξύ αυτών είναι το ουράνιο τόξο, για το οποίο ο Ρενέ Ντεκάρτ και ο Νεύτων πιστώνονται με την πρώτη στερεά ποσοτική

αναλύσεις. Ένα ουράνιο τόξο σχηματίζεται όταν το ηλιακό φως διαθλάται από σφαιρικά σταγονίδια νερού στην ατμόσφαιρα. δύο διαθλάσεις και μία ανάκλαση, σε συνδυασμό με τη χρωματική διασπορά του νερού, παράγουν τα πρωτεύοντα τόξα χρώματος. Οι νόμοι της γεωμετρικής οπτικής εξηγούν επίσης τον σχηματισμό αντικατοπτρισμών και φωτοστέφανων και τη σπάνια παρατηρούμενη «πράσινη λάμψη» ενός Ήλιου που δύει.

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΦΩΤΕΙΝΕΣ ΠΗΓΕΣ LED^[3]

Ο φωτισμός LED αντιπροσωπεύει την τελευταία εξέλιξη στη βιομηχανία φωτισμού. Η ενεργειακή απόδοση και η σημαντική διάρκεια ζωής της τεχνολογίας LED έχει όλες τις δυνατότητες αλλαγής του τρόπου με τον οποίο οι οργανισμοί φωτίζουν τις εγκαταστάσεις τους μειώνοντας το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας και συνολική χρήση ενέργειας.

3.1 Οι αρχές του LED

Το LED σημαίνει δίοδος εκπομπής φωτός. Ένα LED είναι μια συσκευή ημιαγωγών, που παράγει φως μέσω μιας διαδικασίας που ονομάζεται ηλεκτροφωταύγεια. Όταν περνάει ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από υλικό ημιαγωγών, αυτό εκπέμπει ορατό φως. Ως εκ τούτου, ένα LED βρίσκεται σε ακριβή αντίθεση με ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο, το οποίο είναι το στοιχείο που χρησιμοποιείται στις ηλιακές συστοιχίες για τη μετατροπή του ορατού φωτός σε ηλεκτρική ενέργεια.

Συμβάλλοντας στην ανάπτυξη του τρανζίστορ στερεάς κατάστασης, η τεχνολογία LED βοήθησε να προσγειωθεί ένας αστροναύτης στο φεγγάρι και να καταστεί δυνατή η δημιουργία φορητών ραδιοφώνων AM. Στις αρχές της δεκαετίας του '60, ένας νεαρός επιστήμονας που εργάζεται για την General Electric ανέπτυξε τα πρώτα LED. Οι εταιρείες τα χρησιμοποίησαν αρχικά ως ενδεικτικές λυχνίες για πλακέτες κυκλωμάτων και έγιναν γνωστά για την αντοχή και την ενεργειακή τους απόδοση. Πολλοί δήμοι χρησιμοποίησαν τη δεύτερη γενιά LED, η οποία έγινε διαθέσιμη στις δεκαετίες του '80 και του '90, ως αντικατάσταση του παραδοσιακού λαμπτήρα πυρακτώσεως στα φώτα των δρόμων. Μερικοί άνθρωποι άρχισαν να πειραματίζονται με τη χρήση τους ως αντικατάσταση των λαμπτήρων φθορισμού σε εξωτερικές πινακίδες.



Εικόνα 3-1 Η Τεχνολογική εξέλιξη του Φωτισμού (<https://blog.kafkas.gr/led-filament-vs-led/>)

Επί του παρόντος, έχουμε περάσει στην τρίτη γενιά LED. Αυτή η τελευταία γενιά διαρκεί περισσότερο, είναι πιο ανθεκτική, αποδίδει καλύτερα και είναι πιο ενεργειακά αποδοτική από οποιαδήποτε άλλη πηγή φωτισμού. Πολλές βιομηχανικές, εμπορικές και οικιστικές εγκαταστάσεις χρησιμοποιούν πλέον LED για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.

3.2 Πλεονεκτήματα του φωτισμού LED

3.2.1 Μεγάλη διάρκεια ζωής

Σε σύγκριση με τη διάρκεια ζωής του μέσου λαμπτήρα πυρακτώσεως, η διάρκεια ζωής ενός λαμπτήρα LED είναι πολύ ανώτερη. Ο μέσος λαμπτήρας πυρακτώσεως διαρκεί περίπου χίλιες ώρες. Η διάρκεια ζωής ενός μέσου φωτός LED είναι 50.000 ώρες. Ανάλογα με τον τρόπο που το χρησιμοποιείτε, η διάρκεια ζωής του μπορεί να είναι έως και 100.000 ώρες. Αυτό σημαίνει ότι ένα φως LED μπορεί να διαρκέσει από έξι έως 12 χρόνια πριν χρειαστεί να το αντικαταστήσετε. Αυτό είναι 40 φορές μεγαλύτερο από έναν λαμπτήρα πυρακτώσεως.

Σε σύγκριση με λαμπτήρες φθορισμού, αλογονιδίου μετάλλου ή ατμού νατρίου, ένα φως LED θα διαρκέσει τουλάχιστον δύο έως τέσσερις φορές περισσότερο. Ως εκ τούτου, η εξοικονόμηση επεκτείνεται όχι μόνο σε κόστος αντικατάστασης αλλά και το κόστος συντήρησης του λογαριασμού φωτισμού της εταιρείας σας.

3.2.2 **Ενεργειακή απόδοση**

Ένα άλλο από τα κορυφαία πλεονεκτήματα του φωτισμού LED είναι η ενεργειακά αποδοτική λειτουργία τους. Η ενεργειακή απόδοση μιας πηγής φωτισμού μετράται σε χρήσιμα lumens, το οποίο περιγράφει την ποσότητα φωτισμού που εκπέμπει η συσκευή για κάθε μονάδα ισχύος ή watt που χρησιμοποιεί ο λαμπτήρας. Στο παρελθόν, μετρώσαν το φως με το πόσα lumen παρήγαγε, αλλά η πραγματικότητα είναι ότι μερικά από αυτά τα lumen πάνε χαμένα. Ο φωτισμός LED παράγει πιο χρήσιμα lumens από άλλες τεχνολογίες φωτισμού.

Εάν αντικατασταθεί όλος ο φωτισμός του γραφείου, του σχολείου ή άλλων εγκαταστάσεων με LED, επιτυγχάνεται έως και 60% έως 70% βελτίωση στη συνολική ενεργειακή σας απόδοση. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η βελτίωση θα μπορούσε να είναι τόσο μεγάλη όσο 90%, ανάλογα με το είδος των φώτων που αντικαθίσταται και το είδους φώτων LED που χρησιμοποιούνται.

Αυτές οι βελτιώσεις στην ενεργειακή απόδοση συσχετίζονται άμεσα με την εξοικονόμηση πόρων. Όταν αντικαθίσταται μια παραδοσιακή πηγή φωτός με μια πηγή φωτός LED, η κατανάλωση ενέργειας θα πέσει κατακόρυφα, με αποτέλεσμα τα φώτα LED να αποτελούν μια έξυπνη επένδυση για κάθε επιχείρηση!

3.2.3 **Βελτιωμένη Περιβαλλοντική Απόδοση**

Γίνεται όλο και πιο σημαντικό για τις εταιρείες να γίνουν φιλικές προς το περιβάλλον. Οι πελάτες θέλουν όλο και περισσότερο φιλικές προς το περιβάλλον επιλογές και η χρήση μιας φιλικής προς το περιβάλλον πηγής φωτός μπορεί να βοηθήσει τις εταιρείες να μειώσουν τη χρήση ενέργειας, καθώς και να προσελκύσουν μια κοινωνικά συνειδητοποιημένη βάση καταναλωτών.

Τα περιβαλλοντικά οφέλη του φωτισμού LED επεκτείνονται και στη διαδικασία κατασκευής τους. Πολλές παραδοσιακές πηγές φωτισμού, όπως ο φωτισμός φθορισμού και τα φώτα ατμού υδραργύρου, χρησιμοποιούν υδράργυρο εσωτερικά ως μέρος της κατασκευής τους. Εξαιτίας αυτού, όταν φτάνουν στο τέλος της διάρκειας ζωής τους, απαιτούν ειδικό χειρισμό. Δεν υπάρχει ανησυχία για κανένα από αυτά τα ζητήματα με τα φώτα LED.

3.2.4 Η δυνατότητα λειτουργίας σε ψυχρές συνθήκες

Στις παραδοσιακές πηγές φωτισμού δεν αρέσει ο κρύος καιρός. Όταν η θερμοκρασία πέφτει, οι πηγές φωτισμού, ιδιαίτερα οι λαμπτήρες φθορισμού, απαιτούν υψηλότερη τάση για να ξεκινήσουν και η ένταση του φωτός τους μειώνεται.

Τα φώτα LED, από την άλλη πλευρά, αποδίδουν καλύτερα σε χαμηλές θερμοκρασίες κατά περίπου 5%. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο τα φώτα LED είναι καλύτερη επιλογή για τον φωτισμό που απαιτείται σε καταψύκτες, ντουλάπια κρεάτων, ψυκτικούς χώρους αποθήκευσης ή ψυκτικές προθήκες. Η ικανότητά τους να αποδίδουν τόσο αποτελεσματικά σε κρύο καιρό τα καθιστά επίσης την τέλεια επιλογή για φώτα σε χώρους στάθμευσης, φώτα που χρησιμοποιούνται για να φωτίζουν την περίμετρο των κτιρίων και φώτα που χρησιμοποιούνται στην υπαίθρια σήμανση.

3.2.5 Χωρίς εκπομπές θερμότητας ή υπερϊώδους ακτινοβολίας

Πολλές παραδοσιακές πηγές φωτισμού όπως οι λαμπτήρες πυρακτώσεως σπαταλούν περισσότερο από το 90% της ενέργειας που χρησιμοποιούν στη θέρμανσή τους, διαθέτοντας μόνο το 10% της ενέργειας στην πραγματική παραγωγή φωτός.

Τα LED δεν εκπέμπουν σχεδόν καθόλου θερμότητα και το μεγαλύτερο μέρος του φωτός που εκπέμπουν βρίσκεται εντός του ορατού φάσματος. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ένας λόγος που οι ειδικοί της ιατρικής εξετάζουν τα LED ως πιθανή λύση για την Εποχιακή Συναισθηματική Διαταραχή (SAD), η οποία επηρεάζει πολλούς ανθρώπους κατά τους σκοτεινότερους μήνες του έτους.

Καθιστά επίσης τις λυχνίες LED ιδανικές για φωτισμό έργων τέχνης που θα υποβαθμιστούν ή θα χαλάσουν με την πάροδο του χρόνου με την έκθεση στις ακτίνες UV.

3.2.6 Ευελιξία σχεδιασμού

Οι συσκευές LED μπορεί να είναι τόσο μικρές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να φωτιστούν τα πάντα, από ένα πάτωμα καταστήματος έως ένα γήπεδο ποδοσφαίρου μεγάλης κατηγορίας.

3.2.7 Άμεσος φωτισμός και ικανότητα αντοχής στις συχνές εναλλαγές

Τα φώτα LED μπορούν να ανάψουν και να σβήσουν αμέσως. Εάν χρησιμοποιείται λαμπτήρας αλογονιδίου μετάλλου, υπάρχει μια περίοδος προθέρμανσης. Ένας φως φθορισμού τρεμοπαίζει όταν ενεργοποιείται και συχνά χρειάζονται δύο ή τρία δευτερόλεπτα πριν ανάψει πλήρως. Αυτές είναι μερικές από τις επιπλοκές που μπορούν να παρακαμφθούν με την εγκατάσταση φώτων LED.

Επίσης, οι παραδοσιακές πηγές φωτισμού έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής εάν τις ανάβουν και απενεργοποιούνται συχνά. Τα φώτα LED δεν επηρεάζονται από τη συχνή εναλλαγή. Δεν προκαλεί καμία μείωση στη διάρκεια ζωής ή την αποτελεσματικότητά τους.

3.3 Οι συντελεστές CRI και CCT και η σημασία τους για την επίτευξη σωστού φωτισμού^[4]

Στο παρελθόν, η επιλογή μιας πηγής φωτός ήταν αρκετά απλή, ενώ η προσοχή των ενδιαφερομένων και του ευρύτερου κοινού επικεντρώθηκε στον ενεργειακά αποδοτικό και φιλικό προς το περιβάλλον φωτισμό. Αν ο λαμπτήρας πυρακτώσεως πχ 60W δεν έδινε αρκετό φως, θα αγοράζαμε απλώς έναν ισχυρότερο των 75 ή 100W.

Η τεχνολογία LED έχει προσφέρει ένα ευρύ φάσμα δυνατοτήτων όσον αφορά την απόδοση και τα χαρακτηριστικά του φωτιστικού. Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ένα σημαντικό βήμα προς τα εμπρός για τη βελτίωση του περιβάλλοντος, καθώς και για την πρόοδο των βιομηχανικών και εμπορικών εφαρμογών φωτισμού.

Ωστόσο, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την εμφάνιση μιας μεγάλης επιλογής χρωμάτων και εφέ σύγχρονων LED, η επιλογή του επαρκούς φωτισμού για τον επιθυμητό χώρο έχει γίνει ακόμη πιο περίπλοκη. Για το λόγο αυτό, είναι σημαντικό να κατανοηθεί η διαφορά μεταξύ των δύο όρων που σχετίζονται με τον φωτισμό LED:

- CCT (correlated colour temperature - συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος) και

- CRI (colour reproduction index -δείκτης αναπαραγωγής χρώματος).

Ο δείκτης αναπαραγωγής χρώματος και η θερμοκρασία χρώματος φωτός είναι δύο βασικές πτυχές του φωτισμού LED. Αν και και οι δύο όροι αναφέρονται στο εκπεμπόμενο φως από ένα φωτιστικό και και οι δύο έχουν τη λέξη «χρώμα» στο όνομά τους, στην πραγματικότητα είναι δύο εντελώς διαφορετικά πράγματα, που μετρούν δύο διαφορετικές πτυχές χρώματος.

Αυτά τα δύο χαρακτηριστικά των φωτιστικών LED είναι εξαιρετικά σημαντικά όταν πρόκειται για φωτισμό, είτε πρόκειται για γενικό είτε για βιομηχανικό φωτισμό. Ανάλογα με τη διάθεση που θέλετε να δημιουργήσετε, μπορείτε να επιλέξετε το φως με το πιο κατάλληλο CRI ή CCT. Αυτό μπορεί να βελτιώσει την εμπειρία του χρήστη, να βελτιώσει την ατμόσφαιρα εργασίας ή να αυξήσει τις πωλήσεις.

3.3.1 Τι είναι το CRI και γιατί είναι σημαντικό

Το CRI υποδεικνύει την εμφάνιση χρωμάτων ορισμένων αντικειμένων κάτω από την πηγή φωτός, σε σύγκριση με το φως της ημέρας. Το CRI είναι μια προδιαγραφή ενός φωτιστικού LED που δείχνει τη ρεαλιστική χρωματική απόδοση φωτιζόμενων αντικειμένων.

Ο δείκτης αναπαραγωγής χρώματος μετράται από το 0 έως το 100 όπου η μέγιστη τιμή δείχνει ότι τα χρώματα κάτω από τεχνητό φως εμφανίζονται με τον ίδιο τρόπο όπως στο φυσικό ηλιακό φως. Αυτή η μέτρηση είναι εξαιρετικά σημαντική στη βιομηχανία φωτισμού και εξαρτάται από τις ανάγκες του φωτιζόμενου χώρου.

Τα φωτιστικά που έχουν CRI μεγαλύτερο από 80 θεωρούνται αποδεκτά για τους περισσότερους χώρους. Ο φωτισμός με υψηλή αναπαραγωγή χρωμάτων είναι πολύ σημαντικός σε πολλές βιομηχανίες αλλά και σε λιανικό εμπόριο, αθλητικά γήπεδα, γκαλερί, εκθεσιακούς χώρους και άλλες εγκαταστάσεις όπου η ακριβής αναπαραγωγή χρωμάτων είναι απαραίτητη.

Ο φωτισμός με υψηλό CRI είναι εξίσου πολύτιμος για οικιακή χρήση, καθώς μπορεί να μεταμορφώσει το δωμάτιο δίνοντας έμφαση στις σχεδιαστικές λεπτομέρειες και μπορεί να δημιουργήσει μια αισθητικά ευχάριστη ατμόσφαιρα.



Εικόνα 3-2 Η σπουδαιότητα του συντελεστή CRI στην ανάδειξη του χρώματος

3.3.2 CCT και η σημασία του

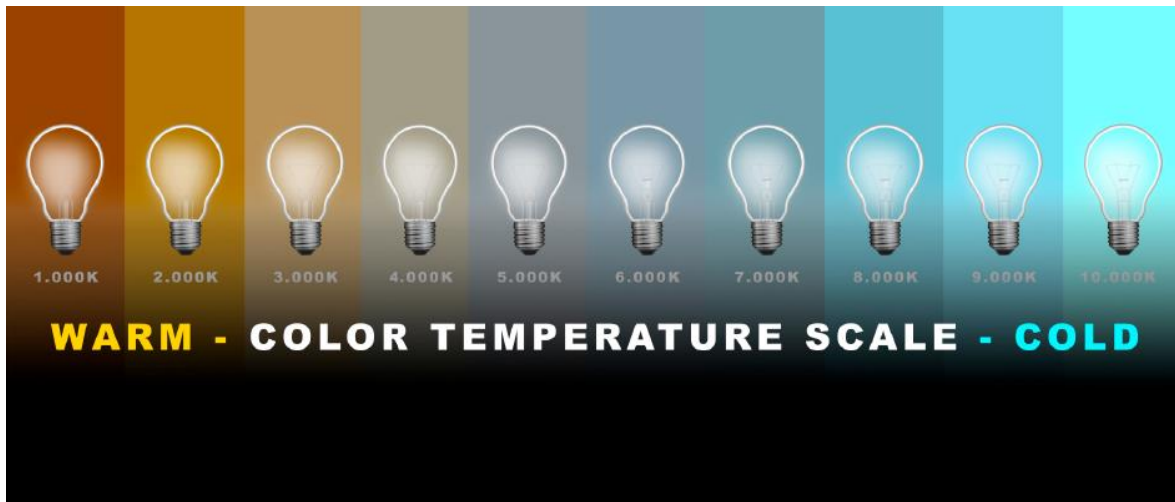
Το CCT των φωτιστικών LED υποδεικνύει τη θερμοκρασία χρώματος του φωτός που εκπέμπεται από ένα συγκεκριμένο φωτιστικό. Το CCT εκφράζεται σε Kelvin (K) και βοηθά στην περιγραφή της σχετικής θερμότητας ή δροσιάς του εκπεμπόμενου φωτός. Αυτό δεν αναφέρεται στην πραγματική θερμοκρασία του φωτιστικού: η αριθμητική τιμή CCT περιγράφει τη θερμοκρασία στην οποία θα πρέπει να θερμανθεί ένα συγκεκριμένο μαύρο σώμα για να λάμψει στο ίδιο χρώμα με το φωτιστικό.

Για παράδειγμα, εάν ένα μαύρο σώμα θερμαινόταν στους 3.000 βαθμούς Kelvin, θα έλαμπε στο ίδιο χρώμα με ένα φωτιστικό με CCT 3.000 K. Αυτή η έννοια είναι δανεισμένη από τη φυσική και είναι ένας κάπως περίπλοκος αλλά πρακτικός τρόπος για να εκχωρηθεί μια αριθμητική τιμή στη θερμοκρασία χρώματος του φωτός.

Οι όροι «θερμό και ψυχρό χρώμα» φωτός περιγράφουν το χρώμα της ίδιας της πηγής φωτός και όχι την τιμή CCT, έτσι ώστε:

- το πορτοκαλί, που έχει χαμηλό CCT, είναι ζεστό χρώμα, ενώ
- Το μπλε χαρακτηρίζεται ως ψυχρό χρώμα, δεδομένου ότι έχει υψηλό CCT.

Οι λυχνίες LED με CCT μικρότερο από 3.000 K εκπέμπουν ένα χρώμα φωτός που είναι κυρίως στο κίτρινο φάσμα, ενώ εκείνα με CCT άνω των 5.000 K θεωρείται ότι εκπέμπουν ένα χρώμα φωτός που είναι περισσότερο στο μπλε φάσμα. Τα φωτιστικά με θερμοκρασία ανοιχτού χρώματος μεταξύ των δύο τιμών παρέχουν ένα ευχάριστο λευκό φως.



Εικόνα 3-3 Η κλίμακα θερμοκρασίας χρώματος φωτισμού LED σε βαθμούς Kelvin. Από αριστερά προς τα δεξιά παρουσιάζονται τα θερμότερα, τα ουδέτερα έως τα ψυχρά. (<https://blog.kafkas.gr/sosti-epilogi-fotismou/>)

3.3.3 Εφαρμογή φωτιστικών LED ανάλογα με το CRI και το CCT τους

Τα περισσότερα τυπικά φωτιστικά LED έχουν τιμή CRI 70 ή 80 , ενώ υπάρχουν φωτιστικά με υψηλές τιμές CRI πάνω από 90. Στους περισσότερους χώρους γενικής χρήσης, όπως κατοικίες, ξενοδοχεία, χώρους γραφείων και άλλες εσωτερικές εγκαταστάσεις όπως εργοστάσια, LED χρησιμοποιούνται φωτιστικά με CRI μεγαλύτερο από 80. Τα φωτιστικά με CRI μεγαλύτερο από 70 είναι κατάλληλα για δημόσιο φωτισμό.

Σε χώρους όπου απαιτείται υψηλή ακρίβεια και αντίληψη των λεπτομερειών , συνιστάται η επιλογή φωτισμού με το υψηλότερο δυνατό CRI . Για παράδειγμα, τα χρώματα σε έναν πίνακα που εμφανίζεται σε μια γκαλερί κάτω από ένα φωτιστικό που έχει 70 CRI μπορεί να φαίνονται τεχνητά. Ωστόσο, όταν ο ίδιος πίνακας φαίνεται κάτω από μια πηγή φωτός 95 CRI, τα χρώματα στην εικόνα θα φαίνονται αυθεντικά και φυσικά.



Εικόνα 3-4 Διαφορετική αίσθηση του χώρου με χρήση διαφορετικού CRI

Για τις περισσότερες κατοικίες , η σύσταση είναι να χρησιμοποιούνται φωτιστικά LED με CCT που κυμαίνεται από 2.700 K έως 3.000 K, καθώς τα φωτιστικά που εκπέμπουν αυτές τις ανοιχτόχρωμες θερμοκρασίες παρέχουν μια ωραία, ζεστή ατμόσφαιρα που δημιουργεί μια ήσυχη και χαλαρωτική ατμόσφαιρα.

Για λιανικά ή εμπορικά ακίνητα, η θερμοκρασία χρώματος φωτός 4.000 K είναι μια δημοφιλή επιλογή επειδή παρέχει ένα πιο καθαρό, πιο ισχυρό λευκό και αυτή η σειρά CCT είναι πιο κοινή σε φωτιστικά δημόσιου φωτισμού .

Για βιομηχανικές και άλλες εγκαταστάσεις όπου εκτελούνται απαιτητικές εργασίες που απαιτούν καλή ορατότητα, ο φωτισμός LED με 5.000 K ή ακόμα και 6.500 K είναι η προτιμώμενη επιλογή, καθώς αυτές οι θερμοκρασίες χρώματος αντιστοιχούν στο φυσικό φως της ημέρας με τον ήλιο σε κορύφωση.

Η τεχνολογία LED γίνεται αργά αλλά σταθερά κυρίαρχη σε πολλούς τύπους βιομηχανικών και εμπορικών έργων. Εκτός από την ευκολότερη συντήρηση του φωτισμού LED, η απόδοση είναι ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του φωτισμού LED. Η επίτευξη των καλύτερων επιπέδων φωτισμού με τη χαμηλότερη δυνατή κατανάλωση ενέργειας είναι εξαιρετικά σημαντική, ειδικά λόγω των αυξανόμενων τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας.

3.4 Διαβάθμιση IP και IK στα φωτιστικά^[8]

3.4.1 Βαθμολογία προστασίας εισόδου (IP - Ingress Protection).

Το σύστημα IP είναι μια διεθνώς αναγνωρισμένη μέθοδος για την ένδειξη του βαθμού προστασίας από την είσοδο σκόνης, στερεών αντικειμένων και υγρασίας σε ένα περίβλημα. Τα γράμματα "IP" ακολουθούνται από δύο αριθμούς.

Η βαθμολογία IP χρησιμοποιείται στην Ευρώπη και σε άλλες χώρες εκτός της Βόρειας Αμερικής εδώ και πολλά χρόνια, και μόλις πρόσφατα προστέθηκε στον Καναδικό Ηλεκτρικό Κώδικα (για επικίνδυνες τοποθεσίες). Είναι παρόμοια σε πρόθεση με τις αξιολογήσεις NEMA, αλλά δεν υπάρχει άμεση σχέση. Αυτές οι αξιολογήσεις χρησιμοποιούνται ευρέως σε τμήματα περιβλημάτων και εξαρτημάτων, καθώς και σε ολόκληρα περιβλήματα. Στη Βόρεια Αμερική, η κοινή πρακτική ήταν η χρήση χαρακτηριστικών περιβλημάτων NEMA τόσο για αντοχή στο νερό όσο και στη σκόνη. Όπως υποδηλώνει το όνομα, αυτά τα πρότυπα αναπτύχθηκαν και δημοσιεύθηκαν αρχικά από την Εθνική Ένωση Κατασκευαστών Ηλεκτρικών Κατασκευαστών (NEMA) και έχουν υιοθετηθεί από την UL, την CSA και άλλους φορείς προτύπων στη Βόρεια Αμερική. Τα διεθνή πρότυπα χρησιμοποιούν τις αξιολογήσεις IP IEC αντί για τις αξιολογήσεις NEMA.

3.4.1.1 Πρώτος Αριθμός

Προστασία προσώπων από επαφή ή προσέγγιση σε ηλεκτροφόρα μέρη και από επαφή με κινούμενα μέρη, εκτός από λεία περιστρεφόμενες άξονες και παρόμοια, μέσα στο περίβλημα και προστασία του εξοπλισμού από εισροή στερεών ξένων σωμάτων σύμφωνα με το IEC 60598-1:2003 .

- 0 Δεν προστατεύεται
- 1 Προστατεύεται από στερεά αντικείμενα διαμέτρου 50 mm ή μεγαλύτερη. Μια μεγάλη επιφάνεια του σώματος, όπως ένα χέρι (χωρίς προστασία από σκόπιμη πρόσβαση).
- 2 Προστατεύεται από στερεά αντικείμενα διαμέτρου 12 mm ή μεγαλύτερη. Δάχτυλα ή παρόμοια αντικείμενα που δεν υπερβαίνουν τα 80 mm σε μήκος.

- 3 Προστατεύεται από στερεά αντικείμενα διαμέτρου 2,5 mm ή μεγαλύτερης. Εργαλεία, σύρματα κ.λπ., με διάμετρο ή πάχος μεγαλύτερη από 2,5 mm.
- 4 Προστατεύεται από στερεά αντικείμενα διαμέτρου 1 mm ή μεγαλύτερη. Σύρματα ή άλλο παρόμοιο στερεό υλικό με πάχος μεγαλύτερο από 1 mm σε διάμετρο.
- 5 Προστατεύεται από τη σκόνη. Η σκόνη δεν εισέρχεται σε επαρκή ποσότητα ώστε να παρεμποδίζει την ικανοποιητική λειτουργία του εξοπλισμού.
- 6 Στεγανό στη σκόνη. Καμία είσοδος σκόνης

3.4.1.2 Δεύτερος αριθμός















Ο δεύτερος αριθμός υποδεικνύει τον βαθμό προστασίας από την εισερχόμενη υγρασία όπως ορίζεται στο IEC 60598-1:2003.

- 0 Δεν προστατεύεται
- 1 Προστατεύεται από το νερό που στάζει. Το νερό που στάζει (σταγόνες που πέφτουν κάθετα) δεν πρέπει να έχει επιβλαβές αποτέλεσμα.
- 2 Προστατευμένο από τη στάλαξη νερού όταν έχει κλίση έως 15° Το κατακόρυφο νερό που στάζει δεν πρέπει να έχει καμία επιβλαβή επίδραση όταν το περίβλημα έχει κλίση έως και 15° από την κανονική του θέση.
- 3 Προστατεύεται από τον ψεκασμό νερού. Το νερό που πέφτει ως ψεκασμό σε οποιαδήποτε γωνία έως 60° από την κατακόρυφο δεν θα έχει επιβλαβή επίδραση.
- 4 Προστατεύεται από πιτσίλισμα νερού. Το πιτσίλισμα νερού στο περίβλημα από οποιαδήποτε κατεύθυνση δεν θα έχει επιβλαβές αποτέλεσμα.
- 5 Προστατεύεται από πίδακες νερού. Το νερό που εκτοξεύεται από ένα ακροφύσιο στο περίβλημα από οποιαδήποτε κατεύθυνση δεν πρέπει να έχει βλαβερές συνέπειες.
- 6 Προστατεύεται από τη σφοδρή θάλασσα. Το νερό από βαριά θάλασσα ή που εκτοξεύεται σε ισχυρούς πίδακες νερού δεν πρέπει να εισέρχεται στο περίβλημα σε επιβλαβείς ποσότητες.

- 7 Προστατεύεται από τις επιπτώσεις της προσωρινής εμβάπτισης. Η είσοδος νερού σε επιβλαβή ποσότητα δεν πρέπει να είναι δυνατή όταν το περίβλημα είναι βυθισμένο σε νερό υπό καθορισμένες συνθήκες πίεσης και χρόνου.
- 8 Προστατεύεται από συνεχή βύθιση. Ο εξοπλισμός είναι κατάλληλος για συνεχή βύθιση στο νερό υπό συνθήκες που θα καθορίζονται από τον κατασκευαστή.

Παρακάτω φαίνεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας με τις διαβαθμίσεις IP

Πίνακας 3-1 Συγκεντρωτικός πίνακας με τις διαβαθμίσεις IP

1ο ψηφίο: προστασία από στερεά σωματίδια		2ο ψηφίο: προστασία από υγρά	
IP περιγραφή		IP περιγραφή	
0	καμιά προστασία	0	καμιά προστασία
1	 προστασία από στερεά σωματίδια μεγαλύτερα από 50 mm (π.χ. από τυχαία επαφή με το χέρι)	1	 προστασία από κάθετη πτώση σταγόνων νερού
2	 προστασία από στερεά σωματίδια μεγαλύτερα από 12 mm (π.χ. από τυχαία επαφή με το δάχτυλο). Είναι η ελάχιστη προστασία από άμεσες επαφές	2	 προστασία από πτώση σταγόνων νερού από γωνία έως 15° από την κατακόρυφο
3	 προστασία από στερεά σωματίδια μεγαλύτερα από 2,5 mm (π.χ. εργαλεία, καλώδια)	3	 προστασία από πτώση σταγόνων νερού βροχής υπό γωνία έως 60° από την κατακόρυφο
4	 προστασία από στερεά σωματίδια μεγαλύτερα από 1 mm (π.χ. λεπτά καλώδια, μικροεργαλεία)	4	 προστασία από πτώση νερού από κάθε κατεύθυνση
5	 προστασία από τη σκόνη. Δεν επιτρέπει τη διείσδυση σκόνης σε ποσότητα που να μπορεί να επηρεάσει την Ικανοποιητική λειτουργία των υλικών που βρίσκονται μέσα	5	 προστασία από εκτόξευση νερού από όλες τις κατευθύνσεις
6	 απόλυτη προστασία από τη σκόνη	6	 προστασία από εκτόξευση νερού με πίεση ισοδύναμη με θαλάσσια κύματα
		7	 προστασία σε περίπτωση βύθισης σε μικρό βάθος
		8	 προστασία σε περίπτωση βύθισης διαρκείας σε βάθος

3.4.2 Βαθμολογία προστασίας από κρούσεις (Impact protection - IK).

Βαθμοί προστασίας που παρέχονται από περιβλήματα για ηλεκτρικό εξοπλισμό από εξωτερικές μηχανικές κρούσεις σύμφωνα με το IEC 62262:2002 και το IEC 60068-2-75:1997.

- IK00 Μη προστατευμένο

- IK01 Προστατεύεται από κρούση 0,14 joules. Ισοδυναμεί με κρούση 0,25 kg μάζας που έπεσε από 56 mm πάνω από την κρουστική επιφάνεια.
- IK02 Προστατεύεται από κρούση 0,2 joules. Ισοδυναμεί με κρούση 0,25 kg μάζας που έπεσε από 80 mm πάνω από την κρουστική επιφάνεια.
- IK03 Προστατεύεται από κρούση 0,35 joules. Ισοδυναμεί με κρούση 0,25 kg μάζας που έπεσε από 140 mm πάνω από την κρουστική επιφάνεια.
- IK04 Προστατεύεται από κρούση 0,5 joules. Ισοδυναμεί με κρούση 0,25 kg μάζας που έπεσε από 200 mm πάνω από την κρουστική επιφάνεια.
- IK05 Προστατευμένο από κρούση 0,7 joules. Ισοδυναμεί με κρούση 0,25 kg μάζας που έπεσε από 280 mm πάνω από την κρουστική επιφάνεια.
- IK06 Προστατεύεται από κρούση 1 joules. Ισοδυναμεί με κρούση 0,25 kg μάζας που έπεσε από 400 mm πάνω από την κρουστική επιφάνεια.
- IK07 Προστατεύεται από κρούση 2 joule. Ισοδυναμεί με κρούση 0,5 kg μάζας που έπεσε από 400 mm πάνω από την κρουστική επιφάνεια.
- IK08 Προστατεύεται από κρούση 5 joules. Ισοδυναμεί με κρούση 1,7 kg μάζας που έπεσε από 300 mm πάνω από την κρουστική επιφάνεια.
- IK09 Προστατεύεται από κρούση 10 joules. Ισοδυναμεί με κρούση 5 kg μάζας που πέφτει από 200 mm πάνω από την κρουστική επιφάνεια.
- IK10 Προστατεύεται από κρούση 20 joules. Ισοδυναμεί με πρόσκρουση 5 kg μάζας που έπεσε από 400 mm πάνω από την κρουστική επιφάνεια.

Στην περίπτωση της παρούσας μελέτης που περιλαμβάνει γραφεία και επεξεργασία – συσκευασία – αποθήκευση ξηρών καρπών, οι βαθμοί προστασίας δίνονται από τους πίνακες της εταιρείας Hager

Πίνακας 3-2 Βαθμοί προστασίας για το χώρο της βιοτεχνίας

Βιομηχανικοί χώροι	IP	IK
Σφαγεία*	55	08
Κατασκευής συσσωρευτών	33	07
Επεξεργασίας και αποθήκευσης οξέων	33	07
Παρασκευής, αποθήκευσης ομιονευματοδών	33	07
Επεξεργασίας, αποθήκες αλουμινίου	51	08
Εκτροφής, πώλησης ζώων	45	07
Αποθήκευσης υλικών οδοποιίας*	53	07
Επεξεργασίας μαλλιού*	50	08
Λευκαντήρια*	24	07
Επεξεργασίας ξύλου*	50	08
Επεξεργασίας κρεάτων*	24	07
Αρτοποιεία	50	07
Ζυθοποιεία	24	07
Πλυνθροεία*	53	08
Επεξεργασίας καουτσούκ*	54	07
Επεξεργασίας, αποθήκευσης ελαστικών*	51	07
Λατομεία*	55	08
Παρασκευής χαρτοκιβωτίων	33	07
Καλυθκοποιεία*	53	08
Κατασκευής πλαστικών	30	08
Κατασκευής κυταρίνης	34	08
Εμφυλώσεων	35	08
Αποθήκευσης άνθρακα*	53	08
Αλλαντοποιεία*	24	07
Χαλκοουργεία	30	08
Ασβεστοκλίβανοι*	50	08
Κουρελοποιεία, αποθήκευση	30	07
Παρασκευαστήρια, αποθήκες χλωρίου	33	07
Επιμεταλλωτήρια με ηλεκτρόλυση	33	07
Τσιμεντοποιείες*	50	08
Κωκερί*	53	08
Παρασκευαστήρια κόλλας	33	07
Αποθήκες εύφλεκτων υγρών*	31	08
Λίπη, επεξεργασία*	51	07
Δέρμα, κατασκευή, αποθήκευση	31	08
Χαλκός, επεξεργασία	31	08
Ορυκτά μέταλλα, Καθαρισμός*	54	08
Απολυμαντικά*	53	07
Διυλτήρια, κατασκευή	33	07
Ηλεκτρολύτες	23	08
Μελάνια, παρασκευή	31	07
Λιπάσματα, παρασκευή, αποθήκευση*	53	07
Εκρηκτικά, αποθήκευση*	55	08
Σίδερος, κατασκευή, επεξεργασία*	51	08
Κλωστήρια*	50	07
Γούνες*	50	07
Τυροκομεία	25	07
Φωταέριο, γκάζι, φυσικό αέριο	31	08
Πλάκες επεξεργασίας	50	07
Σπόροι*	50	07

Πίνακας 3-3 Βαθμοί προστασίας για το χώρο των γραφείων

Εγκαταστάσεις για το κοινό		IP	IK
	Οι εγκαταστάσεις πρέπει να ακολουθούν τους κανονισμούς ασφαλείας που εφαρμόζονται:		
J	υποδοχή υπερήλικων και ανάπηρων ατόμων	20	02
L	Αίθουσες αερακλιών αεριστήσεων θερμότητας *	20	02
	ή άλλες χρήσεις	20	08
	Καταστήματα διακόσμησης	20	08
	Καταστήματα επισκευής υποδημάτων	20	07
M	Καταστήματα, εμπορικά κέντρα:		
	Χώροι πώλησης,	20	08
	Αποθήκευσης και χρήση υλικών συσκευασίας	20	08
N	Εσπαστόρια και μπάρ	20	08
O	Ξενοδοχεία και πανσιόν:		
	Δωμάτια	20	02
P	Αίθουσες χώρου και παικτιδίων	20	07
R	Εγκαταστάσεις διδασκαλίας, διακοπών:		
	Αίθουσες διδασκαλίας	20	02
	Καπνώνες	20	08
S	Βιβλιοθήκες, χώροι αρχείων.	20	02
T	Εκθέσεις		
	Αίθουσες	20	02
	Χώροι υποδοχής υλικών και εμπορευμάτων.	20	07
U	Υγειονομικοί χώροι:		
	Δωμάτια	20	02
	Χώροι αποτέφρωσης*	21	07
	Χειρουργεία	20	07
	Κεντρικά αποστειρωτήρια*	24	02
	Φαρμακεία και εργαστήρια με περισσότερα από 10(t εύφλεκτων υγρών*	21	02
V	Επιχειρήσεις	20	02
W	Χώροι γραφείων, τράπεζες	20	02
X	Χώροι με ψυκτικές εγκαταστάσεις	20	07
	Χώροι με ψυκτικές εγκαταστάσεις	21	08
Y	Μουσεία	20	02
PA	Υπαιθρικές εγκαταστάσεις*	23	08
CT	Μεγάλες σκηνές (π.χ. τσίρκου) και τέντες	44	08
SG	Φουσκωτές κατασκευές	44	08
PS	Σταθμοί αυτοκινήτων (κλειστοί)*	21	08
	Κοινόχρηστοι χώροι σε δημόσια κτίρια:		
	Αποθήκες, χώροι συσκευασίας	20	08
	Χώροι αρχειοθέτησης	20	02
	Χώροι αποθήκευσης φιλμ, μαγνητικών ταινιών κλπ	20	02
	Χώροι πλυντηρίων	24	07
	Διάφορα ατελέ*	21	07

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΑΡΧΕΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΓΡΑΦΕΙΩΝ^{[5][6][7][1]}

4.1 Πέντε οφέλη του Σωστού Βιομηχανικού Φωτισμού

Ο βιομηχανικός φωτισμός είναι σημαντικός για την οπτική εμπειρία, την υγεία των εργαζομένων, την ασφάλεια και την παραγωγικότητα. Αν και το αρχικό κόστος του βιομηχανικού φωτισμού είναι ακριβό, περισσότερα κέρδη επιτυγχάνονται με τον κατάλληλο βιομηχανικό φωτισμό λόγω της αυξημένης παραγωγικότητας.



Εικόνα 4-1 Φωτισμός βιομηχανικού χώρου (<https://www.idesuk.com/benefits-of-perfect-led-warehouse-lighting/>)

4.1.1 Αύξηση της παραγωγικότητας

Ο βιομηχανικός φωτισμός έχει σημαντικές διαφορές από τον οικιακό φωτισμό. Τα φωτιστικά για βιομηχανικό φωτισμό είναι υψηλότερης απόδοσης, μεγαλύτερου μεγέθους και πιο ανθεκτικής ποιότητας. Επιπλέον, ο βιομηχανικός φωτισμός εφαρμόζεται σε αποθήκη, γκαράζ, εργοστάσιο και άλλα μέρη που ενέχουν κινδύνους τραυματισμού και ατυχήματος. Γενικά, υπάρχει μεγάλος αριθμός εργαζομένων που εργάζονται σε αυτούς τους χώρους. Η ασφάλεια και η παραγωγικότητα των εργαζομένων σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με τον βιομηχανικό φωτισμό. Ωστόσο, πολλοί άνθρωποι αγνοούν τη σημασία του σωστού βιομηχανικού φωτισμού. Ο κακός φωτισμός είναι αρνητικός στην απόδοση εργασίας, προκαλώντας πονοκεφάλους,

λανθασμένη εκτίμηση, σφάλματα ή ακόμα και τραυματισμό. Τα οφέλη του κατάλληλου βιομηχανικού φωτισμού περιλαμβάνουν τη βελτίωση της οπτικής εμπειρίας, τη μείωση των ατυχημάτων, τη βελτίωση του εργασιακού περιβάλλοντος, τη μείωση του προβλήματος υγείας και την αύξηση της παραγωγικότητας.

4.1.2 Βελτίωση της οπτικής εμπειρίας

Υπάρχουν διάφορες εργασίες και διαχωρισμοί σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Βαριά μηχανήματα, ακριβής επιθεώρηση, αποστολή και παραλαβή, συσκευασία και άλλες εργασίες περιλαμβάνονται/λαμβάνουν χώρα στο βιομηχανικό χώρο. Οι εργαζόμενοι εργάζονται σε διαφορετικές θέσεις εργασίας ακόμη και στην ίδια βιομηχανική εγκατάσταση. Έτσι, ο σωστός βιομηχανικός φωτισμός οφείλει να καλύπτει τις απαιτήσεις όλων των εργασιών και των χωρισμάτων και στη συνέχεια βελτιώνει την οπτική εμπειρία. Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η ορατότητα είναι η κύρια απαίτηση για βιομηχανικό φωτισμό. Οι εργαζόμενοι χρειάζονται επαρκή φωτισμό για να ολοκληρώσουν τα καθήκοντά τους. Ούτε ο πολύ έντονος ούτε ο κακός φωτισμός θα μειώσει την ορατότητα. Φυσικά η καλύτερη ποιότητα φωτισμού ενισχύει και την οπτική εμπειρία. Το CRI (Color Rendering Index) αναφέρεται στην ικανότητα να αντικατοπτρίζει το πραγματικό χρώμα του αντικειμένου. Όσο πιο κοντά είναι ο δείκτης απόδοσης χρωμάτων στο 100, τόσο πιο φυσικά θα εμφανίζονται τα χρώματα του αντικειμένου. Ο βιομηχανικός φωτισμός με CRI πάνω από 70 είναι κατάλληλος για να δείξει τα αληθινά χρώματα των αντικειμένων. Ο ομοιόμορφα κατανομημένος βιομηχανικός φωτισμός εξισορροπεί τον φωτισμό σε όλες τις περιοχές εργασιών ή σε ολόκληρο τον βιομηχανικό χώρο. Η έντονη αντίθεση φωτεινότητας μπορεί να προκαλέσει ξαφνική τύφλωση. Ένας άλλος παράγοντας που σχετίζεται με την οπτική εμπειρία είναι η θάμβωση. Η θάμβωση θα προκαλέσει δυσφορία στην οπτική εμπειρία και οπτική κόπωση. Η λανθασμένη εγκατάσταση φωτισμού και ο υπερβολικός φωτισμός είναι οι συνηθισμένοι λόγοι για τη θάμβωση.

4.1.3 Μείωση των ατυχημάτων

Η διαδικασία φόρτωσης/εκφόρτωσης, η ναυτιλία, ο χειρισμός μηχανημάτων και άλλες βαριές εργασίες που περιλαμβάνονται σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι πιθανό να προκαλέσουν ατυχήματα. Τα ατυχήματα συμβαίνουν συχνά λόγω λανθασμένης εκτίμησης, η οποία σχετίζεται με κακή ορατότητα ή υπερβολικό φωτισμό. Ο κατάλληλος βιομηχανικός φωτισμός συμβάλλει στην καθαρότερη όραση των εργαζομένων και τους βοηθά να αναγνωρίζουν τη θέση, τους ανθρώπους και την ταχύτητα των κινούμενων αντικειμένων, ώστε να μπορούν να αποφύγουν ατυχήματα ή να τραυματίσουν ανθρώπους. Όμως ο βαθμός μείωσης των ατυχημάτων που επιτυγχάνεται με τον κατάλληλο βιομηχανικό φωτισμό εξαρτάται από το βιομηχανικό περιβάλλον και τους ίδιους τους εργαζόμενους. Τα σκληρά βιομηχανικά περιβάλλοντα εξακολουθούν να είναι πιο επικίνδυνα από άλλα μέρη, ακόμη κι αν είναι εξοπλισμένα με κατάλληλο φωτισμό. Επιπλέον, εάν οι εργαζόμενοι δεν αντιμετωπίζουν τα καθήκοντά τους προσεκτικά και σοβαρά, μπορεί να συμβεί ατύχημα λόγω αμέλειας και απροσεξίας τους. Ο σωστός βιομηχανικός φωτισμός επιτρέπει ορισμένες μειώσεις ατυχημάτων, αλλά όχι το σύνολο.

4.1.4 Βελτίωση του εργασιακού περιβάλλοντος

Ο σωστός βιομηχανικός φωτισμός προσθέτει αξία στο εργασιακό περιβάλλον. Ο φωτισμός μπορεί να φωτίσει ολόκληρο τον χώρο, φέρνοντας μια πιο θετική αίσθηση στους εργαζόμενους. Το περιβάλλον εργασίας υποτίθεται ότι είναι καθαρό και άνετο. Ένα βαρετό περιβάλλον εργασίας μετατοπίζει την εστίαση των εργαζομένων στο να παραπονιούνται για τα περιβάλλοντα αντί να κάνουν τη δουλειά τους. Το κακό εργασιακό περιβάλλον έχει επίσης επιζήμια επίδραση στην ψυχολογία. Το CCT (Correlated Color temperature), είναι βασικός παράγοντας που υποδηλώνει την απόχρωση μιας πηγής φωτός. Αυτό που συνήθως εξηγούμε ως "ψυχρό λευκό" ή "ζεστό λευκό" αναφέρεται στο CCT. Το ζεστό λευκό φως κάνει τους εργαζόμενους να αισθάνονται πιο χαλαροί, αλλά δημιουργεί επίσης βαρετό περιβάλλον εργασίας. Αντίθετα, το καθαρό και φωτεινό περιβάλλον εργασίας με τον κατάλληλο βιομηχανικό φωτισμό δπλακινεί τον εργαζόμενο να εργαστεί σκληρά. Επομένως, η βελτίωση του εργασιακού περιβάλλοντος

είναι ευεργετική για την αύξηση της παραγωγικότητας. Το δροσερό λευκό φως με CCT περίπου 5000K είναι ιδανικό για βιομηχανικό περιβάλλον εργασίας.

4.1.5 Μείωση προβλημάτων υγείας

Είτε ο χαμηλός, είτε ο υπερβολικός φωτισμός θα προκαλέσουν προβλήματα υγείας. Οι εργαζόμενοι υποφέρουν από καταπόνηση των ματιών και κόπωση σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού. Η θάμβωση μπορεί να προκαλέσει οπτική κόπωση και βλάβη στην όραση. Επιπλέον, η θάμβωση είναι πολύ ενοχλητική καθώς προκαλεί συχνά στους ανθρώπους άγχος, έλλειψη συγκέντρωσης και άλλες ψυχολογικές ενοχλήσεις. Επίσης προκαλεί σοβαρή αϋπνία και πονοκεφάλους. Ο ακατάλληλος φωτισμός με τρεμόπαιγμα μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα στροβοσκοπικό αποτέλεσμα. Το στροβοσκοπικό αποτέλεσμα είναι επικίνδυνο για τους εργαζόμενους που χειρίζονται τις μηχανές σε βιομηχανικό περιβάλλον. Η χρήση του μηχανήματος θα είναι πιο αργή ή ακόμα και θα σταματήσει λόγω στροβοσκοπικού φαινομένου. Οι εργαζόμενοι δεν μπορούν να αντιληφθούν τον κίνδυνο από το χειρισμό του μηχανήματος και να το αγγίξουν, κάτι που μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό. Μερικοί εργαζόμενοι είναι πιο ευαίσθητοι στο τρεμόπαιγμα σε υψηλότερες συχνότητες. Άλλα ελαττώματα περιλαμβάνουν μειωμένη οπτική απόδοση, απόσπαση της προσοχής, λιγότερα κίνητρα, πονοκεφάλους, ζαλάδες, διανοητικά προβλήματα, κ.λπ. Ο άνετος και κατάλληλος βιομηχανικός φωτισμός μπορεί να μειώσει τα προβλήματα υγείας. Οι εργαζόμενοι είναι σε θέση να εργάζονται πιο αποτελεσματικά με πιο υγιές σώμα.

4.1.6 Αύξηση της παραγωγικότητας

Όλες οι προσπάθειες στοχεύουν στην αύξηση της παραγωγικότητας στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Το ίδιο με τη βελτίωση του βιομηχανικού φωτισμού. Οι εργαζόμενοι είναι λιγότερο πιθανό να κάνουν λάθος στο κατάλληλο περιβάλλον φωτισμού. Μια έρευνα έδειξε ότι ο σωστός βιομηχανικός φωτισμός θα μπορούσε να αυξήσει την παραγωγικότητα κατά περίπου 10 έως 50%. Οι εργαζόμενοι είναι λιγότερο πιθανό να αισθάνονται εξαντλημένοι ή να κοιμούνται σε ένα αρκετά φωτεινό και άνετο περιβάλλον φωτισμού. Έρευνες έδειξαν επίσης ότι κατά 30% έως 60% μείωση των

προβλημάτων υγείας, όπως η καταπόνηση των ματιών, η ναυτία και οι πονοκέφαλοι, θα μπορούσε να επιτευχθεί με τον κατάλληλο βιομηχανικό φωτισμό. Εφόσον οι εργαζόμενοι επικεντρώνονται στην εργασία τους, προωθείται η ακρίβεια και η ταχύτητα. Κατά συνέπεια, ο κατάλληλος βιομηχανικός φωτισμός συμβάλλει στην αύξηση της παραγωγικότητας.

4.2 Η σπουδαιότητα του σωστού φωτιστικού στην επεξεργασία τροφίμων

Υπάρχουν πολλές ειδικές απαιτήσεις για το φωτιστικά σε εργοστάσια επεξεργασίας τροφίμων. Ένα εργοστάσιο επεξεργασίας τροφίμων έχει συνήθως χωρίσματα για την παραλαβή πρώτων υλών, τη συσκευασία, την επιθεώρηση προϊόντων, την επεξεργασία, την αποθήκευση κ.λπ. Κάθε μέρος πρέπει να είναι εξοπλισμένο με άνετο και κατάλληλης φωτεινότητας φωτιστικό. Για παράδειγμα, το φως στην περιοχή επιθεώρησης πρέπει να είναι αρκετά φωτεινό ώστε να βοηθά τους υπαλλήλους να ελέγχουν εάν το προϊόν είναι σπασμένο, κατεστραμμένο ή έχει άλλα προβλήματα ποιότητας.

.

4.2.1 Σχεδιασμός Υλικών & Δομών

Το υλικό του φωτιστικού για τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας τροφίμων δεν πρέπει να είναι τοξικό, να καθαρίζεται εύκολα και να αντέχει σε ακραίες θερμοκρασίες. Επιπλέον, τα υλικά απαιτούνται για ανθεκτικότητα, ελαχιστοποίηση του κόστους συντήρησης και πρόληψη παρασίτων.

Είναι εύκολο να καταλάβουμε γιατί τα μη τοξικά υλικά είναι υποχρεωτικά, τα μη τοξικά υλικά είναι λιγότερο επικίνδυνα για τα μολυσμένα τρόφιμα. Το φωτιστικό χωρίς επικίνδυνη επικάλυψη το καθιστά ασφαλές τόσο για τα τρόφιμα όσο και για τους εργαζόμενους.

Ορισμένες μονάδες επεξεργασίας τροφίμων αποθηκεύουν τα τρόφιμα σε αποθήκες με εξαιρετικά χαμηλή θερμοκρασία, όπως κατεψυγμένο κρέας, λαχανικά και φρούτα. Άλλοι αποθηκεύουν ή παράγουν τρόφιμα σε υψηλή θερμοκρασία, όπως το ψωμί, τα μπισκότα και το έτοιμο φαγητό. Έτσι, το φωτιστικό στις μονάδες επεξεργασίας τροφίμων θα πρέπει να είναι σε θέση να αντέχει ακραίες θερμοκρασίες διατηρώντας παράλληλα καλή ποιότητα.

Κανονικά, τα φώτα LED κρέμονται από την οροφή με τη βοήθεια ιμάντων, γάντζων και αλυσίδων, πράγμα που σημαίνει ότι τα φώτα βρίσκονται στην κορυφή των περιοχών παραγωγής ή των περιοχών πρώτων υλών. Είναι απαραίτητο να είναι αντικρηκτικά φωτιστικά για την αποφυγή μόλυνσης πρώτων υλών, προϊόντων και εξοπλισμού.

4.2.2 CCT & CRI

Τα φωτιστικά με την ικανότητα να αποκαλύπτουν το ακριβές χρώμα του φαγητού είναι σημαντικά σε ορισμένες περιοχές επεξεργασίας. Μπορεί όχι μόνο να προωθήσει την αποτελεσματικότητα των εργαζομένων να επιθεωρούν εάν υπάρχουν αποχρωματισμοί και μολυσματικές ουσίες του προϊόντος, αλλά και να προσφέρει μια σαφέστερη εικόνα του φαγητού. Οι παρακάτω εικόνες δείχνουν την τεράστια διαφορά διαφορετικών CRI.



Εικόνα 4-2 Διαφορετική χρωματική υφή ανάλογα με το CRI
(<https://www.agcled.com/blog/a-guide-to-led-light-in-food-processing.htm>)

4.2.3 Αδιαβροχοποίηση

Τα φωτιστικά στις μονάδες επεξεργασίας τροφίμων θα πρέπει να σχεδιάζονται για να μειώνουν τη συσσώρευση σκόνης και υπολειμμάτων, την αναρρίχηση παρασίτων και άλλους πιθανούς κινδύνους. Η λεία επιφάνεια και τα μη ορατά σημεία σύνδεσης δεν θα προσελκύσουν σκόνη, σκουπίδια και κατοικίδια. Το καλά σφραγισμένο φωτιστικό παρέχει πλήρη προστασία και υψηλή απόδοση για τη διασφάλιση της ασφάλειας της παραγωγής.

Δεδομένου ότι τα περισσότερα εργοστάσια επεξεργασίας τροφίμων διαθέτουν χώρους πλυσίματος που καθαρίζονται με ψεκασμό με εύκαμπους

σωλήνες, ο φωτισμός που χρησιμοποιείται σε αυτές τις τοποθεσίες πρέπει να είναι ανθεκτικός και ικανός να αντέχει στο περιβάλλον. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο τα φωτιστικά να είναι αδιάβροχα και ικανά να επιτελούν ομαλή λειτουργικότητα σε υγρό περιβάλλον. Επίσης για ένα καθαρό περιβάλλον θα πρέπει να γίνονται καθημερινά απολύμανση και αποστείρωση στις μονάδες επεξεργασίας τροφίμων. Τα φωτιστικά με αδιάβροχη πιστοποίηση είναι ιδανικά για αυτές τις εφαρμογές. Όσο υψηλότερος είναι ο ρυθμός IP των φωτιστικών, τόσο καλύτερη είναι η επίδραση της αντοχής στη σκόνη και το νερό.

4.3 Η επίδραση της θερμοκρασίας φωτισμού και του εσωτερικού χρώματος στον χώρο του γραφείου και στους εργαζόμενους

Σε κάθε σχεδιαστικό έργο, ο φωτισμός παίζει σημαντικό ρόλο, επειδή τα αποτελέσματά του μπορούν να επηρεάσουν άμεσα την ψυχοσωματική κατάσταση των εργαζομένων, επομένως αυτή η πτυχή δεν πρέπει να παραμεληθεί. Αν και η συνολική οπτική εντύπωση δεν εξαρτάται μόνο από τον φωτισμό της ατμόσφαιρας, είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιούν οι σχεδιαστές για να αλλάξουν έναν υπάρχοντα χώρο γραφείου ή να δημιουργήσουν έναν νέο. Ο φωτισμός χαμηλής ποιότητας μπορεί να βλάψει την όραση, προκαλώντας κόπωση, ενόχληση, ημικρανίες και αϋπνία στους εργαζόμενους, γεγονός που κατά συνέπεια επηρεάζει τη συνολική παραγωγικότητα της εταιρείας. Ενώ η έλλειψη φωτός είναι η ρίζα του προβλήματος στις περισσότερες περιπτώσεις, ο ανεπαρκής, έντονος φωτισμός μπορεί να κάνει τα πράγματα χειρότερα. Η κύρια απαίτηση στην επιλογή φωτισμού για χώρους γραφείου είναι να φέρετε το τεχνητό φως όσο το δυνατόν πιο κοντά στο φως της ημέρας. Οι λαμπτήρες LED παρέχουν τις μεγαλύτερες ευκαιρίες για την επίτευξη αυτού του στόχου.

4.3.1 Θερμοκρασία χρώματος φωτισμού και παραγωγικότητα εργαζομένων

Με την εμφάνιση του φωτισμού LED, εμφανίστηκε και η δυνατότητα ρύθμισης της θερμοκρασίας χρώματος του φωτός. Όταν δεν υπάρχει φως της ημέρας σε ένα δωμάτιο, τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και τη νύχτα, η αίσθηση υποκειμενικής άνεσης ή δυσφορίας στο χώρο εργασίας μπορεί να εξαρτηθεί σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα του φωτισμού και τη θερμοκρασία χρώματος του φωτός που εκπέμπει. Η επιλογή της θερμοκρασίας χρώματος σε έναν χώρο γραφείου καθορίζεται αποκλειστικά από λειτουργική άποψη και όχι από σχεδιαστική.

Οι θερμές θερμοκρασίες φωτισμού οδηγούν το σώμα σε χαλάρωση, ακόμη και υπνηλία, λόγω της αύξησης της παραγωγής της ορμόνης μελατονίνης, και για το λόγο αυτό, τέτοιες αποχρώσεις φωτός μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αίθουσες αναμονής, χώρους χαλάρωσης ή κουζίνες.

Από την άλλη πλευρά, η χαμηλή θερμοκρασία του φωτισμού βελτιώνει τη συγκέντρωση και την αντίληψη, αλλά σταδιακά θα καταπονήσει το νευρικό σύστημα, επομένως η χρήση του δεν συνιστάται σε γραφεία όπου οι εργαζόμενοι περνούν το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας, αλλά μόνο σε αίθουσες συσκέψεων ή χώρους όπου εξετάζονται ορισμένα έργα και ιδέες.

Ωστόσο, όταν μιλάμε για χώρους εργασίας όπου το προσωπικό περνά το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας του, είναι απαραίτητο να φωτίζονται από τη θερμοκρασία φωτός που βρίσκεται πλησιέστερα στο φως της ημέρας για να μην επηρεαστεί αρνητικά η δραστηριότητα και η επαγρύπνηση τους. Όπως γνωρίζετε, η ένταση και η θερμοκρασία του φωτός της ημέρας μπορεί να ποικίλλει σε διαφορετικές ώρες της ημέρας, επομένως η καλύτερη λύση θα ήταν να εξοπλίσετε τον χώρο του γραφείου με την καινοτόμο ιδέα του Human Centric Lighting αν είναι δυνατόν. Αυτή η ιδέα φωτισμού μιμείται τον φυσικό κύκλο του φωτός της ημέρας και τον κερκάρδιο ρυθμό των εργαζομένων, τροποποιώντας την ένταση και το χρώμα του φωτισμού. Φροντίζοντας για την υγεία των εργαζομένων τους και ταυτόχρονα τη συνολική παραγωγικότητα του εργατικού δυναμικού, οι σύγχρονες εταιρείες

έχουν αρχίσει να εξοπλίζουν τους χώρους τους με έξυπνα συστήματα φωτισμού.

Εάν δεν είναι δυνατός ο εξοπλισμός χώρων γραφείου με ρυθμιζόμενο φωτισμό, η βέλτιστη θερμοκρασία για τον φωτισμό αυτών των χώρων εργασίας είναι ένα ουδέτερο λευκό χρώμα. Οι μεγάλες διακυμάνσεις σε αυτή τη θερμοκρασία φωτισμού μπορούν να μειώσουν σημαντικά την απόδοση των εργαζομένων.

4.3.2 Σχεδιασμός χώρου γραφείου με χρήση φωτισμού και χρωμάτων

Ο φωτισμός είναι το πιο ισχυρό εργαλείο για τη δημιουργία της επιθυμητής ατμόσφαιρας και διάθεσης και όταν συνδυάζεται με προσεκτικά μελετημένους χρωματικούς συνδυασμούς, μπορεί να βοηθήσει στην επίτευξη ενός επιπλέον θετικού αποτελέσματος στο εργασιακό περιβάλλον. Κατά το σχεδιασμό του φωτισμού, πρέπει να δοθεί προσοχή στο πώς μια συγκεκριμένη θερμοκρασία του χρώματος φωτισμού μπορεί να επηρεάσει το μεταβαλλόμενο χρώμα των εσωτερικών τοίχων καθώς και τη συνολική οπτική εμπειρία μέσα στη μονάδα εργασίας. Τα ζεστά χρώματα στο εσωτερικό σε συνδυασμό με το κρύο φως δεν μπορούν ποτέ να φαίνονται αρμονικά, όπως τα κρύα χρώματα στο εσωτερικό σε συνδυασμό με το ζεστό φως. Από την άλλη, όσο πιο σκούροι είναι οι τοίχοι του χώρου του γραφείου, τόσο πιο μικρό φαίνεται το δωμάτιο. Για να επεκτείνετε οπτικά τον χώρο, πρέπει να χρησιμοποιήσετε ελαφρύτερους τόνους.

Οι λευκοί τοίχοι σε συνδυασμό με τον μπλε φωτισμό μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην οπτική μεγέθυνση του χώρου και να γεμίσουν το δωμάτιο με «αέρα». Ωστόσο, η χρήση μόνο λευκής βαφής σε ένα γραφείο δημιουργεί μια εντύπωση χωρίς χαρακτηριστικά και ψυχρότητα. Συνιστάται η χρήση δύο βασικών χρωμάτων στο σχεδιασμό επιφανειών εργασίας ανοιχτού χώρου. Επομένως, εάν επιλέξουμε το λευκό ως βασικό χρώμα στο χώρο μας, είναι επιθυμητό να προσθέσουμε μία ή δύο ακόμη αποχρώσεις άλλου χρώματος, συμπεριλαμβανομένου του χρώματος των επίπλων.

Στο σχεδιασμό χώρων εργασίας, είναι πολύ σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη η επίδραση ορισμένων χρωμάτων στην ψυχολογική πτυχή των εργαζομένων

και πώς μπορούν να συνδυαστούν με τον φωτισμό, όσον αφορά την έντασή του και το θερμό και ψυχρό φάσμα. Ένας ολόκληρος κλάδος της επιστήμης που ονομάζεται «ψυχολογία των χρωμάτων» μελετά την επίδραση του χρώματος στην ανθρώπινη ψυχολογία και αν χρησιμοποιήσετε λάθος συνδυασμό φωτισμού και χρωμάτων, μπορείτε να έχετε εντελώς λάθος αποτελέσματα.



Εικόνα 4-3 Χρήση φυσικού και τεχνητού φωτισμού σε γραφείο
(<https://www.2020spaces.com/blog-office-lighting-design-explained/>)

Το γκρι, παρά την ουδετερότητά του, μπορεί να συμβάλει σε μια κατάσταση πλήξης και να προκαλέσει απώλεια ενδιαφέροντος και κινήτρων. Σύμφωνα με ψυχολόγους, το μαύρο, το σκούρο μπλε και το σκούρο μωβ χρώματα δεν είναι οι καλύτερες επιλογές για το χώρο του γραφείου, καθώς μπορούν να προκαλέσουν μια κατάσταση κατάθλιψης στους εργαζόμενους. Επιπλέον, η αύξηση της έντασης του τεχνητού φωτός σε τέτοιους χώρους δεν θα φέρει πολλά οφέλη και, από την άλλη πλευρά, θα οδηγήσει σε υψηλή κατανάλωση ενέργειας.

Είναι αποδεδειγμένο ότι τα έντονα χρώματα ερεθίζουν το νευρικό σύστημα, γεγονός που κάνει τον άνθρωπο να κουράζεται γρήγορα και σε συνδυασμό με τον πολύ έντονο φωτισμό, μπορεί να προκαλέσουν και πονοκεφάλους. Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητο να επιλέγουμε ημίτονους, οι οποίοι,

αντίθετα, αυξάνουν τα κίνητρα και τη συνολική αποτελεσματικότητα των εργαζομένων.

Μελέτες που διεξήχθησαν από τη NASA, οι οποίες αργότερα χρησιμοποιήθηκαν ως βάση για άλλες μελέτες σχετικά με τις ψυχολογικές επιπτώσεις του χρώματος στους ανθρώπους σε κλειστούς χώρους, διερεύνησαν τις επιπτώσεις των λευκών, κόκκινων και παστέλ μπλε-πράσινων χρωμάτων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος, μεταξύ των τριών επιλογών που αναφέρθηκαν, ένα γραφείο βαμμένο αποκλειστικά σε λευκό είχε το χαμηλότερο επίπεδο παραγωγικότητας. Η άλλη επιλογή, το έντονο κόκκινο, χαρακτηρίστηκε στις αναφορές ως χρώμα που δημιουργεί ένα οπτικά άβολο και περιορισμένο περιβάλλον μεταξύ των εργαζομένων και δεν φέρνει μεγάλη παραγωγικότητα. Μια τρίτη επιλογή επιβεβαίωσε τις υποθέσεις της NASA ότι ένα δωμάτιο βαμμένο σε παστέλ απόχρωση μπλε-πράσινου θα αύξανε την παραγωγικότητα των εργαζομένων, καθώς και θα δημιουργούσε μια αίσθηση άνεσης όταν βρίσκονταν σε αυτό.

Με βάση αυτό, καθώς και πολλές άλλες μελέτες, ένας μεγάλος αριθμός διακοσμητών εσωτερικών χώρων χρησιμοποιεί την τελευταία επιλογή στην επιλογή χρωματικών λύσεων για χώρους γραφείων. Το γαλάζιο είναι η κορυφαία απόχρωση στην εσωτερική διακόσμηση. Είναι υπεύθυνο για την ενεργοποίηση των τμημάτων του εγκεφάλου που είναι υπεύθυνα για την αφομοίωση νέων πληροφοριών και τη δημιουργία επιχειρηματικών επαφών. Από την άλλη πλευρά, το πράσινο, γνωστό για τη θετική του επίδραση στο κεντρικό νευρικό σύστημα και τη χαλάρωση των μυών των ματιών, μπορεί να βοηθήσει στην αύξηση της παραγωγικότητας των εργαζομένων που περνούν το μεγαλύτερο μέρος της ημέρας στους υπολογιστές τους. Είναι επίσης ιδανική επιλογή για την επίπλωση δωματίων χαλάρωσης.

Εάν απομακρυνθείτε από την πιο βέλτιστη θερμοκρασία ουδέτερου λευκού φωτισμού, σε δωμάτια βαμμένα σε αυτές τις αποχρώσεις, και επιλέξετε φωτισμό σε πιο μπλε φάσμα, είναι σημαντικό να γνωρίζετε ότι αυτό θα τονίσει την ένταση και τον κορεσμό χρωμάτων όπως το γαλάζιο και το σκούρο μπλε και θα δώσει στο πράσινο σμαραγδί τόνο.

Εκτός από τα μπλε και πράσινα χρώματα, το κίτρινο και το μπεζ είναι επίσης κατάλληλα για τις περισσότερες επιφάνειες τοίχων. Η χρήση φωτεινών χρωμάτων για κολώνες ή τοίχους σε μικρά δωμάτια θα κάνει τη διαφορά και θα διαλύσει το αίσθημα της πλήξης, αλλά δεν συνιστάται για χρήση σε τοίχους που έχουν παράθυρα λόγω της έντονης αντίθεσης με το φυσικό φως, ειδικά εάν τοίχος είναι ακριβώς απέναντι από τους εργαζόμενους. (Gordon, 1987, P.25) Όταν μιλάμε για κίτρινο, μπορούμε να πούμε ότι βελτιώνει τη δημιουργικότητα, δημιουργεί μια αισιόδοξη και χαρούμενη διάθεση και διεγείρει νέες ιδέες, αλλά αν εξακολουθείτε να επιλέξετε μια τυπική και ουδέτερη επιλογή, τότε το μπεζ είναι η τέλεια λύση για εσάς.

Ωστόσο, όταν μιλάμε για τους ζεστούς τόνους του εσωτερικού, θα πρέπει να προσέξουμε πώς συνδυάζονται με τη θερμοκρασία χρώματος του φωτισμού. Όπως έχουμε ήδη πει, δεν συνιστάται ο συνδυασμός ζεστών αποχρώσεων του εσωτερικού με ψυχρό φωτισμό. Ένας τέτοιος συνδυασμός θα οδηγήσει στο ξεθώριασμα τους, φέρνοντας το ζεστό χρώμα, όπως το πορτοκαλί, πιο κοντά στο καφέ και το κίτρινο θα πάρει μια πρασινωπή απόχρωση. Σε αυτή την περίπτωση, η πιο ασφαλής επιλογή χρώματος φωτισμού είναι μια ουδέτερη λευκή επιλογή.

Ένα προσεκτικά σχεδιασμένο περιβάλλον στο οποίο οι εργαζόμενοι αισθάνονται άνετα είναι μια καλή βάση για τη διάδοση μιας θετικής ατμόσφαιρας στο χώρο εργασίας και την αύξηση της επιθυμίας για πρόοδο. Είναι πολύ σημαντικό να επιλέγουμε σχεδιαστικές λύσεις που θα ελαχιστοποιούν όλους τους παράγοντες κινδύνου για προβλήματα υγείας των εργαζομένων. Κατά την επιλογή του φωτισμού, της θερμοκρασίας και της έντασής του, θα πρέπει να δίνουμε ιδιαίτερη προσοχή στον σκοπό του ίδιου του δωματίου και στο αποτέλεσμα που θέλουμε να επιτύχουμε με αυτόν. Φροντίζοντας τους υπαλλήλους μας, φροντίζουμε και την εταιρεία μας, γιατί η ευγνωμοσύνη τους θα μετρηθεί από το υψηλό επίπεδο παραγωγικότητας ολόκληρης της ομάδας.

5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΚΑΙ ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

5.1 Παρουσίαση του προς μελέτη χώρου

Η μελέτη αφορά μια βιοτεχνία συσκευασίας ξηρών καρπών. Το προς μελέτη κτήριο αποτελείται από γραφεία, χώρους επεξεργασίας και συσκευασίας και χώρους αποθήκευσης. Στο Σχήμα 5-1 φαίνεται η κάτοψη του χώρου. Ακολουθεί μια λεπτομερής περιγραφή κάθε τμήματος

5.1.1 Χώρος γραφείων

Το παρόν κτήριο αποτελεί το κεντρικό κατάστημα μιας αλυσίδας καταστημάτων και ως εκ τούτου φιλοξενεί κατά καιρούς τους εργαζόμενους και από τα υπόλοιπα υποκαταστήματα. Έτσι εκτός από τα γραφεία των εργαζομένων υπάρχει και αίθουσα σεμιναρίων και αίθουσα συσκέψεων. Όλοι οι χώροι των γραφείων έχουν ύψος 2.8 μέτρα σε αντίθεση με τους υπόλοιπους χώρους που έχουν ύψος 6 μέτρα

5.1.2 Χώρος εισόδου και αποθήκευσης α' υλών / Χώρος αποθήκευσης συσκευασμένων προϊόντων

Ο χώρος αποθήκευσης α' υλών βρίσκεται δίπλα ακριβώς από την είσοδο του χώρου της βιοτεχνίας. Επειδή οι πρώτες ύλες είναι ευαλλοίωτες, υπάρχει ψυγεία για τη συντήρησή τους υπό σταθερή χαμηλή θερμοκρασία, το πολύ +7°C, ανάλογα με το είδος της πρώτης ύλης. Σε κάθε ψυγείο θα υπάρχει μόνιμως θερμομόμετρο, τοποθετημένο σε κατάλληλο σημείο, ώστε να ελέγχεται εύκολα η ψύξη του

5.1.3 Χώρος πλύσης και φούρνων

Χώρος πλύσης

Υπάρχει χώρος πλύσεως των χρησιμοποιούμενων στο εργαστήριο σκευών και εργαλείων. Στο χώρο αυτόν υπάρχει εγκατάσταση τρεχούμενου ζεστού και κρύου νερού και εγκατάσταση αποχετεύσεως. Ο χώρος αυτός συνυπάρχει με το χώρο των φούρνων,

Χώρος φούρνων (επεξεργασίας)

Στον χώρο φούρνων υπάρχουν όλα τα απαραίτητα για την επεξεργασία, μηχανήματα (φούρνοι) καθώς, και νιπτήρες, σαπούνι και χειροπετσέτες μιας χρήσεως. Οι νιπτήρες αυτοί είναι άσχετοι με τους υπάρχοντες στους προθαλάμους των αποχωρητηρίων και θα βρίσκονται όσο το δυνατό πλησιέστερα στις θέσεις εργασίας, προοριζόμενοι για το πλύσιμο των χρησιμοποιούμενων εργαλείων και των χεριών του προσωπικού κατά τη διάρκεια της εργασίας τους.

5.1.4 Χώρος τυποποίησης

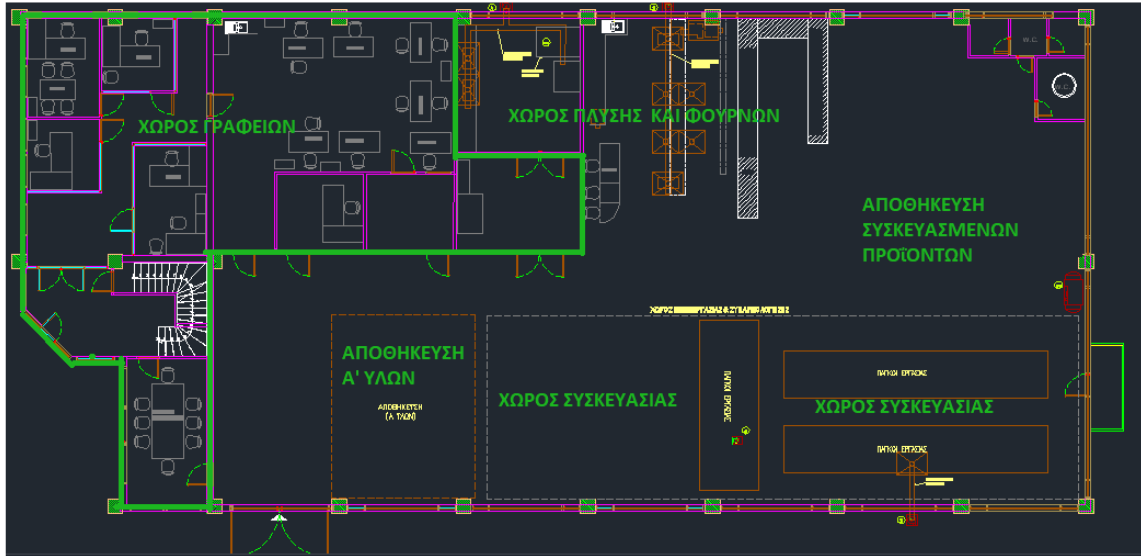
Επειδή χρησιμοποιούνται περιέκτες πολλαπλής χρήσεως (σακιά) για τη συσκευασία, το πλύσιμο των περιεκτών αυτών θα γίνεται με αυτόματα μηχανικά πλυντήρια, εγκατεστημένα σε ιδιαίτερο επαρκή χώρο και θα περιλαμβάνει σε γενικές γραμμές τις ακόλουθες φάσεις:

1. Πρόπλυση με χρήση κατάλληλου και αποδεκτού από υγειονομικής απόψεως απορρυπαντικού.
2. Πλύση με νερό υψηλής θερμοκρασίας (της τάξης των $+80^{\circ}\text{C}$), που περιέχει καυστικό νάτριο σε συγκέντρωση 2-3%.
3. Συστηματικό ξέπλυμα με άφθονο νερό.
4. Απολύμανση με μια αποδεκτή μέθοδο, όπως :
 - Παραμονή για 2' – 5' σε κλειστό χώρο με την επενέργεια υπέρθερμου ατμού.
 - Βάπτισμα για 2' – 3' σε υδάτινο λουτρό θερμοκρασίας τουλάχιστον $+80^{\circ}\text{C}$.
 - Βάπτισμα για 2' – 5' σε διάλυμα χλωρίου με αρχική περιεκτικότητα σε υπόλειμμα «ελεύθερου» χλωρίου περίπου 100 μ.α.ε. νερού, που δεν θα μειώνεται κάτω από 50 μ.α.ε. νερού.
 - Οποιαδήποτε άλλη μέθοδος απολυμάνσεως ή αποστειρώσεως, που θα είναι αποδεδειγμένα αποτελεσματική και θα εγκριθεί από την Υγειονομική Υπηρεσία.

Επίσης στο χώρο της τυποποίησης θα υπάρχει επίσης και νιπτήρες, σαπούνι και χειροπετσέτες μιας χρήσεως.

5.1.5 Χώρος αποθήκευσης τυποποιημένων προϊόντων

Και σε αυτόν τον χώρο υπάρχουν ψυγεία για αποθήκευση των τυποποιημένων προϊόντων (όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο)



Σχήμα 5-1 Ο χώρος της μελέτης

5.2 Προδιαγραφές φωτισμού [9]

Οι υπολογισμοί υπόκεινται στο πρότυπο φωτισμού EN 12464-1 και στην Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-7/2021

Ο χώρος γραφείων πρέπει να ακολουθεί τις παρακάτω προδιαγραφές

- Επίπεδα φωτισμού : **500lx**
- **Ομοιομορφία > 0.6** όλοι οι χώροι και **>0.4** οι διάδρομοι
- Δείκτης χρωματικής απόδοσης: **Ra>80**

Φωτισμός γραφείων

5.26	Γραφεία	Em (lx)	Uo	UGRL	Ra
5.26.1	Αρχειοθέτηση, φωτοαντίγραφα κτλ	300	0.40	19	80
5.26.2	Συγγραφή, δακτυλογράφηση, ανάγνωση, επεξεργασία δεδομένων	500	0.60	19	80
5.26.3	Τεχνικό σχέδιο	750	0.70	16	80
5.26.4	CAD work stations	500	0.60	19	80
5.26.5	Αίθουσες συνεδρίων και συσκέψεων	500	0.60	19	80
5.26.6	Χώρος υποδοχής	300	0.60	22	80
5.26.7	Αρχείο	200	0.40	25	80

Ο χώρος συσκευασίας πρέπει να ακολουθεί τις παρακάτω προδιαγραφές

- Επίπεδα φωτισμού : **200lx**
- **Ομοιομορφία >0.4**
- Δείκτης χρωματικής απόδοσης: **Ra>80**

5.11	Βιομηχανία κεραμικών, πλαστικών και ελαστικών	Em (lx)	Uo	UGRL	Ra
5.11.1	Κατασκευή καλωδίων και συρμάτων	300	0.60	25	80
5.11.2	Περιέλιξη: μεγάλα πηνία	300	0.60	25	80
5.11.3	Περιέλιξη: μεσαίου μεγέθους πηνία	500	0.60	22	80
5.11.4	Περιέλιξη: μικρά πηνία	750	0.70	19	80
5.11.5	Εμποτισμός πηνίου	300	0.60	25	80
5.11.6	Γαλβάνισμα	300	0.60	25	80
5.11.7	Εργασίες συναρμολόγησης: μικρής ακρίβειας π.χ. μεγάλοι μετασχηματιστές	300	0.60	25	80
5.11.8	Εργασίες συναρμολόγησης: μέσης ακρίβειας π.χ. Ηλεκτρικοί πίνακες	500	0.60	22	80
5.11.9	Εργασίες συναρμολόγησης: μεγάλης ακρίβειας π.χ. τηλέφωνα, ραδιόφωνα, IT εξαρτήματα, υπολογιστές	750	0.70	19	80
5.11.10	Εργασίες συναρμολόγησης: εξαιρετικής ακρίβειας π.χ. εξαρτήματα μέτρησης, τυπωμένα κυκλώματα	1000	0.70	16	80
5.11.11	Εργαστήρια ηλεκτρονικών εφαρμογών, δοκιμές, ρυθμίσεις	1500	0.70	16	80

5.12	Τρόφιμα και βιομηχανία τροφίμων πολυτελείας	Em (lx)	Uo	UGRL	Ra
5.12.1	Σταθμοί εργασίας και ζώνες σε ζυθοποιεία, ζηραντήρια βύνης.	200	0.40	25	80
5.12.1	Σταθμοί εργασίας και ζώνες πλύσης, καθαρισμού, κοσκινίσματος, ξεφλουδίσματος, γέμισης δοχείων	200	0.40	25	80
5.12.1	Σταθμοί εργασίας και ζώνες σε καπνηστήρια	200	0.40	25	80
5.12.1	Σταθμοί εργασίας και ζώνες για παρασκευή σοκολάτας	200	0.40	25	80
5.12.1	Σταθμοί εργασίας και ζώνες για παρασκευή ζαχαριτών	200	0.40	25	80
5.12.1	Ξηραντήρια καπνού	200	0.40	25	80
5.12.2	Διαλογή και πλύσιμο προϊόντων, άλεσμα, ανάμιξη, συσκευασία	300	0.60	25	80
5.12.3	Σταθμοί εργασίας και ζώνες ελέγχου σε σφαγεία, κρεοπωλεία	500	0.60	25	80
5.12.4	Κοπή και διαλογή φρούτων και λαχανικών	300	0.60	25	80
5.12.5	Παρασκευή τροφίμων delicatessen, εργασίες κουζίνας, παρασκευή παύρων	500	0.60	22	80
5.12.6	Επιβίωσηση ποτηριών και μπουκαλιών, έλεγχος προϊόντων, φινιρίσμα	500	0.60	22	80
5.12.7	Εργαστήρια	500	0.60	19	80
5.12.8	Χρωματικός έλεγχος	1000	0.70	16	90

Γενικά θα πρέπει να τηρούνται και οι ακόλουθες προδιαγραφές

- Φωτεινή απόδοση > **60lm/W**
- Εγκατεστημένη ισχύς: **14W/m²** όλοι οι χώροι και **5.6W/m²** ο χώρος αναμονής
- Πυκνότητα ισχύος ανά 100lx: **2.5W/m²/100lx** (για λαμπτήρες τύπου LED)
- Τα επίπεδα φωτισμού να μην υπερβαίνουν το **20%** των ορίων κάθε χώρου

5.3 Τα χρησιμοποιηθέντα φωτιστικά

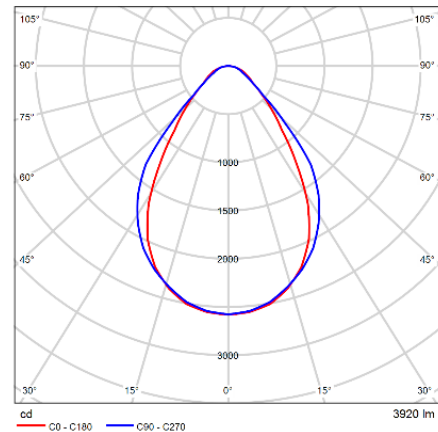
Οι προδιαγραφές των φωτιστικών που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε χώρο φαίνονται παρακάτω

5.3.1 Φωτιστικό εισόδου - φουαγιέ, εισόδου - εξόδου βιοτεχνίας, διαδρόμου βιοτεχνίας και βοηθητικού χώρου βιοτεχνίας

Cardi Belysning från Elektroskandia - BOX MP D DALI DT8 2700-6500K



Αρ. είδους	E7018363
P	43.0 W
Φωτιστικό	3920 lm
Ωφέλος φωτός	91.2 lm/W
CCT	3000 K
CRI	80



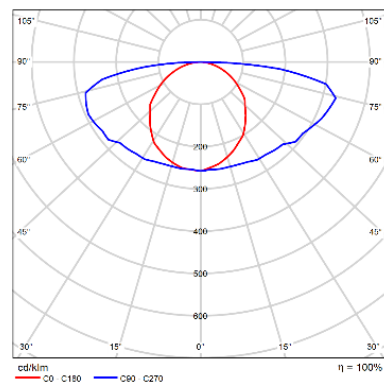
Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

5.3.2 Φωτιστικά αίθουσας σεμιναρίων

Petridis - CYCLONE_SLIM_SYSTEM_D5000-51D_52W_NEUTRAL



Αρ. είδους	8241813_
P	52.0 W
Φλάσμα	3600 lm
Φωτιστικό	3594 lm
η	99.82 %
Ωφέλος φωτός	69.1 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



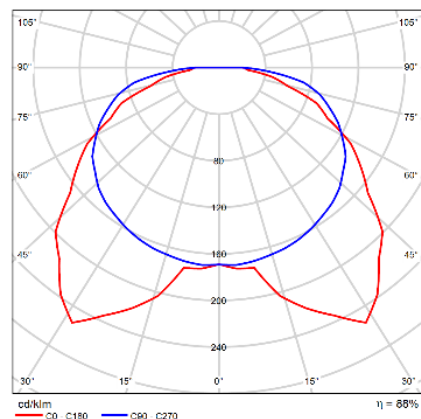
Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

5.3.3 Φωτιστικό χώρου αποθήκευσης α' υλών, χώρου συσκευασίας, χώρου αποθήκευσης παλετών, χώρου φούρνων και πλύσης

Petridis - LINA_LED_1X42W_NEUTRAL_L1570mm



Αρ. είδους	511653
P	42.0 W
Φλάμα	6842 lm
Φωτιστικό	6033 lm
η	88.17 %
Ωφελος φωτός	143.6 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80

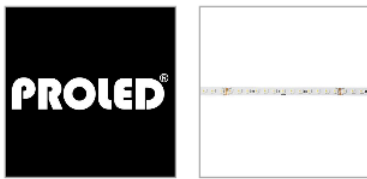


Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

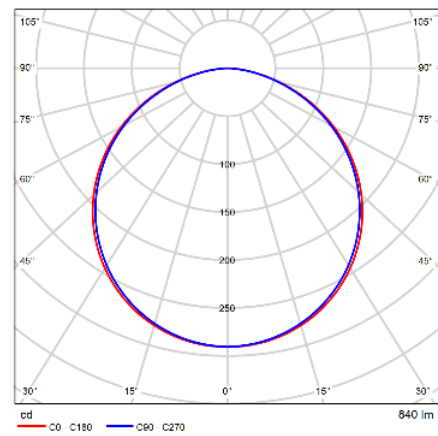
Για τους παραπάνω χώρους, σύμφωνα με τον Πίνακα 3-2, οι απαιτούμενοι βαθμοί προστασίας είναι IP:5 και IK:07. Το παρόν φωτιστικό της εταιρείας Petridis έχει IP: 65 και IK:10 και ήταν ένα από τα κριτήρια που συντέλεσαν στην επιλογή του. Εκτός της ασφάλειας που παρέχει, δίνει και εξαιρετικά φωτοτεχνικά αποτελέσματα. Η επιλογή των φωτιστικών των υπόλοιπων χώρων έγινε με βάση την καλαισθησία και την άνεση του χρήστη, δηλαδή δόθηκε προσοχή και προτεραιότητα στην κατάλληλη απόχρωση του φωτός για κάθε χώρο.

5.3.4 Φωτιστικό γραφείων και αίθουσας συσκέψεων

PROLED - Flex Strip XTend RGBW - NW



Αρ. είδους	L6V48D808
P	14.2 W
Φ _{φωτιστικό}	840 lm
Ωφέλιμος φωτός	59.2 lm/W
CCT	- 7723 K 4000 K
CRI	- -18 91

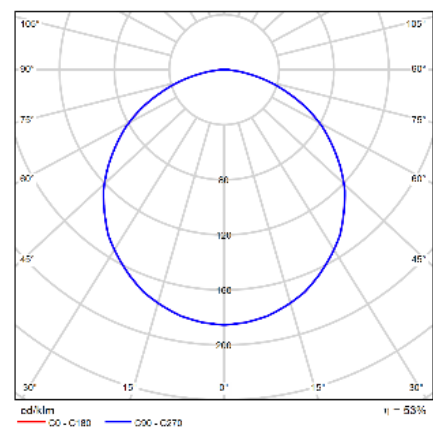


Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

5.3.5 Φωτιστικό WC



Αρ. είδους	8231138_
P	20.0 W
Φ _{λάμπα}	1800 lm
Φ _{φωτιστικό}	949 lm
η	52.73 %
Ωφέλιμος φωτός	47.5 lm/W
CCT	3000 K
CRI	80



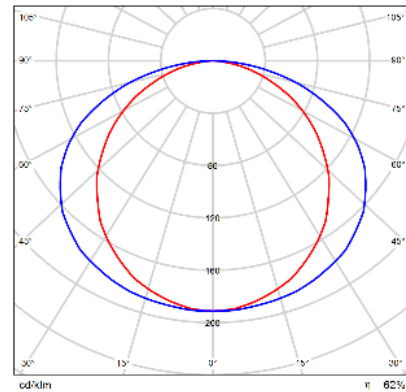
Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

5.3.6 Φωτιστικό διαδρόμου γραφείων και κλιμακοστασίου

Petridis - SLOTLIGHT_LED_49W_NEUTRAL_OPAL_L1720mm



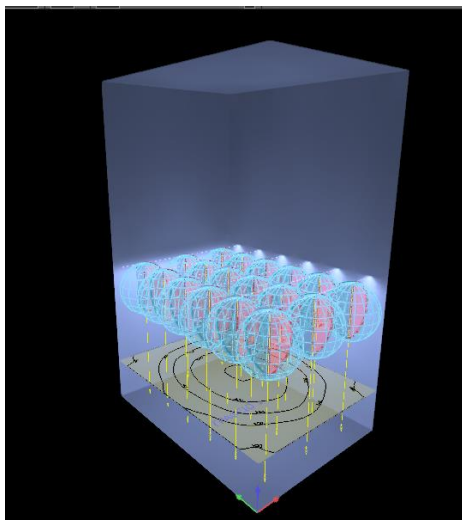
Αρ. είδους	90177_
P	49.0 W
Φλάρμα	8745 lm
ΦΦωτιστικό	5381 lm
η	61.53 %
Ωφέλιμος φωτός	109.8 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

5.4 Παρουσίαση φωτομετρικών αποτελεσμάτων κάθε χώρου

5.4.1 Γραφείο 1

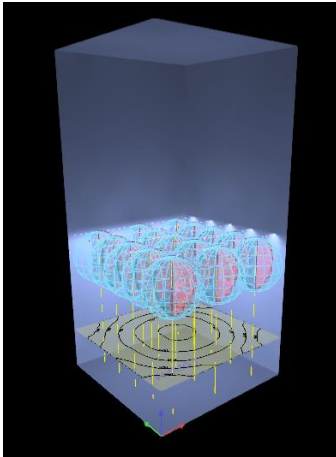


Ένταση φωτισμού $E=533lx$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0=0.71$

5.4.2 Γραφείο 2

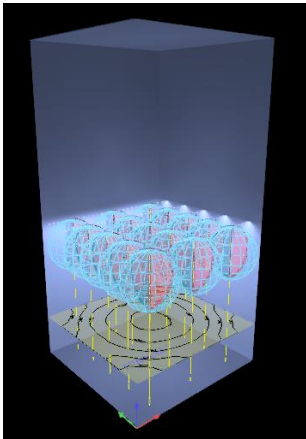


Ένταση φωτισμού $E=5451x$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0=0.74$

5.4.3 Γραφείο 3

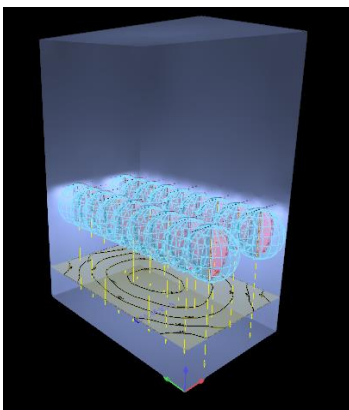


Ένταση φωτισμού $E=5481x$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0=0.74$

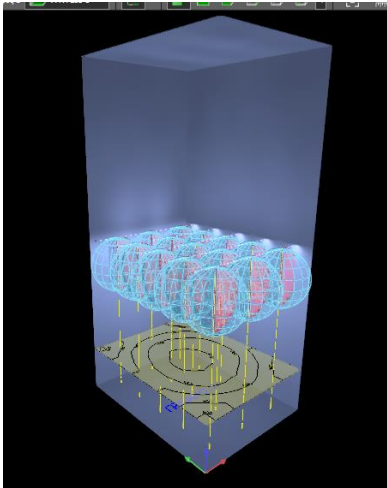
5.4.4 Γραφείο 4



Ένταση φωτισμού $E= 5101x$

Συντελεστής Ομοιομορφίας $U_0=0.7$

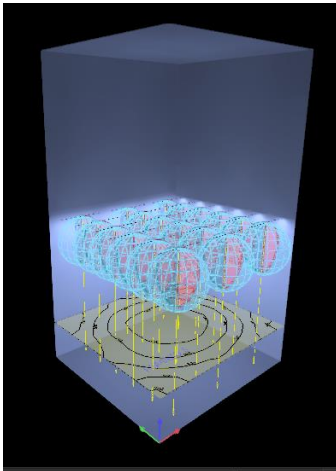
5.4.5 Γραφείο 5



Ένταση φωτισμού $E= 517lx$

Συντελεστής Ομοιομορφίας
 $U_0=0.77$

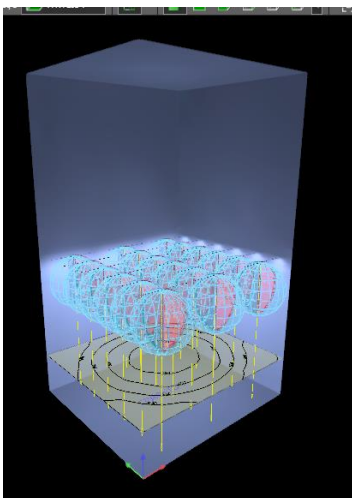
5.4.6 Γραφείο 6



Ένταση φωτισμού $E= 532lx$

Συντελεστής Ομοιομορφίας
 $U_0=0.73$

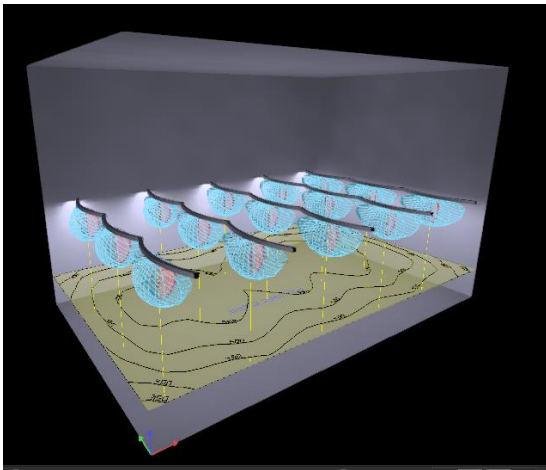
5.4.7 Γραφείο 7



Ένταση φωτισμού $E= 561lx$

Συντελεστής Ομοιομορφίας
 $U_0=0.71$

5.4.8 Αίθουσα σεμιναρίων

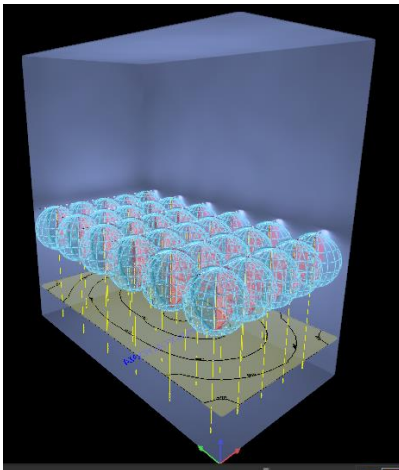


Ένταση φωτισμού $E= 512lx$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0=0.65$

5.4.9 Αίθουσα συσκέψεων

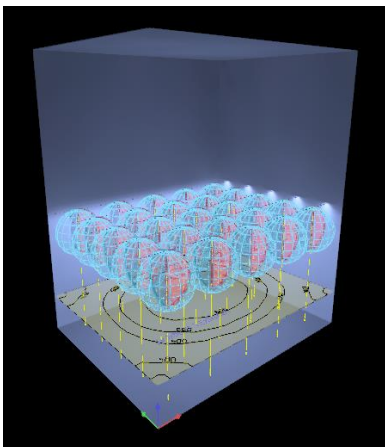


Ένταση φωτισμού $E= 599lx$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0=0.62$

5.4.10 Γραφείο τεχνικού

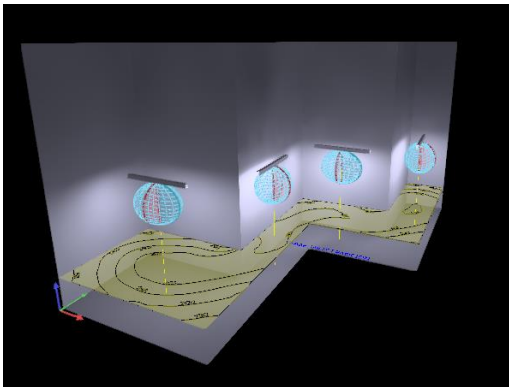


Ένταση φωτισμού $E= 522lx$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0=0.65$

5.4.11 Διάδρομος γραφείων

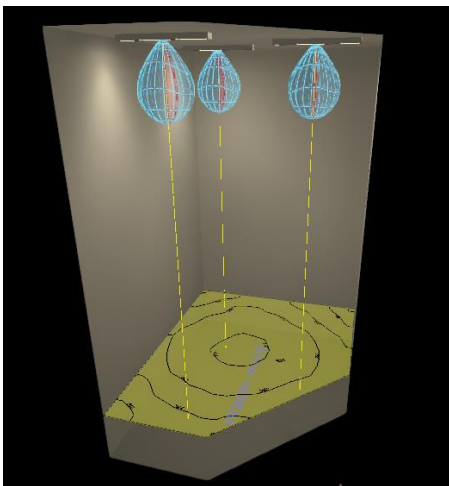


Ένταση φωτισμού $E = 3091x$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0 = 0.42$

5.4.12 Υποδοχή - Φουαγιέ

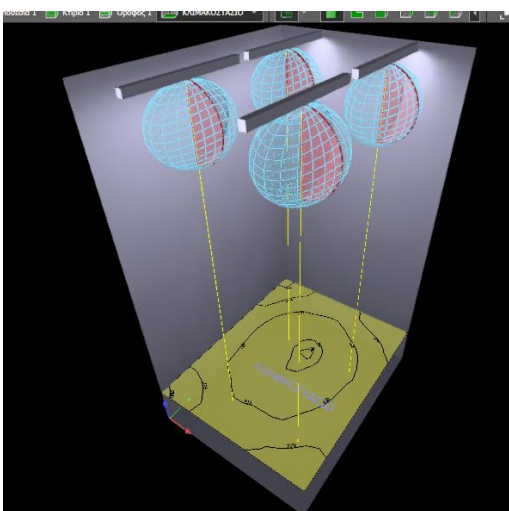


Ένταση φωτισμού $E = 2451x$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0 = 0.73$

5.4.13 Κλιμακοστάσιο

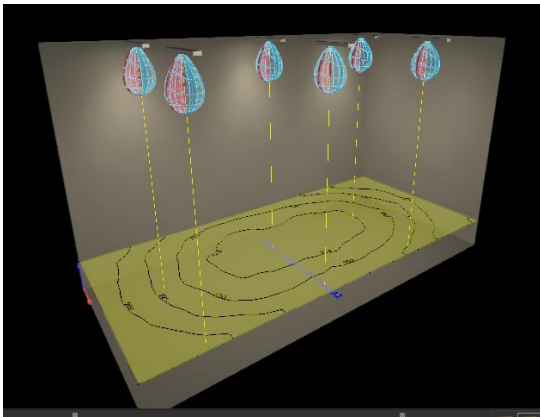


Ένταση φωτισμού $E = 2941x$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0 = 0.84$

5.4.14 Είσοδος - Έξοδος βιοτεχνίας

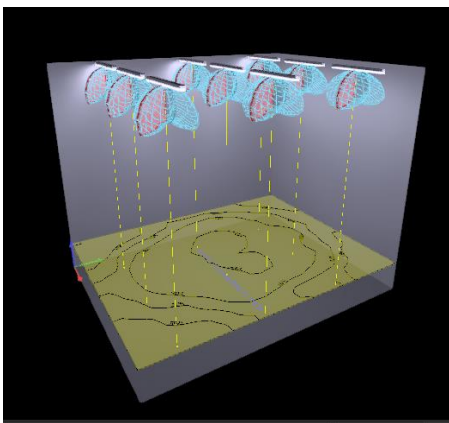


Ένταση φωτισμού $E= 2381x$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0=0.62$

5.4.15 Χώρος αποθήκευσης Α' Υλών

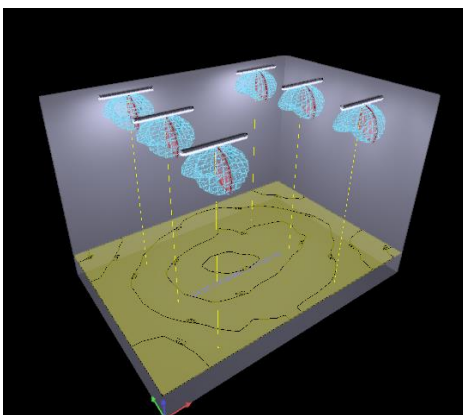


Ένταση φωτισμού $E= 3891x$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0=0.77$

5.4.16 Χώρος αποθήκευσης παλετών

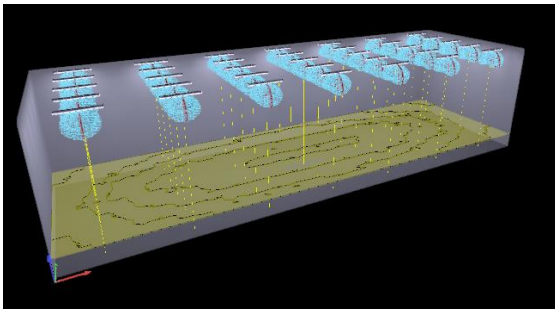


Ένταση φωτισμού $E= 2291x$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0=0.77$

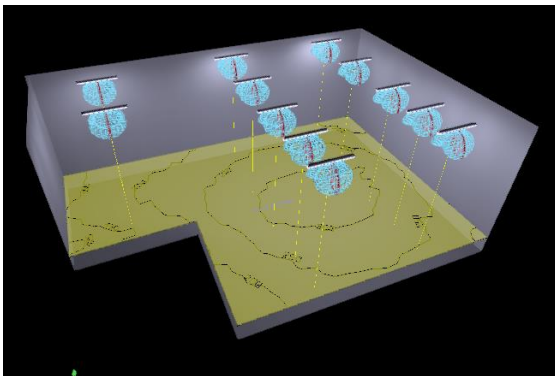
5.4.17 Χώρος συσκευασίας



Ένταση φωτισμού $E = 550lx$

Συντελεστής Ομοιομορφίας
 $U_0 = 0.65$

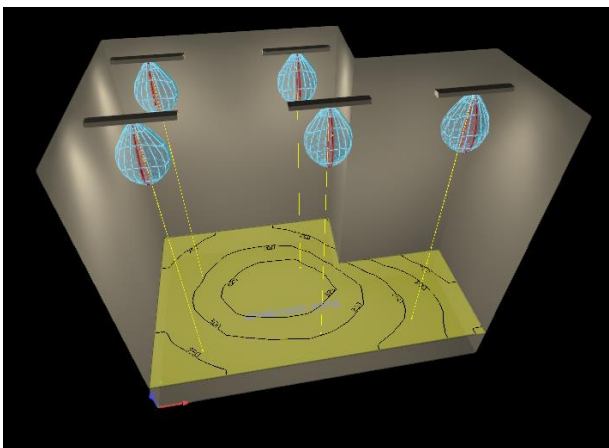
5.4.18 Χώρος φούρνων



Ένταση φωτισμού $E = 242lx$

Συντελεστής Ομοιομορφίας
 $U_0 = 0.50$

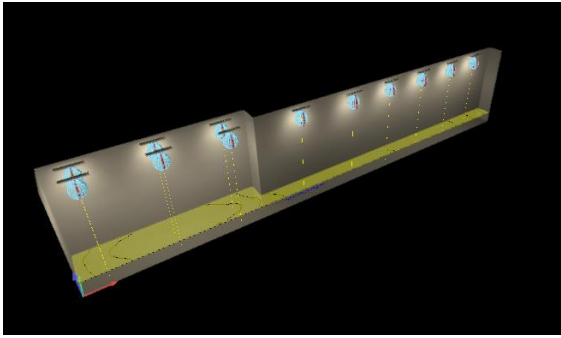
5.4.19 Βοηθητικός χώρος



Ένταση φωτισμού $E = 273lx$

Συντελεστής Ομοιομορφίας
 $U_0 = 0.56$

5.4.20 Διάδρομος βιοτεχνίας

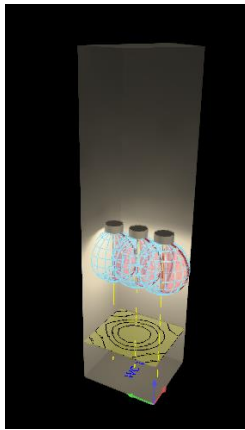


Ένταση φωτισμού $E = 2421x$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0 = 0.40$

5.4.21 WC 1

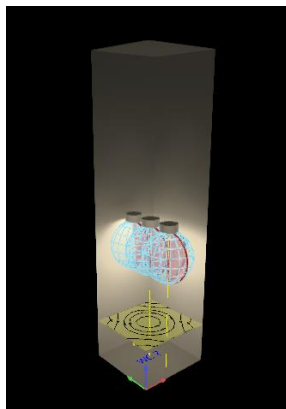


Ένταση φωτισμού $E = 2391x$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0 = 0.87$

5.4.22 WC 2

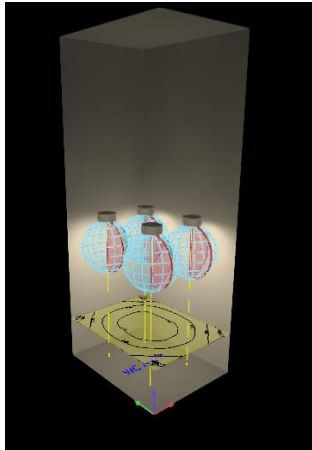


Ένταση φωτισμού $E = 2351x$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0 = 0.86$

5.4.23 WC ΑΜΕΑ

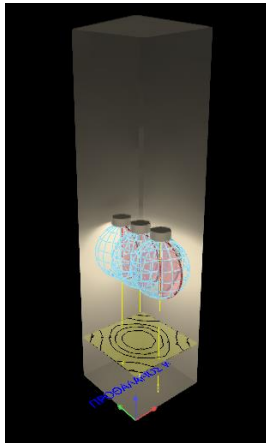


Ένταση φωτισμού $E = 227 \text{lx}$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0 = 0.75$

5.4.24 ΠΡΟΘΑΛΑΜΟΣ WC



Ένταση φωτισμού $E = 238 \text{lx}$

Συντελεστής Ομοιομορφίας

$U_0 = 0.77$

6 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 –ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

6.1 Υπολογισμός κόστους προμήθειας, εγκατάστασης και κατανάλωσης των φωτιστικών

Ο παρακάτω πίνακας δίνει τα χρησιμοποιούμενα φωτιστικά που χρησιμοποιούνται στην εγκατάσταση

Πίνακας 6-1 Τεχνικά στοιχεία των φωτιστικών της εγκατάστασης

Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ	Ωφέλιος φωτός
26	Cardi Belysning från Elektroskandia	E7018363	BOX MP D DALI DT8 2700-6500K	43.0 W	3920 lm	91.2 lm/W
74	Petridis	511653	LINA_LED_1X42W_NEUTRAL_L1570mm	42.0 W	6033 lm	143.6 lm/W
13	Petridis	8231138_	PLEXI_ROUND_350_LED_20W_WARM_D350mm	20.0 W	949 lm	47.5 lm/W
15	Petridis	8241813_	CYCLONE_SLIM_SYSTEM_D5000-51D_52W_NEUTRAL	52.0 W	3594 lm	69.1 lm/W
8	Petridis	90177_	SLOTLIGHT_LED_49W_NEUTRAL_OPAL_L1720mm	49.0 W	5381 lm	109.8 lm/W
172	PROLED	L6V48D80 8	Flex Strip XTend RGBW - NW	14.2 W	840 lm	59.2 lm/W

Ακολουθεί ο Πίνακας 6-2 που δίνει το συνολικό κόστος αγοράς των φωτιστικών και ο Πίνακας 6-3 που δίνει τη συνολική ισχύ των φωτιστικών

Πίνακας 6-2 Κόστος φωτιστικών σωμάτων

Φωτιστικό	Τιμή Μονάδας	Συνολικό κόστος
BOX MP D DALI DT8 (Cardi Belysning)	65€	65×26=1690€
LINA_LED (PETRIDIS)	55€	55×74=4070€
PLEXI_ROUND (PETRIDIS)	165€	165×13=2145€
CYCLONE_SLIM (PETRIDIS)	1000€	1000×15=15000€
SLOTLIGHT_LED (PETRIDIS)	30€	30×8=240€

FLEX STRIP XTEND RGB (PROLED)	2€	2×172=344€
Συνολικό Κόστος		23489€

Πίνακας 6-3 Συνολική ηλεκτρική ισχύς όλων των φωτιστικών

Φωτιστικό	Ηλεκτρική ισχύς	Συνολική Ηλεκτρική Ισχύς
BOX MP D DALI DT8 (Cardi Belysning)	43 W	43×26=1118 W
LINA_LED (PETRIDIS)	42W	42×74=3108 W
PLEXI_ROUND (PETRIDIS)	20 W	20×13=260 W
CYCLONE_SLIM (PETRIDIS)	52 W	52×15=780 W
SLOTLIGHT_LED (PETRIDIS)	49 W	49×8=392 W
FLEX STRIP XTEND RGB (PROLED)	14.2 W	14.2×172=2442.4 W
Συνολική Ισχύς		8100.4W

Θεωρούμε ότι ο φωτισμός λειτουργεί 8 ώρες/ημέρα, οπότε οι καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια στη διάρκεια ενός έτους είναι:

$$8100.4W \times 8\text{hours} \times 365 \text{ days} = \mathbf{23653 \text{ kWhrs}}$$

Ο πίνακας που ακολουθεί δίνει τις τυποποιημένες τιμές των παροχών του ΔΕΔΔΗΕ. Θα υποθέσουμε για τους επόμενους υπολογισμούς ότι η εγκατάσταση που μελετάται, έχει παροχή Νο 4, δηλαδή έχει εγκατεστημένη ισχύ 55KVA



ΠΙΝΑΚΑΣ IV

Στοιχεία μονοφασικών και τριφασικών παροχών Χ.Τ.

ΠΑΡΟΧΗ		ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ				ΜΕΤΡΗΤΗΣ	ΔΙΑΤΟΜΗ ΚΑΛΩΔΙΟΥ ΠΑΡΟΧΗΣ		ΕΛΑΧ. ΔΙΑΤΟΜΗ ΓΡΑΜΜΗΣ ΠΙΝΑΚΑ-ΜΕΤΡΗΤΗ ΠΟΥ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΕΤΑΙ ΑΠΟ ΥΠΕΡΦΟΡΤΙΣΗ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ Μ/Σ
		Γενική εσοτ. εγκατάστασης	Μετρητής		Ελάχ.Αναγ. δικτύου ΧΤ		Συγκεντρικά θ.Ν. (Cu)	X - LPE		
No	kVA		A	A		A			A	A
ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ										
03	8	35	35	40	63	10/40 15/60	2 x 6	-	3 x 10	50
05	12	50	63	63	80	15/60	2 x 16	-	3 x 16	50
ΤΡΙΦΑΣΙΚΕΣ ΠΑΡΟΧΕΣ										
1	15	25	25	25	63	3 x 10/40 3 x 10/60	4 x 6	-	5 x 6	50
2	25	35	35	40	63	3 x 10/40 3 x 10/60	4 x 6	-	5 x 10	50
3	35	50	63	63	100	3 x 20/60 3 x 10/60	4 x 16	-	5 x 16	100 (75)
4	55	80	100	-	160	3 x 50/100 3 x 20/100	4 x 25	-	3x25+16+16 ⁽⁵⁾	100
5	85	125	160	-	250	3 x 1.5/6 3x 1/6	4 x 50	3x95 Al + 35 Cu	3x50+25+25 ⁽⁵⁾	160
6	135	200	250	-	400	3 x 1.5/6 3x 1/6	Μονοπολ. 95 Cu	3x150 Al + 50 Cu	3x120+70+70 ⁽⁵⁾	250

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

1. Για παροχές **No.7** βλέπε πίνακα V
2. Για στήλη "**ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΙΣΧΥΣ Μ/Σ**", οι τιμές σε παρένθεση αφορούν **Μ/Σ** παλαιάς τυποποίησης, οι οποίοι πρέπει να χρησιμοποιούνται μέχρι την εξάντληση των αποθεμάτων τους.
3. Στη στήλη "**ΜΕΤΡΗΤΗΣ**", η άνω τιμή αφορά μετρητές παλαιού τύπου, ενώ η κάτω τιμή μετρητές νέου τύπου. Στις παροχές **No.5** και **6** οι μετρητές τροφοδοτούνται μέσω **Μ/Σ εντάσεως 200/5**.
4. Για καταναλωτές με ένα μόνο κινητήρα ή που ο μεγαλύτερος κινητήρας τους έχει ισχύ μεγαλύτερη ή ίση με το **80%** της συνολικής, βλέπε παραγρ. 9.2 της παρούσης Οδηγίας.
5. Οι **μειωμένες** διατομές ουδετέρου και γείωσης ισχύουν για αγωγούς μέσα σε σωλήνα ή καλώδια (άρθρο 19 ΚΕΗΕ)

Στον Πίνακα 6-6 παρουσιάζονται τα ποσά που θα πληρωθούν στον πάροχο ηλεκτρικής ενέργειας για το διάστημα ενός έτους (τρεις εκκαθαριστικοί)

Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν με βάση τον τιμοκατάλογο της ΔΕΗ για επαγγελματικό τιμολόγιο Γ21 που φαίνεται στον Πίνακα 6-4 και με βάση το παράδειγμα που παρατίθεται στον Πίνακα 6-5

Πίνακας 6-4 Οι τιμές για επαγγελματικό τιμολόγιο Γ21

Χρεώσεις Προμήθειας ΔΕΗ (με ισχύ από 01.09.2019)	Τιμές
Χρέωση Παγίου	0,60 ανά μήνα
Χρέωση Ενέργειας	0,12269 €/kWh
Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις	Τιμές
ΑΔΜΗΕ : ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ Η/Ε (ισχύ από 01.01.2017)	
Μοναδιαία Πάγια Χρέωση Ισχύος (ΜΠΧ)	(0,53 €/kVA) x ΣΙ ανά έτος
Μοναδιαία Μεταβλητή Χρέωση Ενέργειας (ΜΜΧ)	0,00477 €/kWh
ΔΕΔΔΗΕ : ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ Η/Ε (ισχύ από 01.01.2017)	
Μοναδιαία Πάγια Χρέωση Ισχύος (ΜΠΧ)	(1,47 €/kVA) x ΣΙ ανά έτος
Μοναδιαία Μεταβλητή Χρέωση Ενέργειας (ΜΜΧ)	0,0190 €/kWh
ΥΚΩ : Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας	0,01824 €/kWh
ΕΤΜΕΑΡ : Ειδικό Τέλος Μείωσης Εκπομπών Αερίων Ρύπων	0,01700€/kWh
Λοιπές Χρεώσεις	0,00007 €/kWh
ΕΦΚ: Ειδικός Φόρος Κατανάλωσης	0,0050 €/kWh

Όπου:
kVA:
η Συμφωνημένη Ισχύς (ΣΙ) της παροχής
Ημέρες:
ο αριθμός των ημερών της περιόδου κατανάλωσης
kWh (κιλοβατώρα):
η ενέργεια που καταναλώθηκε στη συγκεκριμένη περίοδο κατανάλωσης
Έτος: 365 ημέρες

Πίνακας 6-5 Παράδειγμα υπολογισμού λογαριασμού για επαγγελματικό τιμολόγιο Γ21

Ανάλυση Λογαριασμού			
Χρέωση Παγίου (τιμή x συντ. αναγωγής ημερών) : 0,60 € x (120/30) =	2,4		2,40 €
Χρέωση Ενέργειας (kWh x τιμή):	1.200	0,12269	147,23 €
ΧΡΕΩΣΕΙΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΔΕΗ:			149,63 €
ΑΔΜΗΕ : ΔΙΚΤΥΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ Η/Ε			
[ΜΠΧ (€ / kVA & έτος) x kVA x Ημέρες / 365] + [kWh x ΜΜΧ (€ / kWh)] =	0,53	8 120 365 1.200	0,00477
			7,12 €
ΔΕΔΔΗΕ : ΔΙΚΤΥΟ ΔΙΑΝΟΜΗΣ Η/Ε			
[ΜΠΧ (€ / kVA & έτος) x kVA x Ημέρες / 365] + [kWh x ΜΜΧ (€ / kWh)] =	1,47	8 120 365 1.200	0,0190
			26,67 €
ΥΚΩ : ΥΠΗΡΕΣΙΕΣ ΚΟΙΝΗΣ ΩΦΕΛΕΙΑΣ: (kWh x τιμή) =	1.200	0,01824	21,89 €
ΕΤΜΕΑΡ : ΕΙΔΙΚΟ ΤΕΛΟΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ (kWh x τιμή) =	1.200	0,017	20,40 €
ΛΟΙΠΕΣ ΧΡΕΩΣΕΙΣ: (kWh x τιμή) =	1.200	0,00007	0,08 €
ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΕΣ ΧΡΕΩΣΕΙΣ:			76,16 €
ΕΙΔΙΚΟΣ ΦΟΡΟΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ (ΕΦΚ): (kWh x Τιμή) =	1.200	0,0050	6,00 €
ΕΙΔΙΚΟ ΤΕΛΟΣ 5%ο: (Χρεώσεις Προμήθειας ΔΕΗ+Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις - ΕΤΜΕΑΡ + ΕΦΚ) x 5%ο =	149,63 €	76,16 €	-20,40 €
		6,00 €	5/1000
			1,06 €
ΦΠΑ: (Χρεώσεις Προμήθειας ΔΕΗ + Ρυθμιζόμενες Χρεώσεις + ΕΦΚ) x 6%ο =	149,63 €	76,16 €	6,00 €
			6/100
			13,91 €
ΣΥΝΟΛΟ ΑΞΙΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ + ΕΦΚ + ΕΙΔΙΚΟ ΤΕΛΟΣ 5%ο + ΦΠΑ:			246,75 €

Πίνακας 6-6 Υπολογισμός ποσών στη διάρκεια ενός έτους

ΕΙΔΟΣ ΧΡΕΩΣΗΣ	ΑΡΧΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΧΡΕΩΣΕΙΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΔΕΗ	
Χρέωση παγίου	$0.6 \times 12 = 7.2$
Χρέωση ηλεκτρικής ενέργειας	$23653 \times 0.12269 = 2902$
ΣΥΝΟΛΟ ΧΡΕΩΣΕΩΝ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ ΔΕΗ	2909.2
ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΕΣ ΧΡΕΩΣΕΙΣ	
ΑΔΜΗΕ	$0.53 \times 55 \times (365/365) + 23653 \times 0.00477 = 141.975$
ΔΕΔΔΗΕ	$1.47 \times 55 + 23653 \times 0.0190 = 530.3$
ΥΚΩ	$23653 \times 0.01824 = 431.43$
ΕΤΜΕΑΡ	$23653 \times 0.017 = 402.1$
ΛΟΙΠΕΣ ΧΡΕΩΣΕΙΣ	$23653 \times 0.00007 = 1.655$
ΣΥΝΟΛΟ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΩΝ ΧΡΕΩΣΕΩΝ	1507.66
ΕΙΔΙΚΟΙ ΦΟΡΟΙ ΚΑΙ ΦΠΑ	
ΕΦΚ	$23653 \times 0.0050 = 118.265$
ΕΙΔΙΚΟ ΤΕΛΟΣ 5%	$(2909.2 + 1507.66 - 124.236 + 118.265) \times 5/1000 = 22.05$
ΦΠΑ	$(2909.2 + 1507.66 + 118.265) \times 6/100 = 266.1075$
ΣΥΝΟΛΟ ΕΙΔΙΚΩΝ ΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΦΠΑ	406.4225
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟ	4823.2825

Στη συνέχεια πραγματοποιείται υπολογισμός της αγοράς του εξοπλισμού και των εργατικών

Για την εγκατάσταση του εξοπλισμού, θεωρείται ότι το ημερομίσθιο ενός ηλεκτρολόγου και του βοηθού του είναι συνολικά 140€ (8 ώρες/ημέρα) και ότι κάθε ώρα μπορούν να ολοκληρώνουν την τοποθέτηση 4 φωτιστικών.

Άρα σε μία μέρα είναι δυνατόν να τοποθετηθούν 32 φωτιστικά. Οπότε για την τοποθέτηση όλων των φωτιστικών θα χρειαστούν $142/32=4.4375 \approx 5$ ημέρες

Οπότε το κόστος των εργατικών ανέρχεται σε $140 \times 5 = 700\text{€}$

Σημείωση: Τα 172 φωτιστικά PROLED διαιρέθηκαν με το 30 ($172/30 \approx 6$ φωτιστικά)

6.2 Υπολογισμός απόσβεσης της επένδυσης

Με τους λαμπτήρες και τα φωτιστικά LED νέας γενιάς η κατανάλωση της ενέργειας μειώνεται στο **1/3** σε σχέση με τους λαμπτήρες της προηγούμενης γενιάς (φθορισμού, αλογόνου κ.α.). Το αρχικό κόστος αγοράς και εγκατάστασης των φωτιστικών LED φαίνεται υψηλό, η απόσβεση όμως είναι πολύ σύντομη όπως φαίνεται και στη συνέχεια. Σαν $ΚΟΣΤΟΣ_{ΗΛ.ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ_{ΠΡΙΝ}}$ θεωρούμε το ποσό που θα πληρώνονταν ετησίως αν χρησιμοποιούνταν φωτιστικά προηγούμενης γενιάς

ΧΡΟΝΟΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗΣ

$$\begin{aligned} &= \frac{ΚΟΣΤΟΣ_{ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ} + ΚΟΣΤΟΣ_{ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ}}{ΚΟΣΤΟΣ_{ΗΛ.ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ_{ΠΡΙΝ}} - ΚΟΣΤΟΣ_{ΗΛ.ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ_{ΜΕΤΑ}}} \\ &= \frac{23489 + 700}{3 \times 4823.2825 - 4823.2825} = \mathbf{2.5 \text{ ETH}} \end{aligned}$$

7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΦΩΤΟΤΕΧΝΙΑ, Φραγκίσκος Β. Τοπαλής, Λάμπρος Οικονόμου, Σταυρούλα Κουρτέση, ΕΚΔΟΣΕΙΣ Τζιόλα, 2010
- [2] <https://www.britannica.com/science/light>
- [3] <https://www.sitelogiq.com/blog/10-advantages-led-lighting/>
- [4] <https://buck.lighting/blog/cri-and-cct-differences-and-importance-for-the-right-choice-of-lighting/>
- [5] <https://www.agcled.com/blog/5-benefits-of-proper-industrial-lighting.html>
- [6] <https://www.agcled.com/blog/a-guide-to-led-light-in-food-processing.html>
- [7] <https://buck.lighting/blog/the-effect-of-lighting-temperature-and-interior-colour-on-the-office-space-and-employees/>
- [8] https://www.deggy.com/ip_ik_rating.html
- [9] <https://www.techlumen.gr/el/odigoi-fotismoy/protypa-fotismoy-en12464-1-en12462-2>