



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

ΗΛΙΑΚΑ ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΟΔΟΦΩΤΙΣΜΟΥ



Φοιτητής: Φρετζάγιας Αλκιβιάδης

ΑΜ: 43983

Επιβλέπων Καθηγητής:

Ιωαννίδης Γεώργιος,

Καθηγητής ΠΑΔΑ

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2023



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING

Diploma Thesis

SOLAR LUMINAIRES IN STREET LIGHTING APPLICATIONS



Student: Fretzagias Alkiviadis

Registration Number: 43983

Supervisor:
Ioannidis Georgios,
Professor of UNIWA

ATHENS-EGALEO, OCTOBER 2023

Ηλιακά Φωτιστικά σε Εφαρμογές Οδοφωτισμού

Η Διπλωματική Εργασία έγινε αποδεκτή και βαθμολογήθηκε από την εξής τριμελή επιτροπή:

Γεώργιος Ιωαννίδης, Καθηγητής	Κωνσταντίνος Ψωμόπουλος, Καθηγητής	Πέτρος Καραϊσάς, Αναπληρωτής Καθηγητής
(Υπογραφή)	(Υπογραφή)	(Υπογραφή)

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

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

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Αλκιβιάδης Φρετζάγιας του Χρήστου, με αριθμό μητρώου 43983 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ του Τμήματος ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ,

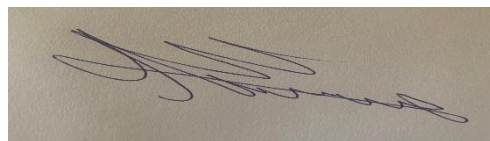
δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου.

Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι και έπειτα από αίτησή μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντος/ουσας καθηγητή/ήτριας.»

Ο Δηλών
Αλκιβιάδης Φρετζάγιας



Περίληψη

Ένα σύστημα φωτισμού οφείλει να είναι σχεδιασμένο με κατάλληλο τρόπο, ώστε να παρέχει ασφάλεια στους χρήστες, επαρκή ορατότητα και υψηλή ενεργειακή απόδοση χαμηλού κόστους.

Στην επιδίωξη ενός πλέον βιώσιμου και ενεργειακά αποδοτικού μέλλοντος, τα ηλιακά φώτα δρόμου έχουν αναδειχθεί ως μια επαναστατική λύση για τις ανάγκες αστικού και εξωτερικού φωτισμού. Αυτά τα καινοτόμα συστήματα φωτισμού μεταμορφώνουν τον τρόπο που φωτίζουμε τους δρόμους, τους διαδρόμους και τους δημόσιους χώρους, αξιοποιώντας τη δύναμη του ήλιου.

Στα πλαίσια της εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας του οδοφωτισμού με την χρήση ηλιακών φωτιστικών, διεξήχθη έρευνα για τον χώρο του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, την Πανεπιστημιούπολη του Άλσους στο Αιγάλεω. Καταρχάς, έγινε επίσκεψη στον χώρο της Πανεπιστημιούπολης, κατά την οποία πραγματοποιήθηκε καταγραφή της θέσης και του τύπου του κάθε φωτιστικού. Σημειώθηκαν οι αποστάσεις μεταξύ του κάθε φωτιστικού καθώς και τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά του. Δόθηκε έμφαση στην ορθή καταγραφή των σημείων όπου ο φωτισμός είναι ανεπαρκής και αντίστοιχα στα σημεία με φωτισμό πολύ παραπάνω από αυτόν που υποδεικνύουν τα διεθνή πρότυπα. Στη συνέχεια, έγινε αναζήτηση των κατάλληλων νέων ηλιακών φωτιστικών και αξιολογήθηκε η συμβατότητά τους σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα για τον συγκεκριμένο χώρο. Μελετήθηκαν διεξοδικά τα χαρακτηριστικά των νέων ηλιακών φωτιστικών παρατηρώντας και συγκρίνοντας τα με τα χαρακτηριστικά των ήδη υπαρχόντων φωτιστικών. Με αυτή τη διαδικασία, έγιναν φανερά τα οφέλη που θα αποφέρουν τα νέα αυτά ηλιακά φωτιστικά τόσο περιβαλλοντικά όσο και οικονομικά. Τέλος, η μελέτη του έργου υλοποιήθηκε μέσω της εφαρμογής.

Abstract

A lighting system must be designed in a way that provides safety for users, sufficient visibility, and high energy efficiency at a low cost. In pursuit of a more sustainable and energy-efficient future, solar street lights have emerged as a revolutionary solution for urban and outdoor lighting needs. These innovative lighting systems transform the way we illuminate roads, walkways, and public spaces by harnessing the power of the sun.

As part of an effort to save electricity through the use of solar lighting, a study was conducted on the campus of the University of West Attica, in the Alsos area of Aigaleo. First, a visit was made to the campus to study the area and record the location and type of each lighting fixture. The distances between each lighting fixture and the intensity of their light were noted. Emphasis was placed on accurately recording areas with insufficient lighting and those with excessive lighting. Next, the search for suitable new solar lights was researched, and their compatibility was evaluated according to international standards for the specific area. The characteristics of the new solar lights were studied in detail, observing and comparing them to those of the existing lighting fixtures. Through this process, the environmental and economic benefits of the new solar lights were made clear. Finally, the entire project was implemented using Dialux software for initial examination and evaluation of its achievement.

Περιεχόμενα

Περίληψη	5
Abstract	6
1. Εισαγωγή	8
2. Φωτοβολταϊκά	11
2.1. Γενικά Στοιχεία – Αρχή Λειτουργίας	11
2.2. Εφαρμογές Φωτοβολταϊκών στον Οδοφωτισμό	19
3. Φωτισμός οδών	28
3.1. Κατηγοριοποίηση	28
3.2. Επίπεδα φωτισμού	29
3.3. Θάμβωση	31
3.4. Χρόνος Αντίληψης και Αντίδρασης	32
4. Λαμπτήρες και φωτιστικά λαμπτήρων	34
4.1. Είδη Λαμπτήρων	34
4.1.1. Λαμπτήρες Πυρακτώσεως	34
4.1.2. Λαμπτήρες LED	37
4.1.3. Λαμπτήρες αλογόνου	39
4.1.4. Λαμπτήρες νατρίου	40
4.2. Φωτιστικά	43
4.3. Συστήματα ελέγχου οδικού φωτισμού	49
5. Διαδικασία Παραλαβής Έργου Φωτισμού	53
6. Υπάρχουσα Κατάσταση	59
7. Προσομοίωση	64
8. Αποτελέσματα	67
9. Συμπεράσματα	70
10. Βιβλιογραφία	70
11. Παράρτημα	75

1. Εισαγωγή

Τα συστήματα δημόσιου φωτισμού αποτελούν σημαντική πηγή κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας. Σήμερα το ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για φωτισμό ανέρχεται στο 3,19%. Αυτή η ποσότητα είναι μεγαλύτερη από την παραγωγή όλων των υδροηλεκτρικών ή πυρηνικών σταθμών και ισούται με την παραγωγή από φυσικό αέριο [1]. Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται για την παραγωγή αυτής της ηλεκτρικής ενέργειας αντιπροσωπεύει περίπου το 70% των παγκόσμιων εκπομπών από επιβατικά αυτοκίνητα και τρεις φορές τις εκπομπές από τις αερομεταφορές.

Αποτέλεσμα αυτού αποτελεί η ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας για τον φωτισμό των δρόμων που αποφέρει οφέλη σε παγκόσμια κλίμακα, όχι μόνο για μεμονωμένες πόλεις [2]. Ο οδικός φωτισμός μπορεί να οριστεί ως ο τεχνητός φωτισμός των δρόμων όταν το διαθέσιμο φυσικό φως πέφτει κάτω από ένα προκαθορισμένο επίπεδο. Αυτή η δημόσια υπηρεσία παρέχει ένα ασφαλέστερο περιβάλλον στους χρήστες της, όπως διευκόλυνση της ροής της κυκλοφορίας, μείωση των νυχτερινών ατυχημάτων, ενισχυμένη αίσθηση προσωπικής ασφάλειας και προώθηση επιχειρηματικών/δημόσιων εγκαταστάσεων κατά τις νυχτερινές ώρες [3].

Η πλειονότητα των υπαρχόντων συστημάτων δημόσιου φωτισμού εξακολουθεί να χρησιμοποιεί απαρχαιωμένη τεχνολογία - τόσο παλιά όσο και τα συστήματα λαμπτήρων υδραργύρου υψηλής πίεσης του 1960. Με τη μετάβαση σε σύγχρονα και πιο αποδοτικά συστήματα, σαν αυτά που χρησιμοποιούν τεχνολογία dimming, οι λογαριασμοί ενέργειας μπορούν να μειωθούν δραστικά και οι εκπομπές άνθρακα να ελαχιστοποιηθούν [4].

Στην πράξη συναντώνται διάφορες λύσεις για τον έλεγχο του οδοφωτισμού. Ο χειροκίνητος έλεγχος είναι επιρρεπής σε σφάλματα και οδηγεί σε σπατάλη ενέργειας και η χειροκίνητη μείωση της φωτεινότητας κατά τα μεσάνυχτα είναι αδύνατη. Επίσης, η δυναμική παρακολούθηση της στάθμης φωτός δεν είναι εφικτή με το χέρι. Η τρέχουσα τάση είναι η εισαγωγή λύσεων αυτοματισμού και απομακρυσμένης διαχείρισης για τον έλεγχο του φωτισμού των δρόμων [5].

Το κόστος του οδοφωτισμού, δηλαδή η ηλεκτρική ενέργεια και η συντήρηση, μπορεί να είναι σημαντική δαπάνη για τους δήμους, επομένως είναι σημαντικό να

αξιοποιηθούν οι ευκαιρίες για βελτιώσεις της απόδοσης. Οι κατασκευαστές αναπτύσσουν συνεχώς προϊόντα που είναι πιο ενεργειακά αποδοτικά και οικονομικά. Νέες επιλογές αναπτύσσονται για όλες τις εφαρμογές, αλλά τα πράγματα είναι πολύπλοκα. Επιπλέον, η αυξανόμενη κίνηση, η ζήτηση των κατοίκων για ασφάλεια, πολλοί κανονισμοί και ένας ολοένα αυστηρότερος προϋπολογισμός καθιστούν ακόμη πιο περίπλοκη την απόφαση για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και του κόστους.

Τα συστήματα απομακρυσμένης διαχείρισης με τεχνολογία αυτοματισμού επιτρέπουν τον έλεγχο των λαμπτήρων, τη ρύθμιση των επιπέδων φωτός και τις αναφορές σφαλμάτων λαμπτήρων ή εξαρτημάτων. Εκτός από τα πλεονεκτήματα εξοικονόμησης ενέργειας, η προσαρμογή των επιπέδων φωτός συμβάλλει στη μείωση της φωτορύπανσης [6]. Τα επίπεδα φωτός στα συστήματα ελέγχου φωτισμού απομακρυσμένης διαχείρισης μπορούν να ρυθμιστούν προσαρμοστικά, δυναμικά ή έξυπνα. Όταν τα επίπεδα φωτός μπορούν να ρυθμιστούν σε πραγματικό χρόνο ή σύμφωνα με ένα προκαθορισμένο χρονοδιάγραμμα, το σύστημα φωτισμού ονομάζεται προσαρμοστικό ή δυναμικό.

Ένα προσαρμοστικό ή δυναμικό σύστημα ελέγχου φωτισμού μπορεί να είναι έξυπνο όταν τα επίπεδα φωτός ρυθμίζονται σε πραγματικό χρόνο με βάση προκαθορισμένες παραμέτρους [7]. Για ένα έξυπνο σύστημα ελέγχου φωτισμού, η συνήθης λίστα χαρακτηριστικών περιλαμβάνει:

- Αναφορά βλαβών και συνθηκών: αποτυχημένες λάμπες, ελαττωματικός συντελεστής ισχύος κ.λπ.
- Αναφορά των βλαβών και των συνθηκών σε επίπεδο καμπίνας δρόμου.
- Εξασφάλιση της ενεργοποίησης-απενεργοποίησης της εγκατάστασης φωτισμού.
- Εξασφάλιση εγκατάστασης μείωσης της φωτεινότητας και μέτρησης ενέργειας.
- Διασφάλιση άλλων επιχειρησιακών πληροφοριών, όπως πρόσβαση και ανίχνευση κυκλοφορίας κ.λπ.

Ηλιακά Φωτιστικά σε Εφαρμογές Οδοφωτισμού

Επιπλέον, το σύστημα θα πρέπει να διαθέτει την αντίστοιχη αντοχή στις αναμενόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες, καθώς και να είναι κατάλληλο για εγκατάσταση με κανονικές μεθόδους εργασίας [8].

2. Φωτοβολταϊκά

2.1. Γενικά Στοιχεία – Αρχή Λειτουργίας

Αν και οι αποδόσεις μετατροπής του ηλιακού φωτός των περισσότερων φωτοβολταϊκών συστημάτων που έχουν εγκατασταθεί μέχρι σήμερα ήταν αρκετά μέτριες, γενικά στο εύρος 10-15%, δεν υπάρχει κανένας θεμελιώδης λόγος για τον οποίο δεν μπορούν να είναι πολύ υψηλότερες. Ιστορικά, κάθε επιτυχημένη φωτοβολταϊκή τεχνολογία έχει εξελιχθεί σε διαρκώς αυξανόμενη απόδοση μετατροπής ενέργειας, ενώ ταυτόχρονα μειώνει το κόστος. Φαίνεται λογικό να αναμένουμε ότι αυτή η τάση θα συνεχιστεί καθώς ο κλάδος αναπτύσσεται, με την απόδοση μετατροπής να γίνεται όλο και περισσότερο βασικός παράγοντας διαφοροποίησης μεταξύ των τεχνολογιών, όπως ήταν ήδη εμφανές την τελευταία δεκαετία με τις τεχνολογίες λεπτής μεμβράνης. Αυτό καθιστά σημαντικό να κατανοηθούν οι θεμελιώδεις περιορισμοί στην αποτελεσματικότητα και πώς αυτοί μπορούν να παρακαμφθούν.

Η δημοσίευση της κβαντομηχανικής θεωρίας των ημιαγωγών [9] συνέπεσε με ένα κύμα ενδιαφέροντος για τα ηλιακά κύτταρα οξειδίου του χαλκού [10], διεγείροντας την ταχεία πρόοδο στη θεωρητική κατανόηση του φωτοβολταϊκού φαινομένου. Η θορυβώδης ανακάλυψη της διασταύρωσης πυριτίου p-n στα εργαστήρια Bell στις αρχές της δεκαετίας του 1940 λόγω των μεγάλων φωτοτάσεων του [11] οδήγησε στην ανάπτυξη της θεωρίας διασταύρωσης p-n [12], η προέκτασή της σε διασταύρωση φωτός). Η αναφορά πολύ βελτιωμένων κυττάρων πυριτίου το 1954 [13] ακολουθήθηκε από μια εκτίμηση της περιοριστικής απόδοσης και από έρευνες για το βέλτιστο διάκενο ζώνης.

Εκτός από την ανάλυση Trivich–Flinn, που αναθεωρήθηκε στη συνέχεια, αυτοί οι υπολογισμοί ήταν εμπειρικοί στο ότι η θεωρία p-n σύνδεσης του Shockley συνδυάστηκε με εκτιμήσεις των τελικά επιτεύξιμων τιμών των παραμέτρων υλικού που εμφανίζονται στην εξίσωση διασταύρωσης p-n. Ένα σημαντικό βήμα προόδου έγινε το 1961 [14] όταν αναπτύχθηκε μια ανεξάρτητη από υλικά θεωρία περιορισμού της απόδοσης των κυττάρων.

Αυτό βασίστηκε στην αναγνώριση ότι ο ανασυνδυασμός σε συσκευές περιοριστικής απόδοσης θα ήταν εξ ολοκλήρου ακτινοβολικός, το αντίστροφο των διαδικασιών οπτικής απορρόφησης που δημιουργούσαν το φωτορεύμα κυψέλης.

Εφόσον άλλες εγγενείς επιδράσεις δεν εμποδίζουν την επίτευξη αυτού του ορίου ακτινοβολίας, όλες οι κυψέλες του ίδιου διάκενου ζώνης έχουν την ίδια περιοριστική απόδοση, με την τελειότητα της σχετικής τεχνολογίας κυψελών και υλικών να λειτουργεί ως πρακτικός διαφοροποιητής.

Η προσέγγιση Shockley-Queisser επεκτάθηκε σε αυτά τα συστήματα πολλαπλών κυψελών [15], στη συνέχεια διαδοχικά στα θερμοφωτοβολταϊκά [16], κυψέλες θερμού φορέα [17], προσεγγίσεις πολλαπλών ζευγών ηλεκτρονίων-οπών (και πολλαπλών εξιτονίων), ενδιάμεσης ζώνης και επιπέδου ακαθαρσίας συσκευές, και στη συνέχεια σε μετατροπείς άνω και κάτω [18]. Τέτοιες αναλύσεις «από κάτω προς τα πάνω» επιτρέπουν την ανεξάρτητη υλική κατάταξη αυτών των διαφορετικών προσεγγίσεων για την παράκαμψη των ορίων στα συμβατικά κύτταρα [19].

Συμπληρώνοντας αυτούς τους υπολογισμούς περιοριστικής απόδοσης «από κάτω προς τα πάνω» ήταν θερμοδυναμικές αναλύσεις «από πάνω προς τα κάτω» που είναι αγνωστικές τόσο για τη συσκευή όσο και για το σύστημα, βασισμένες καθαρά στις ροές ενέργειας και εντροπίας που σχετίζονται με το προσπίπτον ηλιακό φως [20]. Ωστόσο, από το έργο του Ries (1983) [21], γίνεται σαφές ότι η διαφορά προκύπτει από την σιωπηρή υπόθεση της χρονικής συμμετρίας στις προσεγγίσεις «από κάτω προς τα πάνω». Τα φωτοβολταϊκά συστήματα που είναι ικανά για τη θερμοδυναμικά περιοριστική απόδοση είναι κατ' αρχήν δυνατά, αν και η μόνη προτεινόμενη υλοποίηση, που συζητήθηκε στη συνέχεια, είναι πολύ περίπλοκη.

Η ενέργεια που εκπέμπει ο Ήλιος και φτάνει στη Γη με τη μορφή ηλιακής ακτινοβολίας είναι η κύρια πηγή ενέργειας για αυτόν, αφού συμβάλλει στη διατήρηση της θερμοκρασίας του, τροφοδοτεί τις άλλες πηγές ενέργειας και, μέσω της φωτοσύνθεσης, δίνει ζωή στα φυτά και, κατά συνέπεια, των ζώων. Η ηλιακή ακτινοβολία, ωστόσο, γίνεται επίσης άμεσα αντιληπτή ως θερμότητα. Έτσι, ο άνθρωπος το χρησιμοποιούσε από αρχαιοτάτων χρόνων για να καλύψει κάποιες από τις ανάγκες του σε θερμική ενέργεια. Μέχρι πριν από λίγους αιώνες, άλλωστε, τα θερμικά ήταν οι σημαντικότερες χρήσεις της ενέργειας, γενικά [22].

Το φως είναι ενέργεια. Χρειάζεται μόνο να αγγίξετε μια μαύρη επιφάνεια εκτεθειμένη στον ήλιο για να συνειδητοποιήσετε αυτό το γεγονός. Η κατανόηση της φύσης του φωτός θα βοηθήσει στην κατανόηση του τρόπου λειτουργίας των ηλιακών κυψελών. Το φως του ήλιου φαίνεται λευκό επειδή αποτελείται από πολλά διαφορετικά

χρώματα που, σε συνδυασμό, παράγουν ένα λευκό φως. Κάθε μία από τις ορατές και αόρατες ακτινοβολίες του φάσματος του ήλιου έχει διαφορετική ενέργεια. Εντός του ορατού τμήματος του φάσματος (κόκκινο έως ιώδες), το κόκκινο είναι στο άκρο χαμηλής ενέργειας και το ιώδες είναι στο άκρο υψηλής ενέργειας έχοντας και πάλι μισή περισσότερη ενέργεια από το κόκκινο φως. Το φως στην υπέρυθη περιοχή (την οποία δεν μπορούμε να δούμε αλλά να αισθανόμαστε ως θερμότητα) έχει λιγότερη ενέργεια από αυτή στην ορατή περιοχή [23].

Οι πρώτες εφαρμογές φωτοβολταϊκών συστημάτων αναπτύχθηκαν μόλις τη δεκαετία του '50, με στόχο τον ηλεκτρισμό των δορυφόρων. Εμπόδιο στην περαιτέρω εξάπλωση των ΦΒ συστημάτων εκείνη την περίοδο στάθηκε, όπως ήταν αναμενόμενο, το υψηλό τους κόστος. Στις αρχές της δεκαετίας του '70, μετά την πρώτη πετρελαϊκή κρίση, η ανάγκη να απαλλαγούμε από τις συμβατικές πηγές ενέργειας έγινε ιδιαίτερα αισθητή παγκοσμίως. Τότε υπήρξαν κίνητρα για την ανάπτυξη της βιομηχανίας φωτοβολταϊκών και έτσι άρχισε σιγά σιγά η μαζική παραγωγή φωτοβολταϊκών στοιχείων για ευρύτερη καταναλωτική χρήση.

Το φως στην περιοχή υπεριώδους (που είναι αόρατο αλλά προκαλεί μαύρισμα του δέρματος) έχει περισσότερο από αυτό στην ορατή περιοχή. Το φυσικό φαινόμενο που ευθύνεται για τη μετατροπή του φωτός σε ηλεκτρισμό έγινε αντιληπτό για πρώτη φορά το 1839 από έναν Γάλλο φυσικό, τον Edmund Becquerel. Ο Μπεκερέλ παρατήρησε ότι μια τάση εμφανίστηκε όταν ένα από τα δύο πανομοιότυπα ηλεκτρόδια σε ένα ασθενές αγωγίμο διάλυμα φωτίστηκε. Το φαινόμενο των φωτοβολταϊκών μελετήθηκε για πρώτη φορά σε στερεά, όπως το σελήνιο, τη δεκαετία του 1870.

Στη σύγχρονη εποχή, ωστόσο, οι ενεργειακές εφαρμογές έχουν παρουσιάσει δραματική αύξηση όσον αφορά τη χρήση τους και, ταυτόχρονα, έχουν αποκτήσει μεγάλη ποικιλία, με αποτέλεσμα η ποιότητα ζωής των ανθρώπων να εξαρτάται πλέον από το επίπεδο ασφάλειας των ενεργειακών τους αναγκών και κυρίως από το επίπεδο χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας. Από την άλλη, τα μεγάλα προβλήματα που έχουν δημιουργηθεί στο περιβάλλον, κυρίως το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η μείωση του όζοντος στην ατμόσφαιρα, έχουν γίνει πλέον αισθητά και κατανοητά. Καθώς μεγάλες ποσότητες συμβατικών καυσίμων όπως το πετρέλαιο και ο λιγνίτης χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για τα προαναφερθέντα περιβαλλοντικά προβλήματα.

Αν, μάλιστα, ληφθεί υπόψη ότι τα διαθέσιμα αποθέματα συμβατικών καυσίμων έχουν μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, προκύπτει ότι το ενεργειακό ζήτημα είναι το πιο ζοφερό σύγχρονο πρόβλημα στον πλανήτη, το οποίο μάλιστα χρήζει άμεσης λύσης. Προς αυτή την κατεύθυνση, οι προοπτικές που ανοίγονται από την ανάπτυξη των τεχνολογιών εκμετάλλευσης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας [ΑΠΕ] είναι ευοίωνες [24].

Πράγματι, μια τεράστια ποσότητα ηλιακής ενέργειας χτυπά την επιφάνεια της Γης κάθε μέρα, η οποία, αν και είναι μόνο ένα μικρό κλάσμα της συνολικής ενέργειας που παράγεται από τον Ήλιο, είναι ωστόσο 20.000 φορές μεγαλύτερη από την ενέργεια που καταναλώνεται σήμερα σε ολόκληρο τον κόσμο και με οποιαδήποτε ενέργεια μορφή (ηλεκτρική, μηχανική, θερμική κ.λπ.).

Η αξιοποίηση της δυνατότητας αποδοτικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας απευθείας από την ηλιακή ενέργεια μπορεί να αντικαταστήσει σε σημαντικό βαθμό τους συμβατικούς τρόπους παραγωγής της, δίνοντας ταυτόχρονα λύση σε μεγάλο μέρος των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Εάν δύο ηλεκτρόδια τοποθετηθούν σε ένα κομμάτι ημιαγώγιμου υλικού [συνήθως εμπλουτισμένος κρύσταλλος πυριτίου], στα άκρα του οποίου λαμβάνεται το παραγόμενο ηλεκτρικό ρεύμα, η σχετικά απλή διάταξη που προκύπτει ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο. Αυτό είναι το κύριο συστατικό ενός φωτοβολταϊκού συστήματος, όπως ονομάζεται το σύστημα που εκμεταλλεύεται την ηλιακή ακτινοβολία για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Το ηλιακό φως αποτελείται από ενεργητικά σωματίδια τα ονομαζόμενα φωτόνια, τα οποία έχουν κοινή ταχύτητα αλλά διαφορετική ενέργεια, ανάλογα με το μήκος κύματος της περιοχής του ηλιακού φάσματος στην οποία ανήκουν. Αυτά, όταν χτυπούν ένα υλικό με ημιαγώγιμες ιδιότητες, άλλα το διαπερνούν και άλλα απορροφώνται, ανάλογα με την ενέργεια που μεταφέρουν.

Η παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος προκαλείται από την απορρόφηση των φωτονίων με υψηλή ενέργεια. Από την άλλη πλευρά, φωτόνια χαμηλής ενέργειας, που αντιστοιχούν σε υπέρυθρη ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος, διαπερνούν τον ημιαγωγό χωρίς κανένα αποτέλεσμα.

Όταν το ηλιακό φως χτυπά τους κρυστάλλους πυριτίου, ένα φωτόνιο διαπερνά ένα άτομο πυριτίου και ρίχνει ένα ηλεκτρόνιο από την τροχιά του, δημιουργώντας ένα κενό δεσμού, μια «τρύπα» δηλαδή στην τετραεδρική κρυσταλλική δομή. Το

απελευθερωμένο ηλεκτρόνιο, το οποίο έχει αρνητικό φορτίο, αρχίζει να κινείται μέσα από τους κρυστάλλους αναζητώντας την οπή του, που είναι θετικό φορτίο. Αλλά και η τρύπα «κινείται», με τη σειρά της, αλλάζοντας θέσεις πρώτα με ένα κοντινό ηλεκτρόνιο και μετά εναλλάξ με άλλα, πλέον μακριά από την αρχική της θέση.

Έτσι, το ηλεκτρόνιο και η τρύπα του θα διαχωρίζονταν για πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, πριν ενωθούν ξανά και χάσουν την ενέργεια του φωτός ως θερμότητα. Εάν, ωστόσο, κάποια άτομα πυριτίου αντικατασταθούν στη μία πλευρά του κρυστάλλου από άτομα βορίου και στην άλλη από άτομα φωσφόρου, η μία πλευρά εμφανίζει σταθερά θετικά φορτία και η άλλη σταθερά αρνητικά φορτία. Αυτό το φορτίο κάθε πλευράς με αντίθετα φορτία οφείλεται στο διαφορετικό σθένος των ατόμων βορίου και φωσφόρου, τόσο μεταξύ τους όσο και με αυτό των ατόμων πυριτίου.

Τα άτομα βορίου έχουν τρία ηλεκτρόνια στο εξωτερικό τους περίβλημα, αντί για τέσσερα ηλεκτρόνια που έχουν τα άτομα του πυριτίου. Έτσι, η σύνδεση με τα άτομα του πυριτίου έχει ως αποτέλεσμα μια τρύπα στον κρύσταλλο και επομένως ένα αντίστοιχο έλλειμμα αρνητικού φορτίου. Από την άλλη πλευρά, τα άτομα φωσφόρου έχουν πέντε ηλεκτρόνια στο κέλυφος σθένους, με αποτέλεσμα ένα επιπλέον ηλεκτρόνιο στον δεσμό τους με τα άτομα πυριτίου, το οποίο προκαλεί επίσης την εμφάνιση ενός αντίστοιχου αρνητικού φορτίου.

Η επαφή των δύο αντίθετα φορτισμένων πλευρών δημιουργεί ένα λεπτό ενεργειακό φράγμα, στο οποίο λόγω της μεγάλης διαφοράς δυναμικού που παρουσιάζεται, θα υπάρχει έντονη μετακίνηση ηλεκτρονίων, αλλά μόνο από την θετικά φορτισμένη πλευρά προς την αρνητικά φορτισμένη και όχι το αντίστροφο. Το γεγονός αυτό, αποτελεί τη βασική ιδιότητα ενός ημιαγωγού, δηλαδή η προσανατολισμένη κίνηση των ηλεκτρονίων να επιτρέπεται αποκλειστικά και μόνο προς μια καθορισμένη κατεύθυνση.

Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ο μόνιμος διαχωρισμός των ηλεκτρονίων από τις οπές τους και συσσωρεύονται στην αρνητικά φορτισμένη πλευρά του κρυστάλλου πυριτίου, ενώ οι οπές συσσωρεύονται στη θετικά φορτισμένη πλευρά του. Αυτός ο ημιαγωγός ονομάζεται φωτοβολταϊκό στοιχείο. Όταν συνδεθούν οι εξωτερικοί ακροδέκτες και στις δύο πλευρές και το κύκλωμα κλείσει εγκαθιστώντας μια ηλεκτρική συσκευή, π.χ. ενός λαμπτήρα, τα ηλεκτρόνια ρέουν μέσα από το κύκλωμα, περνούν από την ηλεκτρική συσκευή, όπου παράγουν έργο, για να καταλήξουν στην άλλη

πλευρά του κρυστάλλου και να ανασυνδυαστούν εκεί με τις τρύπες που άφησαν πίσω τους.

Έτσι παράγεται ηλεκτρική ενέργεια με χρήση φωτοβολταϊκού στοιχείου. Όσο η ηλιακή ακτινοβολία συνεχίζει να πέφτει πάνω τους, νέα ηλεκτρόνια απελευθερώνονται από την κατάσταση ηρεμίας, συνεχίζοντας την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η απόδοση των ΦΒ εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα μετεωρολογικά δεδομένα της εκάστοτε εποχής. Για παράδειγμα, όταν παρεμβάλλονται σύννεφα μεταξύ του ηλίου και των ΦΒ πάνελ, η ηλεκτρική ενέργεια παράγεται με πιο χαμηλή απόδοση.

Ωστόσο, τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου η θερμοκρασία είναι υψηλότερη, παρουσιάζεται ξανά η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια με χαμηλή απόδοση. Η μείωση της απόδοσης του σε αυτήν την περίπτωση οφείλεται στο γεγονός ότι, σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας που μετατρέπεται από τα φωτοβολταϊκά στοιχεία σε ηλεκτρικό ρεύμα μειώνεται σημαντικά.

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα συμπεριφέρονται με εξαιρετικό και χρήσιμο τρόπο: Αντιδρούν στο φως μετατρέποντας μέρος του σε ηλεκτρική ενέργεια. Επιπλέον, αυτή η μετατροπή είναι νέα και μοναδική, αφού τα φωτοβολταϊκά:

- Δεν υπάρχουν κινούμενα μέρη (με την κλασική μηχανική έννοια) για φθορά
- Δεν περιέχουν υγρά ή αέρια (εκτός από υβριδικά συστήματα) που μπορεί να διαρρεύσουν, όπως και ορισμένα ηλιακά-θερμικά συστήματα
- Δεν καταναλώνεται καύσιμο για τη λειτουργία
- Έχετε γρήγορη απόκριση, επιτυγχάνοντας πλήρη απόδοση αμέσως
- Μπορεί να λειτουργήσει σε μέτριες θερμοκρασίες
- Δεν παράγουν ρύπανση κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (αν και τα απόβλητα από την κατασκευή τους και τα τοξικά αέρια σε περίπτωση καταστροφικής βλάβης και απόρριψης μπορεί να είναι ανησυχητικά)
- Απαιτεί λίγη συντήρηση εάν κατασκευαστεί και εγκατασταθεί σωστά

- Μπορεί να κατασκευαστεί από πυρίτιο, το δεύτερο πιο άφθονο στοιχείο στον φλοιό της γης
- Είναι αρθρωτά που επιτρέπουν ένα ευρύ φάσμα ηλιακών-ηλεκτρικών εφαρμογών όπως
 - ❖ Μικρή κλίμακα για απομακρυσμένες εφαρμογές και οικιακή χρήση
 - ❖ Ενδιάμεση κλίμακα για συμπληρωματική ενέργεια για επιχειρήσεις και γειτονιές
 - ❖ Μεγάλης κλίμακας για κεντρικά ενεργειακά αγροκτήματα μεγέθους τετραγωνικών χιλιομέτρων
- Έχουν σχετικά υψηλή απόδοση μετατροπής δίνοντας την υψηλότερη συνολική απόδοση μετατροπής από το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια που έχει ακόμη μετρηθεί.
- Έχουν ευρείες δυνατότητες χειρισμού ισχύος, από μικροβάτ έως μεγαβάτ
- Έχουν υψηλή αναλογία ισχύος προς βάρος που τα καθιστά κατάλληλα για εφαρμογή στην οροφή
- Επιδέχονται επιτόπια εγκατάσταση, π.χ. αποκεντρωμένη ή διάσπαρτη ισχύ

Σαφώς, τα φωτοβολταϊκά έχουν ένα ελκυστικό φάσμα χαρακτηριστικών. Ωστόσο, υπάρχουν διαφορούμενες απόψεις σχετικά με την ικανότητα των ηλιακών ή φωτοβολταϊκών κυττάρων να παρέχουν σημαντική ποσότητα ενέργειας σε σχέση με τις παγκόσμιες ανάγκες. Η ενέργεια του ήλιου, για όλους τους πρακτικούς σκοπούς, είναι σίγουρα ανεξάντλητη. Ωστόσο, παρόλο που το ηλιακό φως που χτυπά τη γη είναι άφθονο, έρχεται σε μάλλον αραιή μορφή.

2.2. Εφαρμογές Φωτοβολταϊκών στον Οδοφωτισμό

Η χρήση εφαρμογών ηλιακής ενέργειας στην Ελλάδα έχει εξελιχθεί και αναπτυχθεί ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία, παρέχοντας τόσο θερμική ενέργεια όσο και ηλεκτρική ενέργεια, καλύπτοντας τις απαιτήσεις για αποδοτικότερη και πιο προσιτή παραγωγή ηλιακών τεχνολογιών. Σε παγκόσμιο επίπεδο, η αθροιστική ισχύς

για ηλιακές θερμικές και φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις (PV) ήταν περίπου 480 και 506 GW, αντίστοιχα, μέχρι το τέλος του 2018 [24].

Μεταξύ των 10 κορυφαίων χωρών που μοιράζονται την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από ηλιακή ενέργεια το 2018, η Ελλάδα κατέχει την 9η θέση για την προστιθέμενη χωρητικότητα ηλιακών συλλεκτών θέρμανσης νερού και τη 2η θέση για τα ηλιακά φωτοβολταϊκά, με ποσοστό 8,2%, ενώ ο στόχος ανανεώσιμης ενέργειας για ηλιακή φωτοβολταϊκή εγκατεστημένη ισχύ έχει οριστεί στα 2,0 GW, έως το τέλος του 2030 [24].

Όσον αφορά τις δεσμεύσεις της χώρας για την ελαχιστοποίηση του κλιματικού ζητήματος και την εφαρμογή δράσεων ευρωπαϊκής πολιτικής (EE) για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου (GHG), η ανοδική τάση των εγκαταστάσεων ηλιακών τεχνολογιών αναμένεται να ενισχυθεί περαιτέρω. Προκειμένου να υποστηριχθεί ο συνεκτικός σχεδιασμός για την πιο αποδοτική και αποτελεσματική ανάπτυξη των ηλιακών τεχνολογιών που αντιστοιχούν σε ολόκληρη τη διάρκεια ζωής τους περίπου 25-30 ετών [25], απαιτείται η προσβασιμότητα και η ευαισθησία των ηλιακών πόρων στην κλιματική αλλαγή [26].

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις τεχνολογίες ηλιακής ενέργειας και φωτοβολταϊκών έχουν ήδη τονιστεί σε πολλές μελέτες [27], οι οποίες ήδη διαβεβαίωσαν πως η αλλαγή αυτή του κλίματος μπορεί να έχει σημαντικές συνέπειες στους ηλιακούς πόρους, παρά το γεγονός ότι το επίπεδο αυτών των επιπτώσεων εξαρτάται από το πώς το κλίμα οι προβλέψεις θα διαφέρουν μεταξύ των περιοχών [28].

Ως εκ τούτου, και βάσει μιας προσέγγισης βάσει κινδύνου, οι μακροπρόθεσμες αποφάσεις για τις πολιτικές ηλιακής ενέργειας θα πρέπει επίσης να βασίζονται στην αξιολόγηση των πόρων στο μελλοντικό κλίμα, λαμβάνοντας υπόψη τα συχνά μη στάσιμα χαρακτηριστικά του. Οι προβλεπόμενες αλλαγές στην ηλιακή ακτινοβολία στις Ηνωμένες Πολιτείες (ΗΠΑ), που συνδέονται με τις αυξημένες εκπομπές GHG, έχουν μελετηθεί από [29] με τη χρήση ενός περιφερειακού κλιματικού μοντέλου και εκτιμήθηκε ότι η μέση εποχιακή ημερήσια παγκόσμια οριζόντια ακτινοβολία (GHI) μπορεί να μειωθεί στο 20% μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 2040.

Επίσης, οι Crook et al. (2011) [30] μελέτησαν τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών σε συστήματα φωτοβολταϊκών και συγκεντρωμένης ηλιακής ενέργειας (CSP) με τη χρήση δύο μοντέλων κλιματικής αλλαγής, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η

συνολική ηλιακή ενέργεια αναμένεται να αυξηθεί μερικές ποσοστιαίες μονάδες στην Ευρώπη. Επιπλέον, οι Müller et al. (2017) [31] ποσοτικοποίησαν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη μελλοντική απόδοση των φωτοβολταϊκών, δηλώνοντας ότι η απόδοση των φωτοβολταϊκών συστημάτων θα αλλάξει ως αποτέλεσμα των νέων τιμών GHI και θερμοκρασίας στην Αυστραλία.

Τέλος, οι Müller et al. (2017) [31] ανέπτυξαν έναν νέο ηλιακό άτλαντα στην Ινδία, χρησιμοποιώντας μοντέλα και μετρήσεις που προέρχονται από δορυφόρους. Η πιο πρόσφατη έρευνα της ΕΕ για την ηλιακή ακτινοβολία στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής περιλαμβάνει τις προσπάθειες των Šúri et al. (2007) [32], οι οποίοι ανέπτυξαν τη βάση δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας PVGIS για την ΕΕ, και των Huld et al. (2012) [33], οι οποίοι δημιούργησαν μια νέα βάση δεδομένων ηλιακής ακτινοβολίας για την αξιολόγηση της απόδοσης των φωτοβολταϊκών στην ΕΕ και την Αφρική. Επιπλέον, οι Burnett et al. (2014) [34] μελέτησαν την ηλιακή ενέργεια του Ηνωμένου Βασιλείου για ιστορικές και μελλοντικές περιόδους, από 30 χρόνια πλέγματος παρατηρήσεων του Met Office, και βρήκε μια συνολική μέση αύξηση της ηλιακής ενέργειας του Ηνωμένου Βασιλείου (HB) ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής.

Στην Ελλάδα, οι Kazadzis et al. (2018) [35] μελέτησαν τη μακροπρόθεσμη σειρά επιφανειακής ηλιακής ακτινοβολίας από την Αθήνα, δείχνοντας μικρές αλλαγές, οι οποίες θα μπορούσαν να συσχετιστούν εν μέρει με τη νεφελότητα και κυρίως με τις διακυμάνσεις του φορτίου αερολύματος. Επιπλέον, οι Kazantzidis et al. (2018) [36] μελέτησαν την ιστορική κλιματολογία του GHI και της Άμεσης Φυσιολογικής Ακτινοβολίας (DNI) (2002–2012), αποδίδοντας αλλαγές του DNI στο μειούμενο οπτικό βάθος αερολύματος στην Ελλάδα, υποδεικνύοντας επίσης ότι είναι σημαντικό να εκτιμηθεί πώς η ηλιακή ενέργεια με χαρακτηριστικά νεφοκάλυψης, θα αλλάξει μαζί με τις μελλοντικές κλιματικές αλλαγές. Τέλος, οι Panagea et al. (2017) μελέτησαν προβολές του GHI από πέντε περιφερειακά κλιματικά μοντέλα (RCM) για ιστορικές και μελλοντικές περιόδους και βρήκε μικρές αυξήσεις (2,0–3,0 W/m² το 2011–2050 και 5,0 W/m² το 2061–2100).

Αυτή η μελέτη επικεντρώθηκε στην αξιολόγηση των αναμενόμενων αλλαγών στο μέσο ημερήσιο, ετήσιο και εποχιακό GHI και στην ανάπτυξη ενός ηλιακού κλιματικού άτλαντα υψηλής ανάλυσης για την Ελλάδα υπό κλιματική αλλαγή, με τη χρήση μιας πολύ υψηλής ανάλυσης — 5 × 5 km²—περιφερειακό κλιματικό μοντέλο.

Έτσι, δημιουργήθηκε ένας νέος ηλιακός άτλας, ο οποίος περιέχει σημαντικά δεδομένα για την πολιτική προσαρμογής της χώρας στην κλιματική αλλαγή, τον μακροπρόθεσμο σχεδιασμό των ενδιαφερομένων και τις κοινοτικές δραστηριότητες RET υπό την αυξανόμενη ζήτηση για πιο αποδοτικές ηλιακές τεχνολογίες. Αυτή η εργασία ήταν ένα πρώτο βήμα προς την απόκτηση ενός άτλαντα ηλιακού κλίματος υψηλής ανάλυσης στην Ελλάδα, με ορισμένους περιορισμούς λόγω του περιορισμένου αριθμού επίσημα διαθέσιμων δεδομένων παρατήρησης.

Η ανάλυση διεξήχθη για την ιστορική περίοδο 1980-2004 και τη μελλοντική περίοδο 2020-2044, σύμφωνα με τα σενάρια εκπομπών RCP 4.5 και 8.5 που αντιπροσωπεύουν τα ενδιάμεσα και χειρότερα σενάρια, αντίστοιχα. Γενικά, το γεωγραφικό μοτίβο και οι διαφορετικές κλιματικές ζώνες πέρα από την ελληνική επικράτεια δικαιολογούν τις αποκλίσεις μεταξύ της ηπειρωτικής Ελλάδας και των θαλάσσιων περιοχών ή ακτών στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος. Στην Ελλάδα, έχουν ήδη σημειωθεί αξιοσημείωτες αλλαγές σε ηπειρωτικές χώρες, παράκτιες ή θαλάσσιες περιοχές, ακόμη και σε παρόμοια γεωγραφικά πλάτη, επηρεάζοντας τη χρονική και χωρική μεταβλητότητα του νέφους, λόγω των διαφορετικών τοπογραφικών χαρακτηριστικών και του διαφορετικού κλίματος στην Ελλάδα. τομέας [37].

Το μοντέλο WRF για την ιστορική περίοδο (1980–2004) παρουσίασε τη χωρική κατανομή του GHI και έδειξε σημαντική συμφωνία με παρόμοια έργα [15–17,34], με τιμές πάνω από 1600 kWh/m² στα τμήματα της κεντρικής και βόρειας Ελλάδας, και άνω των 1800 kWh/m² στην ευρύτερη περιοχή των νότιων θαλάσσιων ελληνικών τμημάτων του Ιονίου και του Αιγαίου. Ωστόσο, η έλλειψη επαρκούς μέσου ηλιακού δυναμικού υπολογίστηκε στις τοποθεσίες των υψηλότερων υψομέτρων, που συνήθως απαντώνται στις κορυφογραμμές των βουνών.

Κατά μέσο όρο, η ανάλυση των μέσων ετήσιων διακυμάνσεων του GHI έδειξε τιμές παρόμοιου μεγέθους και μοτίβου μεταξύ των δύο μελλοντικών σεναρίων, ενώ οι διαφορές μεταξύ μελλοντικών και ιστορικών σεναρίων βρέθηκαν να είναι στην περιοχή των ± 100 kWh/m², το οποίο μεταφράζεται σε ένα ποσοστό εύρος $\pm 5,5\%$. Επιπλέον, η εποχιακή ανάλυση έδειξε αυξήσεις στις μέσες εποχιακές τιμές GHI για την ανατολική ελληνική ηπειρωτική χώρα και το βορειοδυτικό Αιγαίο, καθώς και στην Εύβοια και την Κρήτη, οι οποίες ήταν έως και 11% και για τα δύο σενάρια (RCPs 4,5 και 8,5).

Μικρές μειώσεις του μέσου εποχιακού ημερήσιου και ετήσιου GHI στο -5,0%, σύμφωνα με τα μελλοντικά σενάρια, προβλέφθηκαν για τα περισσότερα μέρη του ελληνικού τομέα. Καθώς η επίδραση των νεφών μειώνει το GHI και συνεπώς την παραγωγή ενέργειας ενός ηλιακού συστήματος, μελετήθηκαν οι μέσες ετήσιες και εποχιακές ημέρες καθαρού ουρανού, υποδεικνύοντας ότι οι διαφορές στις ετήσιες μέσες ημέρες καθαρού ουρανού μεταξύ των ιστορικών και των Η μελλοντική κλιματολογία θα μπορούσε να είναι στην περιοχή $\pm 4,5$ και $\pm 5,0\%$, αντίστοιχα.

Αυτό το εύρημα βοηθά στην πρόβλεψη κυρίως αυξήσεων στο κλάσμα του χρόνου, χωρίς σημαντικά σύννεφα να μπλοκάρουν τον ήλιο στα ανατολικά και βορειοανατολικά τμήματα της ηπειρωτικής Ελλάδας και στα δύο μελλοντικά σενάρια. Επιπλέον, διαπιστώθηκαν αυξήσεις στις ημέρες με καθαρό ουρανό κάτω από το RCP 8,5 και μειώσεις για τις δυτικές περιοχές της Ελλάδας με το RCP 4,5, οι οποίες συμφωνούν με τα αποτελέσματα του [38].

Συμπερασματικά, η μελέτη δείχνει ότι το GHI μπορεί να επηρεαστεί από την κλιματική αλλαγή στο μέλλον. Οι ετήσιες μεταβολές βρέθηκαν να είναι μικρές και της τάξης του $\pm 5,0\%$, ενώ οι εποχιακές μεταβολές φάνηκε να είναι της τάξης του $\pm 10\%$. Καθώς η αθροιστική χωρητικότητα των φωτοβολταϊκών και των ηλιακών συστημάτων αυξάνεται σημαντικά σε όλη τη χώρα, η μελλοντική έρευνα θα πρέπει επιπλέον να επικεντρωθεί στις κλιματικές επιπτώσεις των προβλεπόμενων αλλαγών στο GHI και στη θερμοκρασία στην απόδοση ενός μεγάλου αριθμού ΦΒ και ηλιακών συστημάτων. Για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης σε εφαρμογές ηλιακής ενέργειας, η εγκατάσταση πιο ακριβών συστημάτων παρακολούθησης θα μπορούσε να βοηθήσει στην αποτελεσματικότερη επικύρωση των μελλοντικών αλλαγών προβολής που επιτυγχάνονται με τα μοντέλα.

Σχετικά με την εφαρμογή της ηλιακής ενέργειας, ιδίως για τον οδοφωτισμό, το σύστημα για την ενσωμάτωσή του απαιτεί την εγκατάσταση μεμονωμένων μονάδων μέσα σε κάθε δίκτυο φωτισμού. Ως αποτέλεσμα, το σύστημα πρέπει να είναι σχολαστικά κατασκευασμένο ώστε να ταιριάζει αρμονικά σε κάθε τοποθεσία, διαθέτοντας κατάλληλες διαστάσεις για να εξασφαλίσει ασφαλή ενσωμάτωση σε διάφορα περιβάλλοντα. Το βασικό συστατικό σε αυτό το ολοκληρωμένο σύστημα είναι το ΦΒ σύστημα.

Τα βασικά του μέρη:

- Το (ή τα) φωτοβολταϊκό πάνελ
- Το συσσωρευτή-ές (μπαταρία)
- Το σύστημα φόρτισης, το κυριότερο τμήμα του οποίου είναι ο ρυθμιστής φόρτισης.
- Τον αντιστροφέα ή μετατροπέα (DC/AC Inverter)

Η δημιουργία μιας τέτοιας μεθόδου οδοφωτισμού, όσον αφορά την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών (ΦΒ) πάνελ, περιλαμβάνει ορισμένους περιορισμούς: Το σύστημα πρέπει να ενσωματωθεί σε κάθε ιστό φωτισμού για να αποτελέσει μια αυτόνομη μονάδα φωτισμού.

Αυτό απαιτεί τη χρήση των λιγότερων φωτοβολταϊκών πάνελ που είναι δυνατόν να εξασφαλίσουν ασφαλή αγκύρωση έναντι του ανέμου και άλλων μηχανικών πιέσεων, διατηρώντας παράλληλα το συνολικό βάρος του συνόλου της κατασκευής εντός των εγκεκριμένων ορίων ασφαλείας. Είναι εξίσου σημαντικό να εξεταστεί η θέση των στηλών εγκατάστασης, ώστε να αποφευχθεί η επισκίασή τους από ψηλά κτίρια ή δέντρα, καθώς και να εξασφαλιστεί ότι τα πάνελ παραμένουν απαλλαγμένα από τη σκόνη και άλλους ρύπους που θα μπορούσαν διαφορετικά να διακυβεύσουν την αποτελεσματικότητά τους.

Ως εκ τούτου, η ανάλυση του φωτοβολταϊκού τμήματος του συστήματος αποκλίνει από τη συμβατική προσέγγιση που εφαρμόζεται στα φωτοβολταϊκά συστήματα. Αντί να ακολουθεί την τυπική διαδοχική διαδικασία του υπολογισμού της συνολικής ζήτησης ισχύος για την εγκατάσταση που πρόκειται να τροφοδοτείται με ηλιακή ενέργεια, χρησιμοποιώντας εμπειρικούς τύπους για τον προσδιορισμό του απαιτούμενου αριθμού φωτοβολταϊκών κυττάρων, και στη συνέχεια το μέγεθος των στοιχείων αποθήκευσης ενέργειας και του μετατροπέα, χρησιμοποιείται διαφορετική μεθοδολογία.

Αντίθετα, η βασική υπόθεση εδώ είναι ότι ένα πάνελ φωτοβολταϊκών κυψελών θα προσαρμοστεί σε κάθε ιστό φωτισμού και θα πραγματοποιηθεί η σχετική μελέτη σε αυτό. Η μελέτη, δηλαδή, βασίζεται στην υπόθεση ύπαρξης μόνο ενός ΦΒ πίνακα ανά δίκτυο φωτισμού. Στην αγορά των φωτοβολταϊκών πάνελ υπάρχουν πολλές επιλογές όσον αφορά τις διαστάσεις, την κατασκευή υλικών κ.λπ.

Το πιο ορθό είναι να επιλέγεται ένα πάνελ του οποίου οι διαστάσεις θα του επιτρέπουν να υποστηρίζεται στον ιστό φωτισμού και η απόδοσή του να είναι η υψηλότερη δυνατή για τις συγκεκριμένες διαστάσεις. Συνήθως τα πάνελ είναι σε μεγέθη περίπου 0,5, 1, 1,5, 2 τετραγωνικών μέτρων.

Μετά από μια πιο εμπειριστατωμένη εξέταση του φωτοβολταϊκού συστήματος, γίνεται φανερό ότι το κύριο συστατικό που είναι υπεύθυνο για τη μετατροπή της ηλιακής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική ενέργεια είναι τα φωτοβολταϊκά κύτταρα, που εναλλακτικά αναφέρονται ως φωτοβολταϊκά κύτταρα, ηλιακά κύτταρα ή απλά κύτταρα. Αυτά τα κύτταρα λειτουργούν με βάση την τεχνολογία ημιαγωγών βασιζόμενα στο φωτοβολταϊκό φαινόμενο. Αυτό το φαινόμενο συνεπάγεται την άμεση μετατροπή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε ηλεκτρική τάση και, κατά συνέπεια, ηλεκτρικό ρεύμα.

Ορισμένα υλικά, όπως το πυρίτιο σε συνδυασμό με διάφορα στοιχεία, προσλαμβάνουν ιδιότητες ημιαγωγών, που σημαίνει ότι έχουν την ικανότητα να παράγουν μια δυναμική διαφορά όταν εκτίθενται στο φως. Η προσπίπτουσα ακτινοβολία, ή το φως, προσδίδει ενέργεια στο υλικό, απελευθερώνοντας ηλεκτρόνια τα οποία είναι ελεύθερα να κινηθούν μέσα στον ημιαγωγό. Αυτά τα φωτοβολταϊκά κύτταρα, χάρη στα προϋπάρχοντα ηλεκτρικά πεδία, κατευθύνουν τα απελευθερωμένα ηλεκτρόνια να κινηθούν προς μια συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Η εγκατάσταση μεταλλικών επαφών πάνω και κάτω από το στοιχείο επιτρέπει την παραγωγή της απαραίτητης ηλεκτρικής ισχύος. Η δύναμη του στοιχείου καθορίζεται από την ένταση της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, σε συνδυασμό με την τάση στο μπροστινό και το πίσω μέρος του στοιχείου. Τα κύρια υλικά ημιαγωγών που χρησιμοποιούνται συνήθως περιλαμβάνουν το Γερμάνιο (Ge), το Πυρίτιο (Si) και το Σελήνιο (Se), με ιδιαίτερη έμφαση στο Σελήνιο λόγω της πιο άφθονης παρουσίας του στη φύση. Επιπλέον, το σκούρο χρώμα τους διευκολύνει την απορρόφηση υψηλότερων ποσοτήτων ηλιακής ακτινοβολίας.

Τα σημερινά αποδεκτά ηλιακά κύτταρα τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως έχουν βαθμό απόδοσης που κυμαίνεται μεταξύ του 10% και του 20%, ενώ έχει παρατηρηθεί ότι η αύξηση της θερμοκρασίας που οφείλεται στην τάση που δημιουργείται στα άκρα του ΦΒ κυττάρου έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης κατά 0,4% για κάθε ένα παραπάνω βαθμό πάνω από τους 25°C.

Είναι εφικτό, στην πράξη, δύο ή περισσότερες στρώσεις ΦΒ κυττάρων, όπου κάθε μία κατασκευάζεται για ειδική φασματική περιοχή της ηλιακής ακτινοβολίας, να διαταχθούν η μία πίσω από την άλλη. Αυτά ονομάζονται κύτταρα πολλών βαθμίδων (multi-junction cells). Για κύτταρα δύο βαθμίδων η μέγιστη θεωρητική απόδοση είναι 35%, ενώ θεωρητικά για άπειρο αριθμό βαθμίδων μπορεί να φθάσει το 54%. Η σύνθεση των φωτοβολταϊκών στοιχείων δημιουργεί τα ΦΒ πλαίσια (πάνελ), και αυτά με τη σειρά τους τις φωτοβολταϊκές συστοιχίες.

Οι συνδέσεις των κελιών εμφανίζονται στο πίσω μέρος ενός γυάλινου πίνακα, πάνω στον οποίο είναι τοποθετημένα τα κελιά. Αυτό το φύλλο γυαλιού είναι ενισχυμένο με ένα πλαίσιο κατασκευασμένο από αλουμίνιο ή υψηλής ποιότητας χάλυβα, ενισχύοντας τη σταθερότητά του. Αυτές οι συνδέσεις καθορίζονται με σκοπό την εξαγωγή χρήσιμων ηλεκτρικών παραμέτρων από τα κύτταρα εμπρός και πίσω (F/B). Τα συστήματα κυψελών F/B, διαμορφωμένα με αυτόν τον τρόπο, χρησιμοποιούνται σε καταστάσεις που απαιτούν ηλεκτρική ενέργεια με εύρος τάσης από 1 έως 240 Volt.

Παρατηρείται ότι είναι η ιδανική λύση για εφαρμογές μέχρι μερικά kW. Τα περισσότερα Φ/Β συστήματα χρησιμοποιούν τους συσσωρευτές για να αποθηκεύσουν ενέργεια, η οποία θα χρησιμοποιηθεί κατά τη διάρκεια των περιόδων που υπάρχει ασθενής παρουσία ή και πλήρης απουσία του ήλιου. Τα περισσότερα ΦΒ συστήματα χρησιμοποιούν συσσωρευτές lead-acid, όπως μόλυβδου-ασβεστίου ή μόλυβδου-αντιμονίου κι όχι τύπου αυτοκινήτων, που δεν είναι σχεδιασμένοι για επαναλαμβανόμενη βαθιά φόρτιση.

Η χωρητικότητα της μπαταρίας μετριέται συνήθως σε αμπέρ (Ah), αντιπροσωπεύοντας την ποσότητα ρεύματος που μπορεί να παρέχει μια μπαταρία για μια συγκεκριμένη διάρκεια στην τυπική τάση της, συνήθως στους 25°C. Η χωρητικότητα της μπαταρίας καθορίζεται με βάση την ενέργεια που συλλέγει ο φωτοβολταϊκός πίνακας και επιλέγεται για την αποθήκευση της μέγιστης δυνατής ποσότητας ενέργειας που μπορεί να επιτευχθεί μέσα σε μία ή περισσότερες ημέρες, ανάλογα με το επιθυμητό επίπεδο αυτονομίας.

Το τελευταίο βήμα σε ένα σύστημα F/B περιλαμβάνει τη μετατροπή συνεχούς ρεύματος (DC) σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) για την παροχή ισχύος στο σύστημα φωτισμού της εγκατάστασης. Οι κυψέλες F/B παράγουν συνεχές ρεύμα και οι

Ηλιακά Φωτιστικά σε Εφαρμογές Οδοφωτισμού

Μπαταρίες αποθηκεύουν ηλεκτρική ενέργεια με τη μορφή συνεχούς ρεύματος, αλλά τα φωτιστικά λειτουργούν σε εναλλασσόμενο. Αυτή η διαδικασία μετατροπής πραγματοποιείται με τη χρήση ενός μετατροπέα.

Ο αντιστροφέας (inverter) DC / AC αποτελεί μια ηλεκτρονική διάταξη μετατροπής της συνεχούς τάσης των συσσωρευτών σε εναλλασσόμενη τάση με κατάλληλα χαρακτηριστικά (συνήθως 220V/ 50 Hz τριφασικό). Η επιλογή του αντιστροφέα γίνεται με βάση την ισχύ. Ο υπολογισμός της απόδοσης των Φ/Β κυψελών γίνεται συνήθως εμπειρικά, με την χρήση ενός κατάλληλου τύπου, ο οποίος βασίζεται στα χαρακτηριστικά του.

Πιο συγκεκριμένα, για να προσδιοριστεί η ισχύς εξόδου του συστήματος, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η μέγιστη ονομαστική ισχύς που έχει οριστεί από τον κατασκευαστή για τον πίνακα F/B, καθώς και διάφοροι παράγοντες απόδοσης που συνυπολογίζουν πτυχές όπως ιδιότητες υλικών και απώλειες από παράγοντες όπως η ρύπανση και η εκτεταμένη χρήση. Όταν πρόκειται για το σύστημα φωτισμού, μια πιο ακριβής εκτίμηση της ισχύος εξόδου του συστήματος είναι απαραίτητη, δεδομένης της παρουσίας πολλών ξεχωριστών, χαμηλής ισχύος εξαρτημάτων.

Τέλος, απώλειες εμφανίζονται και κατά τη διαδικασία μετατροπής του συνεχούς ρεύματος από την μπαταρία σε εναλλασσόμενο για φωτισμό της εγκατάστασης. Οι αναστροφείς μπορούν να εισάγουν απώλειες που ανέρχονται μέχρι και στο 10% της ενέργειας εισόδου. Σε γενικές γραμμές, ένα σύστημα οδικού φωτισμού αναμένεται να λειτουργεί συνεχώς κάθε βράδυ καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, αν και η τελική απόφαση συνήθως εναπόκειται στις τοπικές αρχές.

Συνηθίζεται το σύστημα οδοφωτισμού να τίθεται σε λειτουργία 30 λεπτά μετά την ημερολογιακά οριζόμενη δύση του ηλίου ενώ να τίθεται εκτός λειτουργίας 30 λεπτά πριν την ημερολογιακή ανατολή. Δεν πρέπει να παραληφθεί και η ύπαρξη της μονάδας ελέγχου. Κύριος σκοπός της μονάδας αυτής είναι η διασύνδεση του συστήματος φωτισμού με το ηλεκτρικό δίκτυο όταν αυτό δεν αποδίδει την απαιτούμενη ενέργεια για την λειτουργία του φωτιστικού λόγω σε περιπτώσεις συννεφιάς ή μειωμένης απόδοσης του ΦΒ πάνελ.

Τα στοιχεία του συστήματος που απαιτούν έλεγχο περιλαμβάνουν το σύστημα φόρτισης της μπαταρίας, την ίδια την μπαταρία και το διακόπτη επιλογής πηγής ισχύος για το σύστημα φωτισμού. Η λειτουργία αυτής της μονάδας βασίζεται στην αρχή ότι η

παροχή ηλεκτρικού ρεύματος του συστήματος φωτισμού θα πρέπει να έχει επάρκεια για ένα ολόκληρο κύκλο λειτουργίας. Σε διαφορετική περίπτωση, η διάρκεια που χρειάζεται για να επανεκτιμήσει τη λυχνία με τάση δικτύου τροφοδοσίας μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη για να δημιουργήσει ζητήματα ασφάλειας και λειτουργίας για την εγκατάσταση.

Ως εκ τούτου, όταν η αποθηκευμένη ενέργεια στις μπαταρίες αποδεικνύεται επαρκής για τον πλήρη κύκλο λειτουργίας του συστήματος φωτισμού, η μπαταρία επιλέγεται ως πηγή ισχύος. Αντίθετα, όταν η ενέργεια που αποθηκεύεται στην μπαταρία είναι ανεπαρκής για την πλήρη λειτουργικότητα του συστήματος φωτισμού, το σύστημα μεταβαίνει στο ηλεκτρικό δίκτυο, λειτουργώντας σε τάση δικτύου για ολόκληρο τον κύκλο λειτουργίας.

3. Φωτισμός οδών

3.1. Κατηγοριοποίηση

Η κατηγοριοποίηση των οδών με βάση τις απαιτήσεις σε φωτισμό καθορίζονται από την τεχνική οδηγία CEN/TR 13201 και αφορά όλες τις περιοχές όπου υπάρχει κυκλοφορία μηχανοκίνητων οχημάτων, ποδηλάτων, πεζών και συνδυασμούς αυτών. Αναφέρεται σε κάθε τύπο οδού από έναν απλό δρόμο χωρίς μεγάλη κυκλοφορία, μία επαρχιακή οδό, έναν πολυσύχναστο δρόμο πόλεως έως έναν αυτοκινητόδρομο ταχείας κυκλοφορίας. Αφορά επίσης πεζόδρομους, ποδηλατοδρόμους και τις περιοχές που συναντώνται ή διασταυρώνονται οδοί διαφορετικών ή όμοιων χρηστών, για παράδειγμα διαβάσεις πεζών, διασταυρώσεις, οι κόμβοι. Οι κατηγορίες απαιτήσεων φωτισμού αντιστοιχούν στις ονομαζόμενες κλάσεις φωτισμού. Η κάθε κλάση φωτισμού εξαρτάται από τα λειτουργικά και ορισμένα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της οδού. Οι κλάσεις ομαδοποιούνται στις τρεις ακόλουθες καταστάσεις φωτισμού . Class M – Motorised traffic – Αυτοκινητόδρομοι / οδοί μηχανοκίνητων οχημάτων. Αναφέρονται στο φωτισμό οδών και περιοχών όπου οι χρήστες είναι κυρίως μηχανοκίνητα οχήματα τα οποία κινούνται με χαμηλές, μέσες ή υψηλές ταχύτητες. Το μέγεθος σχεδιασμού και αξιολόγησης του φωτισμού κλάσεων M είναι η λαμπρότητα οδοστρώματος (σε cd/m^2). Η κλάση καθορίζεται με βάση αυτά τα γεωμετρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της οδού. Η επιλογή της κλάσης βασίζεται στα κριτήρια που αναγράφονται στη τεχνική οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας.

3.2. Επίπεδα φωτισμού

Η CEN/TR 13201.1 επιτρέπει προσαρμογές στην ταξινόμηση φωτισμού του δρόμου σε συνάρτηση με τα μεταβαλλόμενα κριτήρια κατά τη λειτουργία του συστήματος οδικού φωτισμού. Τη στιγμή όπου ένα ή παραπάνω από τα κριτήρια αυτά έχουν μετατοπιστεί σε σημασία, η κλάση φωτισμού του δρόμου υποβαθμίζεται προσωρινά για τη διάρκεια των ρυθμίσεων βάρους. Αυτή η ικανότητα προσφέρει προσαρμοστικότητα στην ανάπτυξη ενός προσαρμοστικού συστήματος φωτισμού όπου διαθέτοντας τον κατάλληλο εξοπλισμό, επιτρέπεται η ανάλογη ρυθμισμένη φωτεινή έξοδος από τα φωτιστικά.

Αυτή η προσέγγιση επιτρέπει την καθιέρωση διαφόρων επιπέδων νυχτερινού φωτισμού, προσαρμοσμένων στις συγκεκριμένες, ευαίσθητες στον χρόνο απαιτήσεις των δρόμων. Αποσκοπεί στο να παρέχει βέλτιστες συνθήκες για τους οδηγούς, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα την κατανάλωση ενέργειας. Το υψηλότερο επίπεδο φωτισμού που προσδιορίζεται μέσω της διαδικασίας εκχώρησης βάρους ονομάζεται "τυποποιημένη κλάση φωτισμού", ενώ τα χαμηλότερα επίπεδα που ορίζονται για συγκεκριμένες χρονικές περιόδους αναφέρονται ως "προσαρμοστικές κλάσεις φωτισμού". Κάθε φωτιζόμενος δρόμος πρέπει να έχει τουλάχιστον μία τυπική κατηγορία φωτισμού και μπορεί επιπλέον να περιλαμβάνει μία ή περισσότερες προσαρμοστικές κατηγορίες φωτισμού.

Το φαινόμενο της φωτορύπανσης στον οδοφωτισμό αναφέρεται σε υπερβολικό και ενοχλητικό φως που παράγεται από τα σώματα, προκαλώντας συνέπειες και στο περιβάλλον και στην ανθρώπινη υγεία. Υπάρχουν πολλές και διαφορετικές μορφές φωτορύπανσης στον δρόμο, όπου η καθεμία έχει προκληθεί και από διαφορετικό σημείο και τρόπο φωτισμού, όμως όλα οδηγούν στον περιορισμό της ορατότητας. Για την καταπολέμηση του ζητήματος αυτού, οι κοινότητες λειτουργούν υπεύθυνα και υιοθετούν νέες μεθόδους και υλικά για τον φωτισμό. Χρησιμοποιούν νέα και πλήρως θωρακισμένα φωτιστικά σώματα, σχεδιασμένα να κατευθύνουν το φως όπου είναι απαραίτητο ,ελαχιστοποιώντας έτσι την διαρροή του. Μια ακόμη λύση δίνεται με την εφαρμογή φωτιστικών χαμηλότερης έντασης και με αποχρώσεις φωτός, οι οποίες είναι ικανές για την αποφυγή της αντανάκλασης και της λάμψης. Η καταπολέμηση, λοιπόν, της φωτορύπανσης δίνει μια καθαρή εικόνα ουρανού και περιβάλλοντος και ενισχύει την εξοικονόμηση ενέργειας.

Οι πηγές φωτός της ίδιας θερμοκρασίας χρώματος μπορεί να αποδίδουν αρκετά διαφορετικά όσον αφορά την αναπαράσταση των χρωμάτων των φωτιζόμενων περιοχών και αντικειμένων. Έτσι η συγκεκριμένη χρωματική απόδοση δεν εξαρτάται από τη θερμοκρασία χρώματος μιας φωτεινής πηγής αλλά από τα φασματικά μήκη κύματος που εκπέμπονται από την πηγή.

Οι πηγές φωτός που παρέχουν ένα πλήρες φάσμα μηκών κύματος μπορούν να αντιπροσωπεύουν όλες τις χρωματικές παραλλαγές των φωτιζόμενων αντικειμένων με πολύ φυσικό τρόπο. Οι πηγές φωτός που εκπέμπουν μόνο επιλεγμένα χρώματα υποστηρίζουν μόνο την αναπαράσταση αυτών των συγκεκριμένων χρωμάτων. Ένα σημαντικό πρακτικό παράδειγμα αυτού είναι η αναγνώριση προσώπου από τους πεζούς – η οποία απαιτεί επίσης την ικανότητα αντίληψης της χρωματικής αντίθεσης. Μελέτες έχουν δείξει ότι οι άνθρωποι πρέπει να μπορούν να αναγνωρίζουν πρόσωπα σε απόσταση 4 μέτρων για να αισθάνονται ασφαλείς.

Η ικανότητα απόδοσης χρώματος των πηγών φωτός ποσοτικοποιείται σε εργαστηριακές συνθήκες μέσω οκτώ καθορισμένων τυπικών χρωμάτων. Η χρωματική απόδοση αντιπροσωπεύεται από τον δείκτη χρωματικής απόδοσης (CRI, η μέγιστη τιμή ευρετηρίου είναι 100). Τα συστήματα φωτισμού με χρωματική απόδοση 80 ή καλύτερη είναι κατάλληλα για καλή αναγνώριση προσώπου.

Όσον αφορά τον φωτισμό LED, η συγκεκριμένη απόδοση για το κόκκινο φως είναι επίσης σχετική. Αυτή η αποκαλούμενη τιμή R9 συνήθως δεν περιλαμβάνεται στο κλασικό CRI, αλλά ο εκτεταμένος δείκτης καλύπτει 14 τυπικά χρώματα. Για φωτισμό LED, το τυπικό CRI και η τιμή R9 θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε συνδυασμό. Τα φωτιστικά LED συνήθως παρέχουν μια τιμή δείκτη απόδοσης χρώματος καλύτερη από 80 ή μεγαλύτερη. Για δρόμους με απλό μοτίβο χρήσης, μια χρωματική απόδοση Ra 70 είναι συχνά επαρκής. Για πιο σύνθετες καταστάσεις χρήσης και φωτισμού, μπορεί να είναι επιθυμητό Ra πάνω από 80. Συνολικά, τόσο το χρώμα του φωτός (θερμοκρασία χρώματος) όσο και η χρωματική απόδοση μιας πηγής φωτός σχετίζονται με την ορατότητα και την αντίληψη των αντικειμένων στο περιβάλλον.

3.3. Θάμβωση

Η Θάμβωση ξεχωρίζει ως η κύρια φωτομετρική παράμετρος της σημασίας στην έρευνα οδικού φωτισμού. Η διακύμανση της φωτεινότητας μεταξύ της οπτικής αντίληψης του πεδίου και της ρύθμισης του ματιού οδηγεί σε μειωμένη ή ακόμα και σε ολική απώλεια της ικανότητας του παρατηρητή να διακρίνει αντικείμενα. Το σύνθετο αυτό φαινόμενο εξαρτάται τόσο από την πηγή φωτός, όσο και από την φωτεινότητα της οδού. Ένα αντικείμενο, το οποίο είναι φανερό με γυμνό μάτι χωρίς κανένα εκθαμβωτικό αποτέλεσμα, γίνεται εντελώς αδιαπέραστο όταν θαμπώνεται.

Αυτή η οπτική δυσλειτουργία οδηγεί σε ερεθισμό ή δυσφορία για τον παρατηρητή και έχει ως αποτέλεσμα μειωμένη αποτελεσματικότητα στους οδηγούς, τους εργαζόμενους ή και άλλα άτομα που παρακολουθούν τον τόπο. Όταν ένα φωτεινό αντικείμενο τοποθετείται σε ένα σκοτεινό φόντο, προκαλεί οπτική δυσλειτουργία, ενώ το ίδιο αντικείμενο σε απομόνωση δεν προκαλεί απαραίτητα ένα τέτοιο αποτέλεσμα. Αναγνωρίζονται τρεις διακριτές μορφές οπτικής δυσλειτουργίας:

- Η απόλυτη θάμβωση οφείλεται στην υπερβολικά μεγάλη λαμπρότητα στο οπτικό πεδίο, δηλαδή σε τιμές μεγαλύτερες από 10.000 cd / m² .

- Η φυσιολογική θάμβωση ή θάμβωση ανικανότητας έχει κοινά στοιχεία με την απόλυτη θάμβωση. Είναι μία πρόσθετη λαμπρότητα, γνωστή ως ισοδύναμη λαμπρότητα πέπλου, η οποία βρίσκεται στο οπτικό πεδίο του παρατηρητή και μειώνει την αντίθεση της λαμπρότητας. Στην φυσιολογική θάμβωση εισέρχεται μία νέα έννοια γνωστή ως «προσαύξηση κατωφλίου» της λαμπρότητας στο περιβάλλον (Threshold Increment – TI), ο δείκτης αυτός δείχνει, ποσοστιαία, πόσο πρέπει να αυξηθεί ο φωτισμός στο περιβάλλον, έτσι ώστε ένα αντικείμενο να γίνει ορατό. Η φυσιολογική θάμβωση οδηγεί σε μειωμένη οπτική ικανότητα και εκτέλεση πράξεων. Στο φωτισμό δρόμων, όταν συμβαίνει αυτό, μπορεί η θάμβωση να είναι η αιτία κάποιου ατυχήματος, κυρίως σε υψηλές ταχύτητες.

- Η ψυχολογική θάμβωση ή θάμβωση ενόχλησης, είναι μια μορφή κατά την οποία ο οδηγός νιώθει δυσφορία ή έλλειψη άνεσης, η οποία δεν είναι δεδομένο ότι θα οδηγήσει σε μείωση της οπτικής του ικανότητας.

- Η άμεση θάμβωση προκαλείται από ένα φωτεινό φωτιστικό το οποίο βρίσκεται στο οπτικό πεδίο.

- Ανακλώμενη θάμβωση προκύπτει όταν ένα φωτιστικό σώμα φωτίζει εκτός δρόμου κάποιο άλλο σημείο όπως πινακίδα, έχοντας ως αποτέλεσμα την ανάκλαση του φωτός από το σώμα αυτό και την θάμβωση του παρατηρητή αλλοιώνοντας την ορατότητά του.

Ο βαθμός θάμβωσης υπολογίζεται σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον. Σημαντικό ρόλο για το αποτέλεσμα του βαθμού έχει ο τύπος του φωτιστικού, οι αντανάκλασεις των επιφανειών και οι διαστάσεις του χώρου όταν πρόκειται για εσωτερικό φωτισμό. Ο βαθμός της, τυπικά θα πρέπει να δίνεται από τους κατασκευαστές των φωτιστικών σωμάτων ακόμα και να εμφανίζεται στα φύλλα δεδομένων ή στις προδιαγραφές των φωτιστικών, ώστε να μπορεί να επιλεγεί ο κατάλληλος τύπος φωτιστικού, καταλήγοντας στην άμβλυνση του φαινομένου και τη δημιουργία ενός ασφαλούς περιβάλλοντος.

3.4. Χρόνος Αντίληψης και Αντίδρασης

Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ της αναγνώρισης ενός περιστατικού και της επακόλουθης απόκρισης του παράγοντα αναφέρεται ως χρόνος αντίδρασης. Αυτός ο χρόνος αντίδρασης συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 0,6 έως περίπου 1 δευτερόλεπτο και εξαρτάται από διάφορες μεταβλητές, συμπεριλαμβανομένης της φυσικής κατάστασης του οδηγού (επίδραση του αλκοόλ, κόπωση, φάρμακα, άγχος, κλπ.), την ηλικία και το επίπεδο εμπειρίας του οδηγού, και περιβαλλοντικές συνθήκες (όπως βροχή ή ομίχλη). Όταν υπάρχει ένα αποτελεσματικό σύστημα οδικού φωτισμού, δεν διευκολύνει μόνο το ταξίδι του οδηγού και μετριάζει την κόπωση τους, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια μεγάλων ταξιδιών, αλλά μειώνει και το χρόνο αντίδρασης του οδηγού σε απρόβλεπτα γεγονότα, χάρη στη βελτιωμένη ορατότητα.

Μια άλλη κρίσιμη πτυχή που συνδέεται με την οδική ασφάλεια αφορά την απόσταση πέδησης. Ως απόσταση πέδησης νοείται η απόσταση που απαιτείται για ένα όχημα που διανύει την προβλεπόμενη ταχύτητα ώστε να φθάσει σε πλήρη και ασφαλή στάση. Η έκταση της απόστασης πέδησης επηρεάζεται από διάφορες παραμέτρους.

Όταν η ταχύτητα του οχήματος διπλασιάζεται, η απόσταση πέδησης αυξάνεται τετραπλάσια. Σε υγρούς δρόμους, η απόσταση πέδησης είναι διπλάσια από αυτή των ξηρών δρόμων. Επιπλέον, ένα βαρύτερο όχημα έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερη απόσταση πέδησης. Κατά συνέπεια, σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές του Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας, ο οδηγός πρέπει να είναι σε θέση να μειώσει ή αυξήσει την ταχύτητα του οχήματος και να εξασφαλίσει ότι μπορεί να σταματήσει έγκαιρα ενόψει τυχόν απρόβλεπτων εμποδίων.

Επιπλέον, είναι απαραίτητο να διατηρηθεί το απαιτούμενο κενό ασφαλείας από το εμπρόσθιο όχημα για την αποτροπή πιθανών ατυχημάτων σε περίπτωση απότομης πέδησης από το κύριο όχημα. Ο επαρκής οδικός φωτισμός αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την πρόληψη των ατυχημάτων, ιδίως με δεδομένη τη συνεχή πρόοδο των αυτοκινήτων και τις αυξημένες ταχύτητες τους σε σύγκριση με το παρελθόν. Είναι πολύ πιθανό ότι θα υπάρξει ανάγκη για βελτίωση των συστημάτων φωτισμού της Ελλάδας στο εγγύς μέλλον.

4. Λαμπτήρες και φωτιστικά λαμπτήρων

4.1. Είδη Λαμπτήρων

Η τεχνολογία των λαμπτήρων αντιπροσωπεύει ένα συνεχώς εξελισσόμενο πεδίο, που χαρακτηρίζεται από μια ευρεία σειρά τύπων λαμπτήρων. Ο προσδιορισμός του ανώτερου τύπου λυχνίας είναι μια πολύπλευρη απόφαση, επηρεασμένη από παράγοντες όπως η ενεργειακή απόδοση και το κόστος. Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως καταργήθηκαν σταδιακά από το 2009, εντείνοντας τη ζήτηση για νέες τεχνολογίες λαμπτήρων.

4.1.1. Λαμπτήρες Πυρακτώσεως

Οι λαμπτήρες πυράκτωσης είναι ένα είδος ηλεκτρικού λαμπτήρα ο οποίος παράγει το φως χάρη την θέρμανση ενός σύρματος πυράκτωσης σε υψηλή θερμοκρασία. Λειτουργούν, δηλαδή, θερμαίνοντας το μεταλλικό αυτό νήμα μέσα τους, διαθέτοντας έτσι ένα πολύ απλό σχέδιο λειτουργίας. Αυτή τους η απλότητα τους οδηγεί στην επιλογή των λαμπτήρων αυτών για εύκολη κατασκευή και αντικατάσταση. Παρέχουν μάλιστα και άμεσο φωτισμό, χωρίς να απαιτείται περίοδος προθέρμανσης. Μόλις το 10 - 12% της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνουν μετατρέπεται σε ορατό φως, με αποτέλεσμα απόδοση φωτισμού περίπου 10 - 20 lumens ανά watt. Η απόδοση της λυχνίας βελτιώνεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του νήματος. Ωστόσο, σε υψηλές θερμοκρασίες, συμβαίνει οξείδωση και εξάχνωση των νημάτων, οδηγώντας τελικά στην υποβάθμιση του λαμπτήρα και καθιστώντας τον ακατάλληλο για χρήση.

Η ανύψωση της τάσης λειτουργίας έχει ως αποτέλεσμα την κλιμάκωση της έντασης του ρεύματος και, κατά συνέπεια, την αύξηση της θερμοκρασίας του νήματος. Η απλή αύξηση της τάσης κατά 5% παρέχει αξιοσημείωτη αύξηση της φωτεινής εξόδου κατά 20%, με αποτέλεσμα σημαντική μείωση της διάρκειας ζωής της λυχνίας, που τη μειώνει σε μόλις 60%. Κατά συνέπεια, απρόβλεπτες αιχμές στο ρεύμα πλέγματος επηρεάζουν σημαντικά τη μακροβιότητα της λυχνίας. [39].

Οι λαμπτήρες πυράκτωσης λειτουργούν με βάση την αρχή της πυράκτωσης. Όταν ένα ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται μέσα από ένα νήμα σύρμα μέσα στο βολβό, το νήμα θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία, εκπέμποντας ορατό φως ως αποτέλεσμα αυτής της έντονης θερμότητας. Πιο συγκεκριμένα, προκύπτει σημαντικά καλή απόδοση χρώματος, καθώς παράγεται ένα θερμό και φυσικό φως που αναδεικνύει με ακρίβεια τα χρώματα των αντικειμένων. Ακόμη, έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να χαμηλώσουν αρκετά εύκολα, για να ρυθμίσουν την φωτεινότητα, εξοικονομώντας με αυτόν τον τρόπο ενέργεια, όταν δεν απαιτείται πλήρης φωτεινότητα.

Το νήμα που βρίσκεται μέσα στους λαμπτήρες πυρακτώσεως αποτελείται από βολφράμιο λόγω του υψηλού σημείου τήξης και των χαρακτηριστικών εκπομπής ηλεκτρονίων. Τα νήματα μπορεί να είναι ευθύγραμμο, ελικοειδή ή διπλής ελικοειδούς περιέλιξης, ενώ οι κάλυκες στο κάτω μέρος του λαμπτήρα μπορεί να είναι βιδωτοί (E), μπαγιονέτ (B) ή κουμπωτοί (S). Τα γράμματα E, B, S ακολουθούνται από έναν αριθμό ο οποίος δείχνει το πάχος του κάλυκα σε mm.

Ένα από τα κύρια μειονεκτήματα των λαμπτήρων πυράκτωσης είναι η ενεργειακή τους αναποτελεσματικότητα. Παράγουν σημαντική ποσότητα θερμότητας εκτός από το ορατό φως και μεγάλο μέρος της ενέργειας χάνεται ως θερμότητα. Αυτό τους καθιστά λιγότερο ενεργειακά αποδοτικούς σε σύγκριση με τις σύγχρονες επιλογές φωτισμού, όπως τα LED.

Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως συναντώνται σε διάφορα σχήματα:

Αχλαδωτοί λαμπτήρες: Χρησιμοποιούνται κυρίως για οικιακό φωτισμό. Κυκλοφορούν σε ισχύς 15, 25, 40, 60, 75, 100 και έως 240 watt. Οι κάλυκες τους μπορεί να είναι βιδωτοί E27 ή μπαγιονέτ B22 ενώ η ροή τους είναι από 90 - 3500 lumen. Κυκλοφορούν είτε ματ είτε διαφανείς.

Λαμπτήρες Κεριά: Η πιο συχνή μορφή εφαρμογής των λαμπτήρων αυτών είναι για διακοσμητικό φωτισμό, κατά κύριο λόγο σε εσωτερικούς χώρους, όπως σπίτια και ξενοδοχεία. Η ισχύς πάλι μπορεί να είναι 15, 25, 40 ως 100 watt με επίπεδα φωτεινότητας που φτάνουν έως 1400 lumen. Ο κάλυκας τους είναι βιδωτός E14 ή E27. Συναντώνται σε ματ ή διάφανη έκδοση.

Σφαιρικοί λαμπτήρες: Είναι κατάλληλοι για διακοσμητικά φωτιστικά σώματα μικρού μεγέθους, καθότι και αυτοί έχουν χαρακτηριστικό μικρό μέγεθος. Η ισχύς του μπορεί να είναι 15, 25, 40, 60 watt και η φωτεινή ροή να φτάνει τα 660 lumen. Ο κάλυκας είναι βιδωτός E14 ή E27 ή μπαγιονέτ B22.



Εικόνα 1 : Διάφοροι λαμπτήρες πυράκτωσης

Μια διαφορετική κατηγορία λαμπτήρων πυράκτωσης ενσωματώνει εκείνους που περιέχουν ένα περίβλημα γεμάτο αέριο. Αυτοί οι λαμπτήρες έχουν την ικανότητα να εκπέμπουν περίπου 10% περισσότερο φως από τους τυπικούς. Βρίσκουν χρησιμότητα σε εκτεταμένους εσωτερικούς χώρους, δημιουργώντας ένα σταθερό, μη-αμυδρό λευκό φως. Αυτοί οι λαμπτήρες έρχονται σε διάφορα σχήματα, όπως μανιτάρια, κεριά, ή σφαιρικά σχέδια, με μέγιστη ονομαστική ισχύ 100 βατ και μέγιστη φωτεινή απόδοση 1500 lumen. Επιπλέον, υπάρχουν λαμπτήρες που διατίθενται εντός αυτού του εύρους.

Αυτοί οι λαμπτήρες παράγουν απαλό φωτισμό εξαιτίας της εσωτερικής επίστρωσης που βρίσκεται μέσα στον κώδωνα. Χρησιμοποιούνται κυρίως για διακοσμητικό φωτισμό σε εσωτερικούς χώρους. Το χρώμα τους είναι λευκό με αποχρώσεις παστέλ. Οι συγκεκριμένοι λαμπτήρες μπορεί να είναι σε σχήμα αχλαδιού, κεριού ή σφαιρικοί. Η ισχύς τους μπορεί να φτάνει τα 150 watt ενώ η ροή τα 1800

lumen. Μία άλλη κατηγορία λαμπτήρων πυρακτώσεως είναι οι λαμπτήρες καθρέπτη. Μέσα στον κώδωνα υπάρχει καθρέπτης. Χωρίζονται στις εξής υπό-κατηγορίες: λαμπτήρες καθρέπτη με κοινό γυαλί και λαμπτήρες καθρέπτη με σκληρό γυαλί.



Εικόνα 2 : Λαμπτήρας πυρακτώσεως με καθρέπτη

Ειδικές λάμπες είναι επίσης διαθέσιμες για ειδικές περιπτώσεις. Αυτά περιλαμβάνουν λαμπτήρες πυράκτωσης χαμηλής τάσης, που μοιάζουν με αχλαδοειδείς λαμπτήρες στα χαρακτηριστικά τους. Υπάρχουν επίσης έγχρωμοι λαμπτήρες διαθέσιμοι σε αποχρώσεις όπως κόκκινο, πορτοκαλί, κίτρινο, πράσινο και μπλε. Οι ηλιακοί λαμπτήρες είναι σχεδιασμένοι για να αναπαράγουν το φυσικό φως της ημέρας.

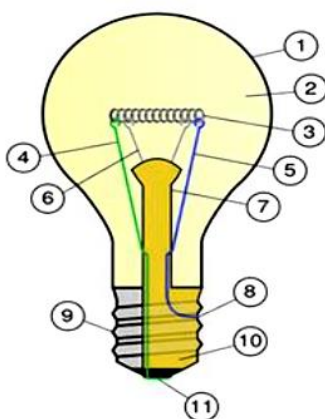
Επιπλέον, μπορείτε να βρείτε λαμπτήρες απωθητικών εντόμων που εκπέμπουν ένα διακριτικό κίτρινο φως, κρατώντας τα έντομα σε απόσταση. Υπάρχουν επίσης δονητικοί λαμπτήρες, εξοπλισμένοι με πρόσθετο στήριγμα νήματος. Οι λαμπτήρες φούρνου, ειδικά σχεδιασμένοι για χρήση σε οικιακούς φούρνους, μπορούν να αντέξουν θερμοκρασίες μέχρι 300°C. Οι τηλεοπτικοί λαμπτήρες χαρακτηρίζονται από το μπλε σχήμα καμπάνας τους. Τέλος, υπάρχουν οικιακοί λαμπτήρες σχεδιασμένοι για διάφορους οικιακούς και εμπορικούς σκοπούς, συμπεριλαμβανομένων των ψυγείων και των επίπλων.

Λόγω της ενεργειακής τους ανεπάρκειας, οι λαμπτήρες πυράκτωσης συμβάλλουν περισσότερο στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και έχουν υψηλότερη περιβαλλοντική επίπτωση από την άποψη της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας σε σύγκριση με τις περισσότερο ενεργειακά αποδοτικές επιλογές φωτισμού.

Ηλιακά Φωτιστικά σε Εφαρμογές Οδοφωτισμού

Πολλές περιοχές έχουν καταργήσει ή περιορίσει την πώληση λαμπτήρων πυράκτωσης σε μια προσπάθεια προώθησης ενεργειακά αποδοτικού φωτισμού και εξάλειψης του αρνητικού αυτού φαινομένου.

Γενικά, οι λαμπτήρες πυρακτώσεως τείνουν να είναι πιο αποδοτικοί από άποψη κόστους σε σύγκριση με άλλους τύπους λαμπτήρων στην αγορά. Ωστόσο, έχουν μικρότερη μέση διάρκεια ζωής περίπου 1.000 ωρών, σε αντίθεση με άλλες ποικιλίες λαμπτήρων.



Εικόνα 3 : Λαμπτήρας πυρακτώσεως και τα τμήματα από τα οποία αποτελείται

1. Γυάλινος γλόμπος	7. Μονωτικό στέλεχος
2. Χαμηλής πίεσεως αδρανές αέριο	8. Σύρμα επαφής
3. Νήμα πυράκτωσης	9. Μεταλλικό κασκέτο
4. Σύρμα επαφής	10. Μόνωση
5. Σύρμα επαφής	11. Ηλεκτρική επαφή
6. Σύρματα στήριξης	12. 90-95% της ηλεκτρικής ενέργειας κατανάλωσης γίνεται θερμότητα (αντί για φως)

4.1.2. Λαμπτήρες LED

Οι σύγχρονες λύσεις φωτισμού LED προχωρούν γρήγορα και μπορούν να προσφέρουν σημαντικές δυνατότητες εξοικονόμησης ενέργειας. Η αυξανόμενη αποτελεσματικότητα, ο βελτιστοποιημένος σχεδιασμός του φωτιστικού και ο ευέλικτος έλεγχος φωτισμού επιτρέπουν βελτιωμένη απόδοση με χαμηλότερο κόστος για διαφορετικές συνθήκες φωτισμού και κυκλοφορίας. Ενώ η εφαρμογή LED στην αγορά φωτισμού εξωτερικού χώρου προχωρά, δεν έχει ακόμη επιτευχθεί ευρεία διείσδυση στην αγορά. Επιπλέον, υπάρχει ακόμη μεγάλο δυναμικό για τη βελτίωση των τοπικών και εθνικών πολιτικών που υποστηρίζουν την εφαρμογή συστημάτων φωτισμού LED. Η πρωτοβουλία PremiumLight-Pro υποστηρίζει την ανάπτυξη τέτοιων πολιτικών με [40]:

- την ανάπτυξη πράσινων κατευθυντήριων γραμμών προμηθειών και σχεδιασμού τόσο για τις εγκαταστάσεις LED του ιδιωτικού όσο και του δημόσιου τομέα υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένου φωτισμού εξωτερικού και εσωτερικού χώρου.
- Παροχή υπηρεσιών εκπαίδευσης, κατάρτισης και πληροφόρησης για σχεδιαστές, αρχιτέκτονες, εγκαταστάτες και συμβούλους.
- διάδοση περιπτωσιολογικών μελετών βέλτιστων πρακτικών που εφαρμόζονται βάσει τέτοιων πολιτικών.

Οι κατευθυντήριες γραμμές που παρέχονται με αυτό το έγγραφο επικεντρώνονται στην πράσινη προμήθεια και σχεδιασμό για συστήματα οδικού φωτισμού και προορίζονται κυρίως για επαγγελματίες προμηθειών και υπεύθυνους λήψης αποφάσεων σε ομοσπονδιακό, τοπικό και δημοτικό επίπεδο που είναι υπεύθυνοι για τη θέση σε λειτουργία νέων ή ανακαινισμένων εγκαταστάσεων οδοφωτισμού. Επιπλέον, οι κατευθυντήριες γραμμές μπορεί να είναι χρήσιμες για σχεδιαστές και σχεδιαστές οδικού φωτισμού και εργολαβικές εταιρείες, καθώς και για ειδικούς και συμβούλους ενέργειας.

Η λάμψη είναι ένα δυσάρεστο οπτικό αποτέλεσμα που προκαλείται από δυσμενή κατανομή φωτεινότητας ή υψηλές αντιθέσεις, αναγκάζοντας το μάτι να προσαρμόζεται γρήγορα. Τυπικά διακρίνονται δύο τύποι εφέ λάμψης: Η λάμψη

αναπηρίας, η οποία προκαλείται από τη διασπορά του φωτός στο μάτι που μειώνει την ευαισθησία αντίθεσης, και τη λάμψη δυσφορίας, η οποία προκαλεί μια υποκειμενική αίσθηση δυσφορίας. Ενώ η ευαισθησία στην λάμψη αναπηρίας μπορεί να διαφέρει για διαφορετικά άτομα (ιδίως, οι επιπτώσεις θα αυξάνονται με την ηλικία), μπορεί να υπολογιστεί αντικειμενικά [41].

Σε ένα συγκεκριμένο φωτισμένο περιβάλλον, το ανθρώπινο μάτι θα μπορεί να ανιχνεύσει διαφορές στη φωτεινότητα μέχρι ένα συγκεκριμένο όριο. Αυτό το όριο μπορεί να συγκριθεί για μια κατάσταση στο ίδιο περιβάλλον όταν προστίθεται μια πηγή λάμψης. Συγκρίνοντας αυτά τα όρια, μπορεί να εξαχθεί η αύξηση του ορίου.

Η αντανάκλαση της δυσφορίας, από την άλλη πλευρά, είναι ένα υποκειμενικό φαινόμενο και δεν υπάρχει συναίνεση για το πώς θα πρέπει να βαθμολογηθεί - αν και η κλίμακα DeBoer 9 βαθμών (που κυμαίνεται από "1" για "αφόρητο" έως "9" για "απαράτηρητο") είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο στον τομέα του αυτοκινήτου και του δημόσιου φωτισμού. Δεδομένου ότι η αντανάκλαση με αναπηρία μειώνει την ικανότητα αντίληψης μικρών αντιθέσεων, μπορεί να βλάψει σημαντικές οπτικές εργασίες στην κυκλοφορία, όπως η ανίχνευση κρίσιμων αντικειμένων, ο έλεγχος των προβολέων και η αξιολόγηση κρίσιμων συναντήσεων, καθιστώντας τη θάμβωση πιθανό κίνδυνο για τους χρήστες του δρόμου [42].

Η αντανάκλαση που προκαλείται από τα φώτα δρόμου LED επηρεάζεται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Η αναλογία μεταξύ της φωτεινότητας από την πηγή λάμψης στο μάτι του παρατηρητή και της φωτεινότητας του φόντου.

- Η γωνία μεταξύ της πηγής λάμψης και της οπτικής γωνίας του παρατηρητή. Οι πηγές φωτός LED μπορούν να παρέχουν πολύ υψηλά επίπεδα φωτεινότητας που μπορεί να προκαλέσουν αντανάκλαση. Για το λόγο αυτό, οι λαμπτήρες LED είναι συνήθως εξοπλισμένοι με διαχυτές για να μειώσουν αυτή την ενοχή. Ο σχεδιασμός των συστημάτων οδοφωτισμού θα πρέπει να είναι τέτοιος ώστε να μην υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα επίπεδα φωτεινότητας στην πηγή φωτός και στις φωτισμένες περιοχές [43].

Επιπλέον, η συνεχής μεταβολή των επιπέδων φωτισμού μπορεί να προκαλέσει καταπόνηση των ματιών και θα πρέπει να αποφεύγεται, ιδιαίτερα σε μεγάλους

δρόμους. Τα υψηλότερα επίπεδα φωτεινότητας διευκολύνουν την προσαρμογή του ματιού στους προβολείς άλλων οχημάτων.

4.1.3. Λαμπτήρες αλογόνου

Μία σημαντική υποκατηγορία των λαμπτήρων πυράκτωσης αποτελούν οι λαμπτήρες αλογόνου. Διαθέτουν παρόμοια αρχή λειτουργίας με τους υπόλοιπους λαμπτήρες, με την αλλαγή ότι στο αέριο πλήρωσης τους περιέχεται και κάποιο αλογόνο, όπως ιώδιο ή βρώμιο. Οι λαμπτήρες αυτοί έχουν ένα νήμα βολφραμίου, ακριβώς όπως και οι παραδοσιακοί λαμπτήρες πυρακτώσεως. Όταν η ηλεκτρική ενέργεια ρέει μέσα από το νήμα, θερμαίνεται και παράγει φως. Η χρήση του αλογόνου συμβάλλει σημαντικά στη μερική αποκατάσταση του νήματος από την εξάχνωση, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο το χρόνο ζωής του λαμπτήρα. Επίσης, παράγουν ένα φωτεινό, λευκό και έντονο φως που είναι παρόμοιο σε θερμοκρασία χρώματος με το φυσικό φως της ημέρας. Σε αντίθεση με τους τυποποιημένους λαμπτήρες πυρακτώσεως, διατηρούν σταθερή θερμοκρασία χρώματος καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους. Δεν εμφανίζουν το κιτρινωπό αποτέλεσμα καθώς γερνούν. Αυτό τα καθιστά κατάλληλα για διάφορες εφαρμογές όπου απαιτείται φωτισμός υψηλής ποιότητας. Έχουν υψηλή θερμοκρασία χρώματος, συνήθως γύρω στα 3.000 με 3.200 βαθμούς, γεγονός που τα καθιστά κατάλληλα για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένου του φωτισμού εργασιών και του φωτισμού έμφασης.



Εικόνα 4 : Λαμπτήρες αλογόνου

Η ουσία των συγκεκριμένων λαμπτήρων, δηλαδή το αλογόνο, χάρις της υψηλής θερμοκρασίας που υφίσταται, προκαλεί την εξάτμιση ενός μέρους του βολφραμίου και την διατήρηση της αέριας κατάστασής του. Τα μόρια που έχουν αντιδράσει κυκλοφορούν ελεύθερα και όταν πλησιάζουν το πυρακτωμένο νήμα διασπώνται και επικάθονται σχεδόν στην αρχική τους θέση. Η θέση αυτή συνήθως είναι τυχαία και έτσι επιταχύνεται η γήρανσή του. Αυτό το γεγονός, όμως, έχει ως αποτέλεσμα, τα τοιχώματα να μην αποκτούν μαύρο χρώμα και να μην αλλοιώνεται το μέγεθος του νήματος.

Οι λαμπτήρες αυτοί, όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, δεν είναι τόσο ενεργειακά αποδοτικές όσο οι λαμπτήρες LED, έτσι ώστε να καταναλώνουν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια και να έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερο ενεργειακό κόστος και πιο συχνές αντικαταστάσεις βολβών. Ως αποτέλεσμα, πολλές περιοχές έχουν περιορίσει σταδιακά την πώληση ορισμένων τύπων λαμπτήρων αλογόνου για να προωθήσουν περισσότερο ενεργειακά αποδοτικές εναλλακτικές λύσεις.

Ένα σημαντικό μειονέκτημα των λαμπτήρων αλογόνου είναι ότι έχουν την δυνατότητα για πολύ υψηλή θερμοκρασία. Αυτό το πρόβλημα, κατά τη χρήση, τονίζει την ανάγκη για προσεκτικό χειρισμό. Πρέπει να απέχει η άμεση επαφή με το βολβό και το γυμνό χέρι, καθώς τα έλαια που υπάρχουν στο ανθρώπινο δέρμα, μπορεί να δημιουργήσουν άνιση θέρμανση και ενδεχομένως σε πρόωρη δυσλειτουργία.

4.1.4. Λαμπτήρες νατρίου

Οι λαμπτήρες νατρίου διακρίνονται σε λαμπτήρες υψηλής και χαμηλής πίεσης.

Λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης

Οι λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσης λειτουργούν σε μεγαλύτερη πίεση από τους λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης. Περιέχουν ένα μείγμα υδραργύρου και ατμών νατρίου μαζί με ευγενή αέρια. Η παραγωγή φωτός δημιουργείται μέσω της απελευθέρωσης ατμών νατρίου όταν εφαρμόζεται ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτοί οι λαμπτήρες αποτελούνται ένα σωλήνα ο οποίος στεγάζεται μέσα σε άλλον σωλήνα. Η

κατασκευή του εσωτερικού σωλήνα διαθέτει πολυκρυσταλλική αλουμίνα, επιλεγμένη για την αντοχή του σε υψηλή θερμοκρασία νατρίου και το αυξημένο σημείο τήξης του.

Δεδομένης της περιορισμένης διαμέτρου των σωλήνων των λαμπτήρων, η ενσωμάτωση ενός ηλεκτροδίου ανάφλεξης στο εσωτερικό τους δεν είναι εφικτή, καθιστώντας απαραίτητη την παροχή ενός παλμού υψηλής συχνότητας. Η απουσία ενός ηλεκτροδίου ανάφλεξης επιτάσσει τη χρήση ενός παλμού υψηλής τάσης και συχνότητας για ιονισμό του αερίου ξένο. Μετά την ανάφλεξη, η λυχνία υποβάλλεται σε φάση θέρμανσης μέχρι να αποκτήσει μέγιστη απόδοση. Αυτή η φάση διαρκεί συνήθως για περίπου δέκα λεπτά, κατά τη διάρκεια των οποίων το χρώμα του εκπεμπόμενου φωτός υφίσταται διακυμάνσεις μέχρι να σταθεροποιηθεί. Επιπλέον, το εξωτερικό γυάλινο περίβλημα, αν και στερείται περιεχομένου, εξυπηρετεί το σκοπό της αποτροπής των αντιδράσεων μεταξύ των μεταλλικών στοιχείων του εσωτερικού σωλήνα και τη διατήρηση της θερμοκρασίας του με τη μόνωση του από το περιβάλλον.

Η αργή αύξηση της τάσης του λαμπτήρα μειώνει σημαντικά τη διάρκεια ζωής του. Το φαινόμενο αυτό προκαλείται από το μαύρισμα του γυαλιού εξαιτίας των εκπομπών του ηλεκτροδίου. Λόγω του μαυρίσματος αυτού γίνεται απορρόφηση ακτινοβολίας, η οποία θερμαίνει τα άκρα του γυάλινου περιβλήματος και έχει ως αποτέλεσμα την εξάτμιση επιπρόσθετης ποσότητας νατρίου. Συνέπεια αυτού είναι τόσο η αύξηση της πίεσης όσο και της τάσης. Επίσης η διάχυση του νατρίου από τα στεγανοποιημένα άκρα του σωλήνα και η είσοδος σκόνης και ακαθαρσιών εντός του σωλήνα, αποτελούν άλλες δύο αιτίες στις οποίες οφείλεται η αύξηση της τάσης.

Λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσης

Οι λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης έχουν τη μεγαλύτερη απόδοση από όλα τα είδη λαμπτήρων εκκένωσης αερίου. Περιέχουν ελάχιστη ποσότητα μεταλλικού νατρίου και ένα ευγενές αέριο, όπως το νέον μέσα σε ένα σωληνοειδές. Εκπέμπουν μονοχρωματικό κίτρινο φως χωρίς μεγάλη χρωματική απόδοση, το οποίο προκαλείται από την εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος που ιονίζει το νάτριο. Λόγω του

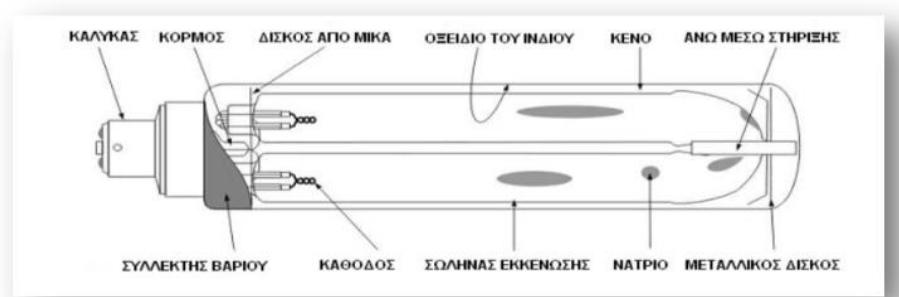
Ηλιακά Φωτιστικά σε Εφαρμογές Οδοφωτισμού

χρώματός τους αυτού χρησιμοποιούνται μόνο για τον φωτισμό αυτοκινητόδρομων, διασταυρώσεων ή σε μέρη όπου δεν ενδιαφέρει η σωστή απόδοση των χρωμάτων.

Ο λαμπτήρας περιλαμβάνει σωλήνα εκκένωσης με δυο άκρα, με καλά σφραγισμένα ηλεκτρόδια σε κάθε άκρο. Ο σωλήνας είναι κατασκευασμένος από ειδικό γυαλί, το οποίο είναι ανθεκτικό στο νάτριο και είναι καλυμμένος από ένα εξωτερικό περίβλημα μέσα στο οποίο υπάρχει κενό.

Η ύπαρξη μεταλλικού νατρίου στους λαμπτήρες ατμών νατρίου χαμηλής πίεσης, σημαίνει ότι το μέταλλο τείνει να στερεοποιηθεί στα ψυχρότερα σημεία του σωλήνα τα οποία βρίσκονται στην περιοχή αναδίπλωσης του. Ο έλεγχος του φαινομένου αυτού είναι απαραίτητος, καθώς είναι δυνατό το συσσωρευμένο νάτριο στα ψυχρά σημεία να οδηγήσει σε σχηματισμό τμημάτων τόξου νέου και αργού λόγω του γεγονότος ότι δεν θα υπάρχει επαρκές ατμοποιημένο νάτριο.

Ο χρόνος ζωής των λαμπτήρων νατρίου χαμηλής πίεσης είναι περίπου 24.000 ώρες, με μία μικρή απόκλιση η τιμή της οποίας έχει να κάνει με τον κατασκευαστή.



Εικόνα 5: Κατασκευαστικά χαρακτηριστικά λαμπτήρα νατρίου χαμηλής πίεσης

Χαρακτηριστικά	Τύποι Λαμπτήρων			
	Πυρακτώσεως	Νατρίου	LED	Αλογόνου
Ενεργειακή Απόδοση	5-10%	30%	90%	30%
Ενεργειακή Κατανάλωση	Πολύ υψηλή	Υψηλή	Χαμηλή	Υψηλή
Φωτεινή Απόδοση	12 lm/W	50 - 90 lm/W	65 – 160 lm/W	15-20 lm/W
Μέση Διάρκεια Ζωής	1000 - 2000 h	≤ 24000 h	50000 h	2000 – 4000 h
Μέγιστη Εκπεμπόμενη ακτινοβολία	1000-1500 nm	568 nm	Ρυθμιζόμενη	Ρυθμιζόμενη
Μεταφορά θερμότητας μέσω ακτινοβολίας	90%	90%	5%	90%
Αναλαμπή	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι
UV Ακτινοβολία	Ναι	Ναι	Κατ' επιλογήν	Ναι
Περιεκτικότητα σε μόλυβδο	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι
Περιεκτικότητα σε υδράργυρο	Όχι	Ναι	Όχι	Όχι
Κόστος συντήρησης	Υψηλό	Υψηλό	Χαμηλό	Υψηλό
Κόστος εγκατάστασης	Χαμηλό	Χαμηλό	Υψηλό	Χαμηλό

4.2. Φωτιστικά

Για τη διάκριση των όρων «φωτιστικά», «λάμπες» και «πηγές φωτός» γίνεται αναφορά στους ορισμούς που παρέχονται στους πρόσφατους κανονισμούς ΕΕ 874/2012 (ενεργειακή επισήμανση ηλεκτρικών λαμπτήρων και φωτιστικών σωμάτων)

και 1194/2012 (οικολογικός σχεδιασμός απαιτήσεις για λαμπτήρες κατεύθυνσης, LED και σχετικό εξοπλισμό):

- «Φωτιστικό» σημαίνει μια συσκευή που διανέμει, φιλτράρει ή μετασχηματίζει το φως που μεταδίδεται από έναν ή περισσότερους λαμπτήρες και περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα μέρη για τη στήριξη, τη στερέωση και την προστασία των λαμπτήρων και, όπου απαραίτητα, βοηθητικά κυκλώματα μαζί με τα μέσα για τη σύνδεσή τους στην ηλεκτρική παροχή.

- Ως "Λαμπτήρας" ορίζεται μια μονάδα της οποίας η απόδοση μπορεί να αξιολογηθεί ανεξάρτητα και εξαρτάται τόσο από μία όσο και από περισσότερες πηγές φωτός. Μπορεί να περιλαμβάνει πρόσθετα εξαρτήματα απαραίτητα για την εκκίνηση, την παροχή ρεύματος ή τη σταθερή λειτουργία της μονάδας ή για τη διανομή, το φιλτράρισμα ή τον μετασχηματισμό της οπτικής ακτινοβολίας, σε περιπτώσεις που αυτά τα εξαρτήματα δεν μπορούν να αφαιρεθούν χωρίς να καταστραφεί μόνιμα η μονάδα.

- Ο όρος «πηγή φωτός» σημαίνει επιφάνεια ή αντικείμενο σχεδιασμένο να εκπέμπει κυρίως ορατή οπτική ακτινοβολία που παράγεται από μετασχηματισμό ενέργειας. Η έκφραση «ορατός» αναφέρεται σε ένα εύρος μήκους κύματος 380–780 nm. Στο πλαίσιο αυτό, ένα «φωτιστικό σώμα» μπορεί να περιέχει έναν ή περισσότερους «λαμπτήρες», ενώ ένας «φανός» είναι δυνατόν να αποτελείται από μία ή και περισσότερες «πηγές φωτός».

Το φωτιστικό είναι η πλήρης συσκευή φωτισμού που αποτελείται από το περίβλημα καθώς και όλο τον εξοπλισμό που απαιτείται τόσο για την τοποθέτηση όσο και τη λειτουργία, συμπεριλαμβανομένων των λαμπτήρων, των εξαρτημάτων ελέγχου, του μηχανισμού ελέγχου, της καλωδίωσης κ.λπ. Οι πηγές φωτός LED συνήθως τοποθετούνται σε ειδικά σχεδιασμένα επίπεδα φωτιστικά που κάνουν βέλτιστη χρήση των οπτικών ιδιοτήτων τους. Άλλοι τύποι φωτιστικών LED που έχουν σχεδιαστεί σύμφωνα με κλασικά φωτιστικά σώματα προορίζονται γενικά ως αντικαταστάτες κλασικών φωτιστικών χωρίς LED.

Αυτά τα σχέδια συνήθως δεν χρησιμοποιούν βελτιστοποιημένα οπτικά συστήματα και συστήματα απαγωγής θερμότητας που είναι διαθέσιμα για τεχνολογία LED. Ωστόσο, η εφαρμογή τους μπορεί να εξακολουθεί να είναι κατάλληλη για τοποθεσίες όπου δεν είναι δυνατή η πλήρης ανακαίνιση του συστήματος φωτισμού. Το

πρότυπο δοκιμής για τα φωτιστικά που χρησιμοποιούνται από τους κατασκευαστές είναι το IEC 60598-2-3, το οποίο παρέχει γενικές συστάσεις για τα φωτιστικά και την κάλυψή τους. Τα φωτιστικά πρέπει να είναι ανθεκτικά στη διάβρωση ή να προστατεύονται από τη διάβρωση με κατάλληλα φινιρίσματα.

Τα φωτιστικά περιέχουν οπτικά στοιχεία όπως ανακλαστήρες, διαθλαστές και φακούς που δημιουργούν την επιθυμητή κατανομή φωτός και διασφαλίζουν τον έλεγχο της αντανάκλασης και τον περιορισμό της φωτορύπανσης. Οι ανακλαστήρες χρησιμοποιούνται για να ανακατευθύνουν την έξοδο φωτός. Οι ανακλαστήρες καθρέφτες δημιουργούν πολλαπλές εικόνες της πηγής φωτός, υποστηρίζοντας έτσι ένα σχετικά ομοιόμορφο σχέδιο φωτεινότητας στη φωτισμένη επιφάνεια.

Επιπλέον, οι ανακλαστήρες υποστηρίζουν την ελαχιστοποίηση της φωτορύπανσης και της αντανάκλασης. Οι διαθλαστές ή οι πρισματικοί φακοί ανακατευθύνουν το φως από τη λάμπα και τον ανακλαστήρα και παρέχουν πρόσθετη προστασία από ζημιές. Χρησιμοποιούνται πιο συχνά σε φωτιστικά με κεφαλή κόμπρα. Οι φακοί επιτρέπουν περαιτέρω κατευθυντικό έλεγχο του φωτός και τοποθετούνται απευθείας σε LED. Παρόμοια με τα άλλα εξαρτήματα που αναφέρθηκαν υποστηρίζουν την ανακατεύθυνση του φωτός, τη μείωση της αντανάκλασης και την προστασία εισόδου.

Στα σύγχρονα φωτιστικά LED μπορούν να τοποθετηθούν προηγμένοι διαθλαστές τύπου φακού σε κάθε μεμονωμένο LED, γεγονός που καθιστά δυνατή την τροποποίηση της κατανομής του φωτός με εναλλαγή ή μείωση της φωτεινότητας των LED με διαφορετικούς φακούς. Αυτό επιτρέπει μεγαλύτερη ευελιξία στην προσαρμογή της κατανομής φωτός στην απόσταση των φωτιστικών, το πλάτος του δρόμου, τις ιδιότητες ανάκλασης της επιφάνειας του δρόμου και τις μεταβαλλόμενες καιρικές συνθήκες.

Η Τεχνική Έκθεση CIE 115:2010 εισήγαγε κατηγορίες φωτεινής έντασης για φωτιστικά, οι οποίες ορίζουν κριτήρια για τις μέγιστες τιμές έντασης φωτεινότητας για διαφορετικές γωνίες ανύψωσης. Η ταξινόμηση περιλαμβάνει τα επίπεδα G1 έως G6, που αντιπροσωπεύουν ολοένα και πιο αυστηρά κριτήρια για υψηλότερες γωνίες (και επομένως μείωση της φωτορύπανσης και της λάμψης). Τα εξαρτήματα ενός φωτιστικού πρέπει να είναι αρθρωτά ώστε να επιτρέπεται η αντικατάσταση σε περίπτωση βλάβης ή αναβάθμισης από ένα πανομοιότυπο ή συμβατό εξάρτημα, αποφεύγοντας έτσι την

αντικατάσταση του φωτιστικού στο σύνολό του. Όπως εξηγήθηκε στην προηγούμενη ενότητα, η απαγωγή θερμότητας είναι ιδιαίτερα σημαντική για τα φωτιστικά LED. Εκτός από την εξασφάλιση καλής αγωγιμότητας θερμότητας μεταξύ του λαμπτήρα και του φωτιστικού, τα ακόλουθα χαρακτηριστικά του φωτιστικού βελτιώνουν την απαγωγή θερμότητας:

- Ο όγκος του φωτιστικού: όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση, τόσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία μέσα στο φωτιστικό.
- Οι ιδιότητες αγωγιμότητας της θερμότητας του περιβλήματος του φωτιστικού, που καθορίζουν πόσο γρήγορα μεταφέρεται η θερμότητα στον περιβάλλοντα αέρα: Τα περισσότερα μέταλλα παρέχουν κατάλληλα χαρακτηριστικά απαγωγής θερμότητας, ενώ τα πλαστικά είναι θερμομονωτές και επομένως γενικά ακατάλληλα για φωτιστικά LED.
- Πτερύγια ψύξης: είναι ικανά να εφαρμοσθούν για τη βέλτιστη μεταφορά θερμότητας στο περιβάλλον, καθώς αυξάνουν την επιφάνεια του φωτιστικού.

Τα φωτιστικά γενικά βαθμολογούνται με βάση τη μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος T_a κάτω από την οποία μπορούν να λειτουργήσουν με ασφάλεια. Εάν δεν δίνεται τιμή T_a , προορίζονται για μέγιστη θερμοκρασία περιβάλλοντος 25°C .

Κάθε προϊόν που διατίθεται στην αγορά εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης οφείλει να είναι συμβατό με τις απαραίτητες κατευθύνσεις της ΕΕ. Με τη σήμανση CE, μια εταιρεία επιβεβαιώνει νομικά δεσμευτικά τη συμμόρφωση του αντίστοιχου προϊόντος με τους σχετικούς κανονισμούς. Από το 1997, ένα σήμα CE πρέπει να τοποθετείται σε όλα τα προϊόντα που διακινούνται στην Ευρώπη και τα οποία επηρεάζονται από τις οδηγίες για τη σήμανση CE. Το σήμα CE (Communautés Européennes, Ευρωπαϊκή Κοινότητα) δεν είναι δοκιμαστικό σήμα όπως το ENEC ή άλλα εθνικά σήματα ποιότητας, αλλά σήμανση συμμόρφωσης. Πρέπει να τονιστεί ότι το σύμβολο CE δεν εκδίδεται από ινστιτούτο δοκιμών (τρίτου μέρους), αλλά από τον ίδιο τον κατασκευαστή. Οι αρχές παρακολούθησης αναγνωρίζουν ένα προϊόν με σήμανση CE χωρίς περαιτέρω δοκιμές ως εμπορεύσιμο. Η συμμόρφωση ελέγχεται μόνο από τις αρχές εποπτείας της αγοράς στο πλαίσιο δειγματοληπτικών ελέγχων ή εάν υπάρχουν υποψίες ότι τα προϊόντα δεν συμμορφώνονται.

Για φωτιστικά οδικού φωτισμού το σήμα συμμόρφωσης CE καλύπτει την ακόλουθη νομοθεσία

- Οδηγία 2014/35/ΕΕ για την εναρμόνιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με τη διάθεση στην αγορά ηλεκτρικού εξοπλισμού σχεδιασμένου για χρήση εντός ορισμένων ορίων τάσης (οδηγία χαμηλής τάσης)
- Οδηγία 2014/30/ΕΕ για την εναρμόνιση των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με την ηλεκτρομαγνητική συμβατότητα (αναδιατύπωση).

Οι πόλοι πρέπει να αντιστοιχούν στο πρότυπο EN 12767 («Παθητική Ασφάλεια Κατασκευών Υποστήριξης για Οδικό Εξοπλισμό»), το οποίο καθορίζει κριτήρια για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου για τους επιβάτες του οχήματος σε περίπτωση σύγκρουσης. Σύμφωνα με το πρότυπο, οι δομές υποστήριξης του οδικού εξοπλισμού ταξινομούνται σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες παθητικής ασφάλειας:

- Υψηλή απορρόφηση ενέργειας (HE)
- Χαμηλή απορρόφηση ενέργειας (LE)
- Μη απορρόφηση ενέργειας (NE)

Οι δομές στήριξης που απορροφούν ενέργεια θα επιβραδύνουν σημαντικά το όχημα κατά τη διάρκεια μιας σύγκρουσης και θα μειώσουν τον κίνδυνο δευτερογενών συγκρούσεων. Οι δομές που δεν απορροφούν ενέργεια θα επιτρέψουν στο όχημα να συνεχίσει με μικρές μόνο μειώσεις στην ταχύτητα, γεγονός που μειώνει τον κίνδυνο για τους επιβαίνοντες από την αρχική σύγκρουση αλλά αυξάνει τον κίνδυνο δευτερογενών συγκρούσεων – μεταξύ άλλων με άλλους συμμετέχοντες στην κυκλοφορία.

Ο τύπος του στύλου που επιλέγεται για ένα συγκεκριμένο τμήμα του δρόμου μπορεί να επιλεγεί από τα αρμόδια επίπεδα διοίκησης με βάση τη δική τους αξιολόγηση των τοπικών τους αναγκών. Για παράδειγμα, οι στύλοι HE μπορούν να εγκατασταθούν σε αστικές περιοχές προκειμένου να μειωθεί ο δευτερεύων κίνδυνος για άλλους συμμετέχοντες στην κυκλοφορία. Για τις δομές στήριξης καθορίζονται τέσσερα επίπεδα ασφάλειας των επιβατών, με το επίπεδο 4 να αντιπροσωπεύει μη επιβλαβείς δομές στήριξης που θεωρείται ότι προκαλούν μόνο μικρές ζημιές.

Τα άλλα τρία επίπεδα καθορίζονται από δοκιμές πρόσκρουσης χρησιμοποιώντας ελαφριά επιβατικά αυτοκίνητα με ταχύτητες 35, 50, 70 και 100 km/h. Τα δεδομένα της δοκιμής χρησιμοποιούνται για να εξαχθούν οι μετρήσεις της βαρύτητας κρούσης επιτάχυνσης (ASI) και της θεωρητικής ταχύτητας κρούσης κεφαλής (THIV), οι οποίες περιγράφουν τον κίνδυνο για τους επιβάτες [TRB]. Με τους σταθερούς ελαφρούς ιστούς, προβλέπεται διάρκεια ζωής αρκετών δεκαετιών. Οι ελαφροί ιστοί από χάλυβα είναι σήμερα γαλβανισμένοι.

Στο παρελθόν προστατεύονταν από τη διάβρωση με προστασία από τη σκουριά. Οι εκδόσεις από ανοξείδωτο χάλυβα χρησιμοποιούνται μόνο σε αντιπροσωπευτικές περιοχές. Οι ηλεκτρικές ή άλλες εγκαταστάσεις συντηρούνται και ανταλλάσσονται πολύ πιο συχνά από τον ίδιο τον ιστό. Οι περιβαλλοντικές επιρροές όπως ο ήλιος, η συνηθισμένη βροχή και ο άνεμος είναι μάλλον άκριτες για τα εξαρτήματα. Ωστόσο, οι μεγάλες καταιγίδες, το χιόνι που εκκρεμεί ή ακόμα και οι κουρτίνες πάγου μπορεί να αποτελέσουν απειλή για τους πόλους. Η διάταξη των ιστών καθώς και το ύψος τους είναι τεχνικές αποφάσεις.

Η απόφαση αυτή βασίζεται στη γεωμετρία του δρόμου, τα χαρακτηριστικά του συστήματος, τις εδαφικές συνθήκες του δρόμου, τα φυσικά χαρακτηριστικά του ιστού, τις περιβαλλοντικές απαιτήσεις, τον διαθέσιμο χώρο για συντήρηση, τον διαθέσιμο προϋπολογισμό, τους στόχους αισθητικής και φωτισμού. Οι πιο συνηθισμένες ρυθμίσεις φαίνονται παρακάτω.

Η διάταξη του λαμπτήρα που επιλέγεται καθορίζει το ελάχιστο ύψος τοποθέτησης του φωτιστικού ως συντελεστή του πραγματικού πλάτους του δρόμου (όπως μετράται από την οριζόντια θέση του φωτιστικού έως την μακρινή πλευρά του δρόμου).

- Σε μονόπλευρες διατάξεις, το πραγματικό πλάτος του δρόμου μπορεί να είναι ίσο με το ύψος τοποθέτησης του φωτιστικού. Επιπλέον, σε αντίθεση με τις άλλες ρυθμίσεις, η φωτεινότητα του οδοστρώματος δεν θα είναι ίδια και στις δύο λωρίδες του δρόμου.
- Σε κλιμακωτές διατάξεις, το πραγματικό πλάτος του δρόμου μπορεί να είναι έως και 1,5 φορές το ύψος τοποθέτησης του φωτιστικού. Η διαμήκης ομοιομορφία φωτεινότητάς τους είναι γενικά χαμηλή και δημιουργεί ένα εναλλασσόμενο σχέδιο φωτεινών και σκούρων μπαλωμάτων. Ωστόσο, όταν

ο καιρός είναι υγρός, καλύπτουν όλο το δρόμο καλύτερα από τις μονόπλευρες ρυθμίσεις.

- Σε αντίθετες διατάξεις, το πραγματικό πλάτος του δρόμου μπορεί να είναι περίπου 2 έως 2,5 φορές το ύψος τοποθέτησης του φωτιστικού. Εάν η διάταξη χρησιμοποιείται για διπλό οδόστρωμα με κεντρική ρεζέρβα ίση με τουλάχιστον το ένα τρίτο του οδοστρώματος ή εάν η κεντρική ρεζέρβα περιλαμβάνει άλλα σημαντικά οπτικά εμπόδια (όπως δέντρα ή οθόνες), γίνεται ουσιαστικά δύο μονόπλευρες διατάξεις και πρέπει να αντιμετωπίζονται ως τέτοια.
- Σε κεντρικές διαρρυθμίσεις, τα φωτιστικά κρέμονται από τα λεγόμενα καλώδια ανοιγμάτων που είναι αρμενισμένα κατά μήκος του δρόμου, συνήθως μεταξύ κτιρίων. Το πραγματικό πλάτος του δρόμου μπορεί να είναι έως και δύο φορές το ύψος τοποθέτησης του φωτιστικού.
- Σε διπλές κεντρικές διατάξεις – όπου δύο φωτιστικά είναι τοποθετημένα στο κέντρο, πλάτη με πλάτη – το πραγματικό πλάτος του δρόμου μπορεί να είναι ίσο με το ύψος τοποθέτησης των φωτιστικών. Με την προϋπόθεση ότι η κεντρική ρεζέρβα δεν είναι πολύ μεγάλη, και τα δύο φωτιστικά σώματα μπορούν να συμβάλλουν στη φωτεινότητα της επιφάνειας του δρόμου σε κάθε λωρίδα κυκλοφορίας, καθιστώντας αυτή τη διάταξη γενικά πιο αποτελεσματική από τις αντίθετες διατάξεις.

Ωστόσο, οι αντίθετες διατάξεις μπορεί να παρέχουν ελαφρώς καλύτερο φωτισμό υπό υγρές συνθήκες. Η απόφαση για τις ακριβείς θέσεις του πόλου και το ύψος τοποθέτησης του φωτιστικού αποτελεί μέρος της διαδικασίας σχεδιασμού και συνήθως γίνεται με εξειδικευμένο λογισμικό. Ο στόχος δεν είναι μόνο να διατηρηθεί μια ελάχιστη φωτεινότητα, αλλά και μια ελάχιστη ομοιομορφία φωτεινότητας, η οποία εξαρτάται από τις κατανομές φωτεινής έντασης των φωτιστικών στην εγκατάσταση οδοφωτισμού.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ενώ πολλά προϊόντα LED σχεδιάζονται ως αντικατάσταση των υπαρχόντων φωτιστικών σωμάτων (χρησιμοποιώντας έτσι τους υπάρχοντες πόλους), αυτό συχνά δεν εκμεταλλεύεται πλήρως τα σύγχρονα σχέδια φωτιστικών LED που είναι ικανά για πολύ πιο ομοιόμορφες κατανομές φωτεινής έντασης από ό,τι συγκρίσιμο Φωτιστικά HPS ή MH.

4.3. Συστήματα ελέγχου οδικού φωτισμού

Ο ενεργός έλεγχος των συστημάτων οδικού φωτισμού επιτρέπει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά η πιθανή εξοικονόμηση πρέπει να σταθμίζεται έναντι της πρόσθετης πολυπλοκότητας και του κόστους. Με βάση τον τύπο διαχείρισης, υπάρχουν τρεις τύποι συστημάτων ελέγχου φωτισμού: Αυτόνομος έλεγχος, κεντρικός έλεγχος και δυναμικός έλεγχος.

- Αυτόνομος έλεγχος

Με αυτόνομο έλεγχο φωτισμού δρόμου, τα φωτιστικά είναι προγραμματισμένα (συνήθως από τον κατασκευαστή) με καθορισμένες χρονικές περιόδους λειτουργίας. Αυτή είναι μακράν η απλούστερη και φθηνότερη λύση, καθώς δεν απαιτεί περαιτέρω έλεγχο και συστήματα δικτύου. Ωστόσο, επειδή ο προγραμματισμός είναι συνήθως περιορισμένος, συχνά δεν υπάρχει τρόπος προσαρμογής του ελέγχου για τα Σαββατοκύριακα και τις αργίες. Επιπλέον, οι εσωτερικοί χρονομετρητές μπορεί να μην είναι ακριβείς και οποιαδήποτε αναβάθμιση του συστήματος απαιτεί αλλαγές σε κάθε στύλο λαμπτήρα. Εναλλακτικά, οι αισθητήρες μπορεί να ανιχνεύσουν το φως του περιβάλλοντος σε κάθε θέση φωτός και να αποφασίσουν εάν θα ενεργοποιηθούν οι λάμπες. Ωστόσο, αυτό προκαλεί πρόσθετα έξοδα.

- Κεντρικός έλεγχος

Στον κεντρικό έλεγχο οδικού φωτισμού, ένα κεντρικό σύστημα στέλνει το σήμα ελέγχου σε όλα τα φωτιστικά μέσα σε μια ομάδα (συνήθως από ένα σήμα που αποστέλλεται μέσω της γραμμής ισχύος). Αυτή η ρύθμιση είναι σχετικά απλή και φθηνή στην εφαρμογή, αλλά επιτρέπει κάποια ευελιξία στην προσαρμογή του φωτισμού στις μεταβαλλόμενες ανάγκες. Για παράδειγμα, ένας κεντρικός αισθητήρας φωτός θα μπορούσε να καθορίσει πότε θα ανάψουν όλα τα φώτα μιας δεδομένης ομάδας, κάτι που για παράδειγμα (σε αντίθεση με τη διαχείριση που βασίζεται αποκλειστικά στον χρόνο) επιτρέπει την προσαρμογή στις τοπικές καιρικές συνθήκες. Τέτοιοι αισθητήρες θα πρέπει να καθαρίζονται σε τακτική βάση για να διασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία τους.

Άλλες επιλογές περιλαμβάνουν τη μείωση της φωτεινότητας βάσει χρόνου, η οποία μειώνει ή σβήνει το φως ορισμένων λαμπτήρων σε συγκεκριμένες ώρες και περιοχές (π.χ. αργά τη νύχτα όταν ο αναμενόμενος όγκος κυκλοφορίας είναι χαμηλός). Ενώ η μείωση του ενεργειακού κόστους και της φωτορύπανσης μπορεί να είναι σημαντική, αυτό μπορεί να θέσει τους συμμετέχοντες στην κυκλοφορία σε αυξημένο κίνδυνο εάν η ικανότητά τους να πλοηγούνται σε εμπόδια είναι μειωμένη.

Επομένως, συγκεκριμένες εφαρμογές πρέπει να αξιολογούνται προσεκτικά. Επιπλέον, η ροή πληροφοριών είναι προς μία μόνο κατεύθυνση. Ενώ ο κεντρικός κόμβος μπορεί να καθορίσει την κατάσταση των ομάδων λαμπτήρων, δεν λαμβάνει πληροφορίες σχετικά με την ατομική τους κατάσταση ή άλλες τοπικές συνθήκες. Τόσο τα κεντρικά όσο και τα δυναμικά συστήματα ελέγχου απαιτούν την εφαρμογή συστημάτων ΤΠΕ (Τεχνολογία Πληροφοριών και Επικοινωνιών) διαφορετικού βαθμού πολυπλοκότητας.

Ενώ παρέχουν πρόσθετες επιλογές για εξοικονόμηση ενέργειας, απαιτούν επίσης πρόσθετους πόρους και τεχνογνωσία για την υλοποίηση και τη συντήρηση. Η προστιθέμενη πολυπλοκότητα αυξάνει τους κινδύνους αστοχιών του συστήματος. Έτσι, οι προμηθευτές και οι σχεδιαστές θα πρέπει να εξετάσουν εάν υπάρχει εμπειρογνωμοσύνη και υποστήριξη μετά την εφαρμογή, ακόμη και σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα.

- Δυναμικός έλεγχος

Με τη δυναμική διαχείριση του οδοφωτισμού, είναι δυνατός ο μέγιστος βαθμός ελέγχου. Όχι μόνο οι λαμπτήρες μπορούν να ελέγχονται είτε σε ομάδες είτε σε ατομική βάση, αλλά ο κεντρικός διακομιστής ελέγχου μπορεί επίσης να συλλέξει πληροφορίες για την κατάστασή τους ανάλογα με τις εγκατεστημένες επιλογές (π.χ. βλάβες, κατανάλωση ενέργειας, θερμοκρασία λειτουργίας ή περιβάλλοντος, φως περιβάλλοντος, κίνηση, και την παρουσία πεζών).

Οι αλλαγές στον προγραμματισμό μπορούν επίσης να γίνουν στον κεντρικό διακομιστή ελέγχου αντί να απαιτούνται αλλαγές στο φυσικό υλικό. Ωστόσο, όπως περιγράφεται παραπάνω, αυτή η πρόσθετη ευελιξία συνοδεύεται από σημαντική πρόσθετη πολυπλοκότητα και, επομένως, πρόσθετο κόστος. Το λογισμικό ελέγχου πρέπει να υλοποιηθεί και να συντηρηθεί και οι τοπικοί χειριστές που είναι υπεύθυνοι για το σύστημα πρέπει να εκπαιδευτούν στη χρήση του.

Επιπλέον, η πρόσθετη πολυπλοκότητα αυξάνει τον κίνδυνο αποτυχιών προγραμματισμού. Οι λαμπτήρες θα πρέπει να είναι εγκατεστημένοι με συστήματα ασφαλείας που να εγγυώνται βασική ασφάλεια κυκλοφορίας τη νύχτα, ακόμη και όταν δεν λαμβάνετε καμία ή εσφαλμένες εντολές από το σύστημα ελέγχου. Τα τελευταία τεχνολογίας έξυπνα συστήματα διαχείρισης ελέγχονται γενικά από ένα κεντρικό κέντρο εντολών, το οποίο είναι συχνά ένας διακομιστής που διατηρείται στα γραφεία των τοπικών αρχών.

Αυτός ο διακομιστής παρακολουθεί μεγάλο αριθμό λαμπτήρων και στέλνει εντολές που καθορίζουν την κατάσταση των μεμονωμένων λαμπτήρων. Οι εντολές δεν λαμβάνονται απευθείας από τα συστήματα ελέγχου λαμπτήρων, αλλά πρώτα περνούν από συγκεντρωτές οι οποίοι στη συνέχεια μεταδίδουν τα μηνύματα σε τοπικά δίκτυα που αποτελούνται από περιορισμένο αριθμό λαμπτήρων και τους ενεργοποιητές ελέγχου.

Απαιτούνται δύο τεχνολογικές έννοιες για να αποφασιστεί η αρχιτεκτονική του συστήματος ελέγχου – η τεχνολογία επικοινωνίας (πώς μεταδίδονται οι πληροφορίες) και το πρωτόκολλο επικοινωνίας (πώς κωδικοποιούνται οι πληροφορίες). Υπάρχουν δύο επίπεδα επικοινωνίας σε ένα σύστημα οδικού φωτισμού που πρέπει να γεφυρωθούν με την τεχνολογία επικοινωνίας:

Κέντρο εντολών στους συγκεντρωτές και συγκεντρωτές σε μεμονωμένους λαμπτήρες. Μπορούν είτε να μεταδώσουν πληροφορίες μέσω καλωδίου είτε ως ασύρματα σήματα, και και οι δύο επιλογές έχουν επιπτώσεις στα πρωτόκολλα επικοινωνίας που είναι διαθέσιμα. Η καλωδιακή επικοινωνία μεταξύ του κέντρου εντολών και των συγκεντρωτών χρησιμοποιεί γενικά τυπικά πρωτόκολλα επικοινωνίας Ethernet, τα οποία είναι μια καθιερωμένη τεχνολογία.

Ενώ τα καλώδια Ethernet είναι θεωρητικά δυνατά μεταξύ των συγκεντρωτών και των λαμπτήρων, αυτό θα απαιτούσε πρόσθετη καλωδίωση και συνεπώς πρόσθετο κόστος. Αντίθετα, τα καλωδιακά τοπικά δίκτυα για τον φωτισμό του δρόμου χρησιμοποιούν γενικά επικοινωνίες γραμμών ισχύος (PLC), οι οποίες διαμορφώνουν τα σήματα της γραμμής ισχύος τους προκειμένου να ανταλλάσσουν πληροφορίες.

Η ασύρματη επικοινωνία μεταξύ του κέντρου εντολών και των συγκεντρωτών απαιτεί τη γεφύρωση των συγκριτικά μεγάλων αποστάσεων μέσω ασύρματων

σημάτων. Τα κατάλληλα πρωτόκολλα περιλαμβάνουν Wi-Fi (802.11), GPRS (General Packet Radio Services) ή WiMax.

Τα ασύρματα σήματα μεταξύ των συγκεντρωτών και των μεμονωμένων λαμπτήρων μπορούν να υλοποιηθούν ως πλέγμα, γεγονός που έχει το πλεονέκτημα ότι η έλλειψη οπτικής επαφής δεν διακόπτει τη σύνδεση μεταξύ των μεμονωμένων κόμβων. Εάν είναι απαραίτητο, η ισχύς του σήματος μπορεί να ενισχυθεί μέσω επαναλήπτες. Τα κατάλληλα πρωτόκολλα για αυτό το επίπεδο περιλαμβάνουν:

- DALI (Digital Addressable Lighting Interface): Ένα πρότυπο εγκεκριμένο από την IEC που έχει αναπτυχθεί για τον έλεγχο κυκλωμάτων έρματος που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση του εξοπλισμού φωτισμού. Ωστόσο, μπορεί να ελέγξει μόνο έως και 64 κόμβους.
- ZigBee, μια εναλλακτική λύση χαμηλού κόστους, χαμηλής κατανάλωσης και χαμηλής ταχύτητας δεδομένων για ασύρματα δίκτυα. Ωστόσο, έχει ελλείψεις όσον αφορά τις καθυστερήσεις πακέτων και μπορεί να προκαλέσει επιβράδυνση στην απόδοση του δικτύου.
- 6LoWPAN (IPv6 μέσω ασύρματων προσωπικών δικτύων χαμηλής ισχύος). Αυτό το πρότυπο δεν ορίζει ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο δρομολόγησης για ένα συγκεκριμένο σύστημα. Αυτό επιτρέπει μεγαλύτερη ευελιξία, αλλά απαιτεί πρόσθετη προσπάθεια για τον καθορισμό των πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται για μια συγκεκριμένη εγκατάσταση.

5. Διαδικασία Παραλαβής Έργου Φωτισμού

Ως πρώιμο προπαρασκευαστικό βήμα στη διαδικασία της προμήθειας, ο ανάδοχος προσδιορίζει το οδικό σύστημα για το οποίο θα σχεδιαστεί το σύστημα φωτισμού. Οι τύποι οδών καθορίζονται με βάση τα διεθνή πρότυπα (EN 13201) ή εάν είναι επιθυμητό με εθνικά/τοπικά πρότυπα. Κατά το αρχικό στάδιο της διαδικασίας είναι απαραίτητο να αξιολογηθεί και να προσδιοριστεί εάν και τι είδους χαρακτηριστικά ελέγχου φωτισμού θα πρέπει να ληφθούν υπόψη. Ενώ οι απλές επιλογές ελέγχου θα είναι επιθυμητές ως ελάχιστη λειτουργικότητα για τους περισσότερους τύπους συστημάτων φωτισμού δρόμου, οι ολοκληρωμένες λειτουργίες έξυπνου ελέγχου μπορεί να είναι κατάλληλες μόνο σε συγκεκριμένες περιπτώσεις. Θα πρέπει να καθοριστεί επαρκής λειτουργία ελέγχου φωτισμού για τον συγκεκριμένο τύπο δρόμου.

Η αξιολόγηση διαφορετικών επιλογών μπορεί να απαιτεί υποστήριξη από ανεξάρτητους συμβούλους. Τα χαρακτηριστικά έξυπνου ελέγχου πρέπει επίσης να ταιριάζουν με πτυχές ασφάλειας και ποιότητας. Πολλές τεχνικές επιλογές περιγράφονται στο κεφάλαιο 3 αυτών των οδηγιών. Διαφορετικές τεχνικές επιλογές θα αξιολογηθούν ως προς το κόστος του κύκλου ζωής.

Επιπλέον, θα πρέπει να πληρούνται οι ακόλουθες απαιτήσεις όσον αφορά τη συμβατότητα και την επικοινωνία:

Επικοινωνία

- Απαίτηση Premium Light - Pro:

Πρέπει να υπάρχει διαθέσιμο σύστημα επικοινωνίας, ικανό να επικοινωνεί με τον εξοπλισμό ελέγχου των επιμέρους φωτιστικών. Η επικοινωνία μέσω γραμμής ισχύος (PLC) αντιπροσωπεύει το ελάχιστο επίπεδο τεχνολογίας που μπορεί να ικανοποιήσει αυτό το κριτήριο, αλλά μπορεί να εφαρμοστούν πιο προηγμένα συστήματα επικοινωνίας. Ο μηχανισμός ελέγχου πρέπει να είναι προγραμματιζόμενος και να αποστέλλει ειδοποιήσεις σε περίπτωση βλάβης του εξοπλισμού.

Συμβατότητα με τη λειτουργικότητα ελέγχου Απαίτηση Premium Light-Pro: Τα φωτιστικά πρέπει να είναι συμβατά με τη ρύθμιση της φωτεινότητας και άλλα χαρακτηριστικά ελέγχου (π.χ. χρονοδιακόπτης, έλεγχος κίνησης, έλεγχος φωτός

ημέρας κ.λπ.). Προαιρετική απαίτηση: Τα φωτιστικά πρέπει να είναι εξοπλισμένα με ενσωματωμένα συστήματα ελέγχου σταθερής ροής. Αυτό διασφαλίζει ότι το φωτιστικό θα έχει σταθερή ροή ροής καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του, παρά τη σταδιακή μείωση της απόδοσης ροής από τα LED με την πάροδο του χρόνου.

Ο πλειοδότης πρέπει να προσκομίσει τεκμηρίωση για επαλήθευση, περιγράφοντας την προσέγγιση εξασθένισης και τη διεπαφή εξασθένισης. Ως συμπληρωματικά κριτήρια, είναι ωφέλιμο τα συστήματα ΤΠΕ που έχουν ενσωματωθεί για τη διαχείριση του φωτισμού να διαθέτουν ευελιξία, αρθρωτή δομή και ανοιχτή αρχιτεκτονική. Η προσαρμοστικότητα εξασφαλίζει ότι το σύστημα ελέγχου φωτισμού μπορεί να ενισχυθεί ή να επεκταθεί όπως απαιτείται, φιλοξενώντας πρόσθετες λειτουργίες πέρα από την αρχική εγκατάσταση. Η δομοστοιχειότητα απαιτεί τη συμμόρφωση με τα πρότυπα στοιχείων του συστήματος ΤΠΕ και τις διεπαφές δομικών στοιχείων, διευκολύνοντας τις προσαρμογές σε συγκεκριμένα τμήματα του συστήματος χωρίς να απαιτείται ολοκληρωμένη αναθεώρηση του συστήματος.

Κριτήρια χρήσιμα για την αξιολόγηση της δυνατότητας τροποποίησης και του ανοίγματος περιλαμβάνουν:

- Χρονοδιάγραμμα αναβαθμίσεων/ενημέρωσης
- Επεκτασιμότητα του συστήματος
- Όρια συστήματος και εγγενείς περιορισμοί
- Διεπαφές μονάδων και τυποποίηση των διεπαφών λογισμικού
- Διαλειτουργικότητα και εναλλαξιμότητα μονάδων
- Προσβασιμότητα του δικτύου, της υποδομής και των δεδομένων που μοιράζονται με το σύστημα
- Συνδεσιμότητα του συστήματος με άλλα σχετικά συστήματα, εφαρμογές και τομείς.

Η αξιολόγηση της ποιότητας των υποδομών οδικού φωτισμού είναι ζωτικής σημασίας για δύο βασικούς σκοπούς: την επικύρωση των λειτουργικών χαρακτηριστικών του εξοπλισμού και τη διασφάλιση της αριστείας της υπηρεσίας

φωτισμού που παρέχεται στους χρήστες των οδών. Στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-4 περιγράφονται αναγράφονται αναλυτικά οι προδιαγραφές για τον ποιοτικό έλεγχο.

Οι μετρήσεις φωτομετρικών μεγεθών που γίνονται σε μία εγκατάσταση οδοφωτισμού χωρίζονται σε τέσσερα στάδια:

- Μετρήσεις πριν από την παράδοση της εγκατάστασης (Τύπος 1 – T1)

Αυτό αφορά τις μετρήσεις που πραγματοποιούνται κατά την τελική φάση της εγκατάστασης και της τοποθέτησης του χώρου, ενώ το σύστημα φωτισμού οδών είναι σε λειτουργία. Οι μετρήσεις αυτές χρησιμεύουν για την επαλήθευση της συμμόρφωσης με τις σχετικές προδιαγραφές ή για τη σύγκριση με τα αναμενόμενα αποτελέσματα των μελετών φωτισμού. Οι μετρήσεις αυτές μπορεί να είναι καθοριστικές για την τελική έγκριση ενός έργου φωτισμού.

- Μετρήσεις κατά τη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης (Τύπος 2 – T2)

Πρόκειται για μετρήσεις που είναι υποχρεωτικές σε προγραμματισμένα και προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα κατά τη λειτουργία του συστήματος οδικού φωτισμού. Σκοπός είναι η αξιολόγηση της επάρκειας της εγκατάστασης και του εξοπλισμού. Με βάση τα παραπάνω εξακριβώνεται η κατάλληλη συχνότητα συντήρησης για την εγκατάσταση ή για να επαληθευτεί ότι μια υπάρχουσα εγκατάσταση πληροί τις σχετικές προδιαγραφές.

- Προσαρμοστικές μετρήσεις φωτισμού (Τύπος 3 – T3)

Αυτό αφορά τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις που εκτελούνται για την εποπτεία και την τελειοποίηση των εγκαταστάσεων οδικού φωτισμού που προορίζονται για προσαρμοστικό φωτισμό. Οι μετρήσεις αυτές χρησιμεύουν για την επικύρωση των διαφόρων επιπέδων φωτισμού που επιτυγχάνονται από το σύστημα οδικού φωτισμού, καθώς και για την εξασφάλιση της τήρησης των σχετικών προδιαγραφών και των κριτηρίων σχεδιασμού σε κάθε επίπεδο λειτουργίας.

- Μετρήσεις που γίνονται με σκοπό τη διερεύνηση αποκλίσεων (Τύπος 4 – T4)

Αναφέρεται σε μετρήσεις που πραγματοποιούνται σε περιπτώσεις διερεύνησης τυχόν αποκλίσεων των επιτευχθέντων επιπέδων φωτισμού σε σχέση με τις μελέτες φωτισμού ή τις ισχύουσες προδιαγραφές λόγω σφάλματος εξοπλισμού, τρόπου εγκατάστασης, ιδιοτήτων ασφάλτου, περιβαλλοντικούς ή άλλους παράγοντες. Οι

μετρήσεις γίνονται από εξειδικευμένα άτομα, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-4.

Η τήρηση τόσο των προσωπικών προφυλάξεων ασφαλείας όσο και των υποχρεωτικών οδικών σημάτων είναι επιτακτική για να εξασφαλιστεί η ευημερία του προσωπικού που διενεργεί τις μετρήσεις. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των φωτομετρικών, γεωμετρικών και ηλεκτρικών χαρακτηριστικών ενός συστήματος οδικού φωτισμού πρέπει να είναι ειδικά κατασκευασμένα, να διαθέτουν πιστοποιητικά βαθμονόμησης με ιχνηλάσιμες αναφορές και να περιλαμβάνουν εύρος μετρήσεων που να περιλαμβάνει όλες τις αναμενόμενες μετρήσεις πεδίου.

Οι αναφορές μετρήσεων πρέπει να είναι αναλυτικές και να καταγράφονται μεμονωμένες μετρήσεις, να υπολογίζονται οι δείκτες προστασίας των γεωμετρικών και ηλεκτρικών χαρακτηριστικών της εγκατάστασης, καιρικές συνθήκες κ.λπ. Ο ποιοτικός έλεγχος πρέπει να διενεργείται από ανεξάρτητη, σε σχέση με το έργο, εταιρεία και πραγματοποιείται σύμφωνα με το άρθρο 208 του Ν. 4412/2016, προκειμένου να αποδειχθεί ότι τα προϊόντα πληρούν τις επιδόσεις ή τις λειτουργικές απαιτήσεις που ορίζονται στη δήλωση.

Οι εκθέσεις δοκιμών (Tests Reports) πρέπει να τεκμηριώνουν τη συμμόρφωση με τις απαιτήσεις των ευρωπαϊκών οδηγιών, από διαπιστευμένο εργαστήριο, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025 ή τουλάχιστον από εργαστήριο που παρέχει ιχνηλασιμότητα των βαθμονομημένων οργάνων και συσκευών δοκιμής. Τα φωτομετρικά δεδομένα θα πρέπει να συνοδεύονται από την αντίστοιχη έκθεση μέτρησης του φωτομετρικού εργαστηρίου όπου έγινε η μέτρηση των φωτιστικών.

Τα ειδικά χαρακτηριστικά που δεν καλύπτονται από τα τυποποιημένα τεχνικά φυλλάδια των φωτιστικών σωμάτων, αλλά είναι απαραίτητα για τις απαιτήσεις του χορηγού του έργου, πρέπει να διαβιβάζονται μέσω των δηλώσεων του κατασκευαστή. Επιπλέον, για κάθε ανάλυση φωτισμού που διενεργείται, πρέπει να παρέχονται πλήρεις φωτομετρικές πληροφορίες σε ψηφιακή μορφή κατάλληλες για άμεση ενσωμάτωση στο λογισμικό φωτοτεχνικού υπολογισμού.

Οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται αφού η εγκατάσταση έχει λειτουργήσει για αρκετό χρονικό διάστημα, προκειμένου να σταθεροποιηθεί η φωτεινή ροή των φωτιστικών, μεγαλύτερη ή ίση με 1 ώρα. Για να επιβεβαιωθεί ότι τα φωτιστικά έχουν

σταθεροποιηθεί, οι μετρήσεις επαναλαμβάνονται στην ίδια περιοχή σε τακτά διαστήματα περίπου 10 λεπτών.

Το όργανο μέτρησης πρέπει να βρίσκεται στη θέση του τυπικού παρατηρητή κάθε λωρίδας, 60 m πριν την έναρξη της περιοχής μέτρησης, σε ύψος 1.5 m από το οδόστρωμα και με φορά την κατεύθυνση κίνησης. Οι συσκευές ILMD συνήθως έχουν ευρύτερο οπτικό πεδίο από την περιοχή μέτρησης και ο κατασκευαστής της συσκευής πρέπει να παρέχει ειδικό λογισμικό για την οριοθέτηση της περιοχής μέτρησης στο οδόστρωμα. Η αναφορά των μετρήσεων θα πρέπει να περιλαμβάνει την τελική μετρήσιμη περιοχή.

Σε κάθε μέτρηση πεδίου πρέπει οπωσδήποτε να καταγραφούν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των περιοχών μέτρησης, που επηρεάζουν το αποτέλεσμα του φωτισμού και είναι, τουλάχιστον, τα εξής:

- i. Πλάτος οδού
- ii. Πλάτος κάθε λωρίδας κυκλοφορίας και λωρίδας έκτακτης ανάγκης
- iii. Απόσταση ιστών στην περιοχή μέτρησης και εκατέρωθεν αυτής
- iv. Ύψος κάθε φωτιστικού στην περιοχή μέτρησης και εκατέρωθεν αυτής
- v. Απόσταση κάθε φωτιστικού από την αρχή της πλησιέστερης λωρίδας
- vi. Κλίση φωτιστικού σώματος σε σχέση με το οδόστρωμα
- vii. Τύπος κάθε φωτιστικού σώματος

Εάν είναι δυνατή η πραγματοποίηση ηλεκτρικών μετρήσεων, θα πρέπει να γίνονται σε κάθε φωτιστικό ξεχωριστά ή σε σαφώς καθορισμένο αριθμό παρόμοιων φωτιστικών συνολικά στον πίνακα τροφοδοσίας της εγκατάστασης. Τέλος, η μεταβολή της θερμοκρασίας ή της σχετικής υγρασίας πρέπει να καταγράφεται συνεχώς όσο διαρκούν οι μετρήσεις.

Ο τοπικός έλεγχος ασχολείται με συστήματα, τα οποία ελέγχουν ένα ή περισσότερα φωτιστικά σώματα, που ανήκουν σε έναν πίνακα παροχής, με περιορισμό

Ηλιακά Φωτιστικά σε Εφαρμογές Οδοφωτισμού

στον αριθμό των φωτιστικών σωμάτων. Μερικές βασικές κατηγορίες ελέγχου από την πιο απλή στην πιο σύνθετη είναι:

✓ Απλή ενεργοποίηση και απενεργοποίηση (on/off), με χρήση κατάλληλου σήματος στο κύκλωμα τροφοδοσίας, αστρονομικό διακόπτη ή φωτοκύτταρο και εφαρμόζεται σε συμβατικούς λαμπτήρες ή λαμπτήρες LED.

✓ Προγραμματισμένη μείωση της φωτεινής ροής κατά τη διάρκεια της νύχτας (βήμα μείωσης της φωτεινότητας) μέσω ενός κατάλληλου ελεγκτή φωτισμού που εφαρμόζεται σε συμβατικό φωτισμό και φωτισμό LED.

✓ Ρυθμιζόμενη η φωτεινή ροή του σώματος σε κατάσταση λειτουργίας, που εφαρμόζεται ειδικά και τις περισσότερες φορές σε LED, τα οποία περιέχουν ειδικό οδηγό λειτουργικότητας.

6. Υπάρχουσα Κατάσταση

Ο χώρος στον οποίο αναφέρεται η συγκεκριμένη μελέτη, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής του Άλσους στο Αιγάλεω. Βρίσκεται στα διοικητικά όρια του Δήμου Αιγάλεω στο Δυτικό Τομέα της Αθήνας και περιβάλλεται από τις οδούς Μήλου, Αγίου Σπυρίδωνος, Δημητσάνη και Εδέσσης. Η Πανεπιστημιούπολη περιλαμβάνει κτίρια των οποίων το συνολικό εμβαδό υπολογίζεται στα 60.000m², στα οποία στεγάζονται ορισμένα από τα τμήματα του Πανεπιστημίου και οι διοικητικές υπηρεσίες. Μέσα στην Πανεπιστημιούπολη είναι κατασκευασμένα συνολικά 16 κτίρια τα οποία φιλοξενούν όλες τις ειδικότητες. Υπάρχουν 3 είσοδοι – έξοδοι στον χώρο του Πανεπιστημίου, μια σε κάθε μεριά, μέσα σε αυτές είναι και η κεντρική πύλη. Πιο αναλυτικά, από την κεντρική πύλη στα δεξιά βρίσκεται ο μεγαλύτερος χώρος στάθμευσης, στον οποίο στα δεξιά του βρίσκονται θάμνοι και στα αριστερά του τα κτίρια. Στη συγκεκριμένη έκταση είναι τοποθετημένοι στους θάμνους οι προβολείς, με οριζόντια κλίση στο έδαφος και στις γωνίες των κτιρίων, εντοιχισμένα, τα μονά και τα διπλά φωτιστικά, με κάθετη κλίση. Ο χώρος στις 3 από τις 4 πλευρές του περιβάλλεται με χώρους στάθμευσης, στους οποίους και είναι τοποθετημένοι όλοι οι προβολείς σε οριζόντια κλίση με το έδαφος. Παρατηρήθηκε ότι με τον τρόπο που είναι εγκατεστημένα τα φωτιστικά, ενοχλούν τα διερχόμενα οχήματα, αλλά και τους απλούς πεζούς. Με την παραδοχή ότι οι περισσότεροι οδηγοί οχημάτων είναι νεαρής ηλικίας και νέοι οδηγοί (συνεπώς δεν υπάρχει σχετική εξοικείωση στο πως πρέπει να φέρεται ο οδηγός, αλλά και ο πεζός σε δρόμους διέλευσης οχημάτων) κρίνεται αναγκαίο, ο οδοφωτισμός της Πανεπιστημιούπολης να είναι άρτια σχεδιασμένος, έτσι ώστε να μην υπάρξει κάποιο ατύχημα. Στην Πανεπιστημιούπολη, επίσης, υπάρχουν σημεία τα οποία μπορούν να χαρακτηριστούν ως μικρά πάρκα, όπου εκεί είναι τοποθετημένα τα φωτιστικά τύπου φανάρια, κρυμμένα στη βλάστηση.

Ηλιακά Φωτιστικά σε Εφαρμογές Οδοφωτισμού



Εικόνα 6: Προβολείς



Εικόνα 7: Φανάρι



Εικόνα 8: Εντοιχισμένα φανάρια



Εικόνα 9 : Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Άλσος Αιγάλεω

Στον χώρο της Πανεπιστημιούπολης έγινε καταγραφή της έντασης του φωτός της υπάρχουσας κατάστασης των φωτιστικών, με σκοπό την κατανόηση της ανάγκης φωτός του χώρου και την ορθή αντικατάστασής τους.



Εικόνα 10: Σημεία μέτρησης έντασης φωτός στην Πανεπιστημιούπολη

Σημείο 1	1966 lx
Σημείο 2	1820 lx
Σημείο 3	16 lx

7. Προσομοίωση

Στα πλαίσια της εξοικονόμησης ενέργειας στον οδοφωτισμό της Πανεπιστημιούπολης του Άλσους στο Αιγάλεω, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις έντασης φωτισμού στα φωτιστικά της υπάρχουσας εγκατάστασης. Καταρχάς, σύμφωνα με τις νομοθεσίες των διεθνών προτύπων, διαπιστώθηκε ότι ο φωτισμός δεν ήταν επαρκής σε ορισμένα σημεία, ενώ σε άλλα ήταν περισσότερος από τον προτεινόμενο. Παράλληλα, παρατηρήθηκε η λάθος κατανομή και τοποθέτηση των φωτιστικών, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την όχληση των χρηστών. Κατόπιν, μετρήθηκε η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των φωτιστικών, η ένταση φωτισμού, το πλάτος του δρόμου, η απόσταση των ιστών, το ύψος και η κλίση του κάθε φωτιστικού, καθώς και ο τύπος τους.

Στον εξωτερικό χώρο της Πανεπιστημιούπολης υπάρχουν 140 φωτιστικά κατανεμημένα σε δύο κατηγορίες. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν 32 προβολείς, που ο καθένας τους περιλαμβάνει ένα λαμπτήρα αλογονιδίου χαλαζία, διπλής απόληξης και με ισχύ 150W, έχουν ύψος 1m και βρίσκονται σε οριζόντια κλίση με το έδαφος. Τα υπόλοιπα 108 φωτιστικά αποτελούν τμήμα της κατηγορίας των φαναριών. Το κάθε φανάρι αποτελείται από έναν κοινό λαμπτήρα αλογόνου με ισχύ 100W.

Ύστερα από έρευνα που έλαβε χώρα με στόχο την βελτιστοποίηση της έντασης του φωτός και κυριότερα της εξοικονόμησης ενέργειας, επιλέχθηκαν τα συγκεκριμένα ηλιακά φωτιστικά με ισχύ 7.1W για την αντικατάστασή τους.



Εικόνα 11: Ηλιακό φωτιστικό LED (Luma Gen2 Solar)

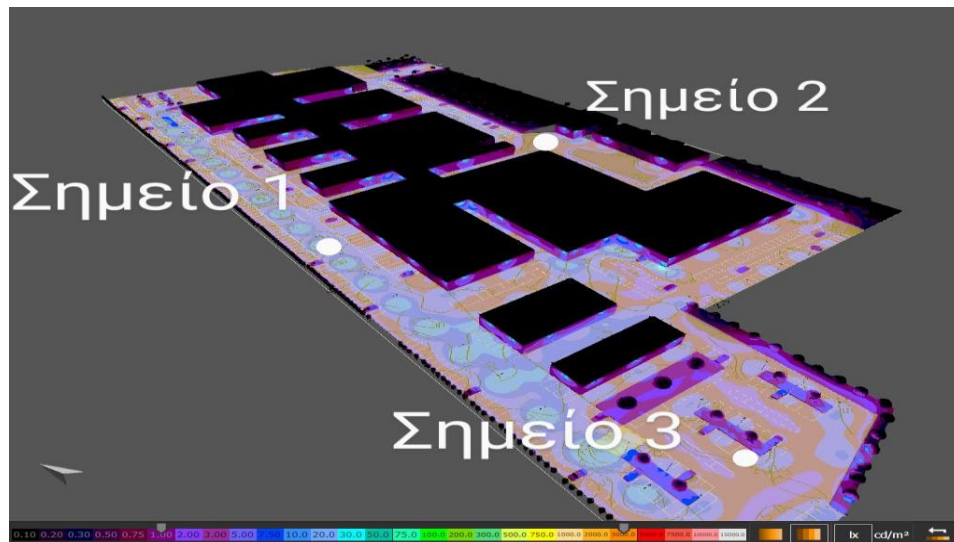
Ηλιακά Φωτιστικά σε Εφαρμογές Οδοφωτισμού

Κρίθηκε απαραίτητο να τοποθετηθούν 179 τέτοια ηλιακά φωτιστικά τα οποία θα καλύψουν τις ανάγκες των χρηστών σε κάθε σημείο της Πανεπιστημιούπολης. Στην θέση των 32 προβολέων θα εγκατασταθούν 20 διπλά ηλιακά φωτιστικά, συγκεκριμένα στο διάζωμα ανάμεσα στις δύο λωρίδες του χώρου στάθμευσης, στο ύψος των 6 μέτρων. Όσον αφορά τα υπόλοιπα φωτιστικά, δεν άλλαξε η θέση τους, όμως θα αντικατασταθούν με 98 εντοιχισμένα και 41 μονά, με τα νέα ηλιακά φωτιστικά στην ίδια κλίση και στο ύψος των 6 μέτρων.

Η όλη διαδικασία υλοποιήθηκε μέσω της σχεδίασης του συνολικού χώρου με τα φωτιστικά και τις απαραίτητες λεπτομέρειες με τη χρήση της εφαρμογής, δίνοντάς μας μια ακριβή αναπαράσταση του έργου.



Εικόνα 12: Προσομοίωση εφαρμογής



Εικόνα 13: Αποτύπωση έντασης φωτισμού

Σύμφωνα με την υπάρχουσα νομοθεσία, η ένταση του φωτός στον οδοφωτισμό της Πανεπιστημιούπολης, πρέπει να έχει ελάχιστη τιμή 0,40 lx. Στις επιφάνειες που προστέθηκαν τα νέα φωτιστικά, υπολογίστηκε μέσω της εφαρμογής, ότι η ένταση του φωτός έχει ελάχιστη τιμή 0,68 lx και μέγιστη 14,5 lx. Παρακάτω αναγράφονται οι νέες τιμές σε τρία ενδεικτικά σημεία της Πανεπιστημιούπολης.

Σημείο 1	7.5 lx
Σημείο 2	13 lx
Σημείο 3	7.5 lx

8. Αποτελέσματα

Το έργο τοποθέτησης και εγκατάστασης των νέων ηλιακών φωτιστικών στον χώρο της Πανεπιστημιούπολης έχει ως συνολικό κόστος 283.401€. Το κόστος αυτό προκύπτει από τα προϊόντα που θα χρησιμοποιηθούν και την αξία της εργασίας για την υλοποίηση του έργου. Θα χρειαστούν 61 τεμάχια χαλύβδινων ιστών(οι ιστοί που είναι τοποθετημένοι στην υπάρχουσα εγκατάσταση, δεν υποστηρίζουν τα νέα φωτιστικά) με 2.000€ το καθένα και 179 ηλιακά φωτιστικά με 500€ το καθένα. Επίσης θα χρειαστούν 61 τεμάχια φρεατίων βάσης στήριξης και τοποθέτησης ηλεκτρόδιου γείωσης με 441€ το καθένα. Τέλος, η εργασία έχει κοστολογηθεί στα 45.000€, συμπεριλαμβάνοντας στην τιμή και την προσαύξηση 15% για απρόβλεπτες επεμβάσεις.

Η χρονική περίοδος υλοποίησης του έργου παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες να προσδιοριστεί, λόγω της συνεχής λειτουργίας του Πανεπιστημίου, καθώς υπάρχει μεγάλη διέλευση φοιτητών και καθηγητών στους χώρους που θα πραγματοποιηθούν οι εργασίες. Τις μέρες και τις ώρες στις οποίες το Πανεπιστήμιο βρίσκεται εκτός λειτουργίας είναι εφικτή η γρήγορη εξέλιξη του έργου. Ο συνολικός χρόνος που απαιτείται, έχει εκτιμηθεί ότι κυμαίνεται στους 2 με 4 μήνες.

Η συγκεκριμένη εγκατάσταση φαίνεται να αποφέρει ποσοστό εξοικονόμησης ηλεκτρικής ενέργειας μεγαλύτερο του 90%. Το αποτέλεσμα αυτό προκύπτει συγκρίνοντας την υπάρχουσα εγκατάσταση φωτιστικών, της οποίας η κατανάλωση είναι ίση με 15.600 W, συγκεκριμένα καθένας από τους 32 προβολείς λειτουργεί με 150 W και καθένα από τα 108 φανάρια λειτουργεί με 100 W, ενώ η νέα εγκατάσταση απαιτεί 1270,9 W συνολικά, με κατανάλωση 7,1 W από καθένα από τα 179 νέα φωτιστικά.

9. Συμπεράσματα

Τα τελευταία χρόνια, η συζήτηση για τη βιωσιμότητα του αστικού περιβάλλοντος είναι πιο επίκαιρη από ποτέ. Ήδη, οι 17 Στόχοι Βιώσιμης Ανάπτυξης, που εγκρίθηκαν από τον ΟΗΕ τον Σεπτέμβριο του 2015, ωθούν τις πόλεις σε μια νέα προσέγγιση της αειφόρου ανάπτυξης, βασισμένη στους ανθρώπους, το περιβάλλον, την οικονομία και με τη συμβολή της τεχνολογίας, της καινοτομίας και της έρευνας.

Οι πόλεις παροτρύνονται να προβούν σε μετάπλαση ώστε να αποκριθούν σε νέες προκλήσεις. Αυτό συνεπάγεται την ανάπτυξη ολοκληρωμένων στρατηγικών σχεδίων, τη διαμόρφωση προσεγγίσεων ως προς την καταπολέμηση αυτών των προκλήσεων και την προώθηση της ενισχυμένης κινητοποίησης των ανθρώπων στη λήψη αποφάσεων. Ο χωροταξικός σχεδιασμός και η αστική καινοτομία διαδραματίζουν καίριο ρόλο στην προώθηση αυτού του μετασχηματισμού.

Η αειφόρος ανάπτυξη αναγνωρίζεται παγκοσμίως ως πρωταρχικός στόχος στο πλαίσιο του χωροταξικού σχεδιασμού. Ο χωροταξικός σχεδιασμός είναι μια πολύπλευρη και εξελισσόμενη διαδικασία που καθιερώνει μια δομή και διέπει τους κανονισμούς, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που σχετίζονται με την αστική ανάπτυξη, την προστασία του περιβάλλοντος και την κοινωνική ενότητα. Κατά συνέπεια, κατέχει σημαντική θέση στις αστικές προσπάθειες για την αντιμετώπιση των εξελισσόμενων προκλήσεων.

Η ηλιακή λυχνία LED για το φωτισμό του δρόμου απαιτεί σωστή σχεδίαση συστήματος με κατάλληλα εγκατεστημένη χωρητικότητα ηλιακού φωτοβολταϊκού και μπαταρίας σύμφωνα με το επιλεγμένο LED χαμηλής ισχύος, προκειμένου να πληροί τα πρότυπα του οδοφωτισμού.

Το LED θα μειώσει την κατανάλωση ενέργειας καθώς και το LLP (απώλεια ισχύος φορτίου) και επομένως είναι η καλύτερη επιλογή για ηλιακό φωτισμό δρόμων. Το LED μπορεί να μειώσει την κατανάλωση ενέργειας στο φωτισμό. Αυτό σημαίνει επίσης ότι το χάλκινο σύρμα για τη γραμμή ηλεκτρικής μετάδοσης στον οδοφωτισμό μπορεί να μειωθεί. Για φωτισμό δρόμου LED που τροφοδοτείται από ηλιακό φωτοβολταϊκό, το οποίο είναι αυτόνομο σύστημα, δεν χρειάζεται καλωδίωση

μετάδοσης. Αυτοί οι δύο παράγοντες συμβάλλουν πολύ στην οικονομική αξιολόγηση του οδικού φωτισμού LED. Η παρούσα μελέτη διεξήγαγε την ανάλυση εξοικονόμησης ενέργειας συστημάτων φωτισμού δρόμου χρησιμοποιώντας συμβατικούς λαμπτήρες αλογόνου και τα φώτα δρόμου LED χαμηλής ισχύος.

Μελετήθηκε η οικονομική σκοπιμότητα του οδικού φωτισμού με ηλιακή ενέργεια με χρήση ηλιακών φωτιστικών LED χαμηλής ισχύος (7,1W) για τον εξωτερικό χώρο της Πανεπιστημιούπολης. Η απόσταση μεταξύ των φωτιστικών είναι 15 μέτρα και το ύψος στο οποίο βρίσκονται τα φωτιστικά είναι 15 μέτρα. Πραγματοποιείται οικονομική σύγκριση του σχεδιασμού του οδοφωτισμού, δηλαδή των φώτων δρόμου με ηλιακή ενέργεια LED, και των συμβατικών λαμπτήρων αλογόνου.

Η εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας μέσω των ηλιακών φωτιστικών αποτελεί εξαιρετική ιδέα για όλους. Οι φορολογούμενοι επωφελούνται από αυτή την αλλαγή εξοικονομώντας χρήματα και βελτιώνοντας την πόλη τους. Το περιβάλλον σώζεται επίσης λόγω των πολύ λιγότερων εκπομπών που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα κατά την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το αυτόνομο σύστημα καθίσταται εφικτό ακόμα και για χρήση σε αγροτικές περιοχές εκτός της εμβέλειας της ηλεκτρικής ενέργειας.

Αυτό εξοικονομεί επίσης την εθνική ενέργεια ειδικά για τις χώρες όπου η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί πραγματικό ενδιαφέρον και έτσι βοηθά στην εθνική οικονομία. Επιπλέον, σε καιρό φυσικής καταστροφής, λειτουργεί συνεχώς όπου τα ηλεκτρικά φώτα του δρόμου σταματούν να λειτουργούν λόγω διαταραχής του ρεύματος. Η χρήση φώτων LED θα μειώσει επίσης την ανάγκη συντήρησης. Συμπερασματικά, τα φώτα LED με ηλιακή ενέργεια είναι μια εξαιρετική λύση για εξοικονόμηση χρημάτων, εξοικονόμηση ηλεκτρικής ενέργειας και προστασία του περιβάλλοντος.

Βιβλιογραφία

- [1] Richards, M., Carter, D., Good lighting with less energy, *Lighting Research and Technology*, 2009, 41: 285..
- [2] Loe, D. L. Energy efficiency in lighting-considerations and possibilities, *Lighting Research and Technology*, 2009, 41: 209.
- [3] Boyce, PR., Fotios, S., Richards, M., Road lighting and energy saving, *Lighting Research and Technology*, 2009, 41: 245..
- [4] Tetri, E., Halonen L., Future trends of energy efficient lighting, *Proceedings, 26th Session of the CIE, Beijing, China, 4-11 July 2007*, pp. 45-48..
- [5] Mohelnikova, J., Electric Energy Savings and Light Guides, *Energy& Environment (EE'08), Proceedings, 3rd IASME/WSEAS International Conference on, Cambridge, UK, February 23-25, 2008*, pp.470-474..
- [6] Rea, M.S., J.D. Bullough, Y. Akashi, Several views of metal halide and high-pressure sodium lighting for outdoor applications, *Lighting Research and Technology*, 2009, 41: 297..
- [7] Iacob A., Alexandrescu R. M., Salceanu C., Ionescu I., Racovitan I., Requirements and conditions for power demand and quality parameters system deployment for public lighting in Romania, *Journal of Sustainable Energy*, Vol. 1, no. 1, March, 2010..
- [8] Guest, E.C., M.H. Girach, S.A. Mucklejohn, U. Rast, Effects of dimming 150 W ceramic metal halide lamps on efficacy, reliability and lifetime, *Lighting Research and Technology*, 2008, 40: 333..
- [9] Wilson, A. H., The theory of electronic semiconductors, *Proc. Royal Soc. London A133*, 1931, 458–491..
- [10] Grondahl, L. O., 'The copper cuprous oxide rectifier and photoelectric cell', *Rev. Modern Phys.* 5,1933, 141..
- [11] Ohl, R. S., Light sensitive electric device, U.S. Patent No. 240252, filed 27 March 1941; 'Light sensitive electric device including silicon', U.S. Patent No. 2443542, filed 27 May 1941..
- [12] Shockley, W., The theory of p-n junctions in semiconductors and p-n junction transistors, *Bell System Tech. J.* 28, 1949, 435–89..
- [13] Chapin D. M., Fuller, C. S. and Pearson G. L., 'A new silicon p-n junction photocell for converting solar radiation into electrical power', *J. Appl. Phys.* 1954, 25, 676–677..
- [14] Shockley W. and Queisser H. J., 'Detailed balance limit of efficiency of p-n junction solar cells', *J. Appl. Phys.*, 1961, 32, 510–519..

- [15] Marti A. and Araujo G., 'Limiting efficiencies for photovoltaic energy conversion in multigap systems', *Solar Energy Mater. Solar Cells*, 1996,43, 203–222..
- [16] Würfel P. and Wolfgang R. (1980), 'Upper limit of thermophotovoltaic solar-energy conversion', *IEEE Trans. Electron Devices ED-27*, 745–750..
- [17] Würfel P., Olympic Conf. on Third Generation Photovoltaics, Sydney (unpublished work). Würfel P., Brown A. S., Humphrey T. E. and Green M. A. (2005), 'Particle conservation in hot-carrier solar cell', *Progr. Photovoltaics*, 2000, 13, 277–285..
- [18] Trupke T., Green M. A. and Würfel P., 'Improving solar cell efficiencies by downconversion of high-energy photons', *J. Appl. Phys.*, 2002b, 92, 1668–1674..
- [19] Green M. A., *Third Generation Photovoltaics: Advanced Solar Energy Conversion*, Springer-Verlag, Berlin, 2003..
- [20] Landsberg P., 'Efficiencies of solar cells: where is Carnot hiding?', *Conf. Record, 16th European Photovoltaic Solar Energy Conf.*, Glasgow, 2000..
- [21] Ries H., 'Complete and reversible absorption of radiation', *Appl. Phys.*, 1983, B 32, 153..
- [22] Argatu, F. & Cepisca, C., Modeling dynamic high intensity discharge lamp characteristics, *U.P.B. Sci.Bull., Series C*, Vol.72, Iss.3, 2009.
- [23] Cepisca, C. H. Andrei, S.D. Grigorescu, Modern solutions for reducing the lighting consumption, *Proceedings, 6th International Symposium ATEE*, nov. 2008, Bucharest, pp.86-91..
- [24] REN21. *Renewables 2019—Global Status Report*; REN21 Secretariat: Paris, France, 2019..
- [25] Chowdhury, M.S.; Rahman, K.S.; Chowdhury, T.; Nuthammachot, N.; Techato, K.; Akhtaruzzaman, M.; Tiong, S.K.; Sopian, K.; Amin, N. An overview of solar photovoltaic panels' end-of-life material recycling. *Energy Strategy Rev.* 2020, 27, 100431..
- [26] Schaeffer, R.; Szklo, A.S.; Pereira de Lucena, A.F.; Moreira Cesar Borba, B.S.; Pinheiro Pupo Nogueira, L.; Pereira Fleming, F.; Troccoli, A.; Harrison, M.; Sadeck Boulahya, M. Energy sector vulnerability to climate change: A review. *Energy* 2012, 38, 1–.
- [27] Liu, D.L.; Scott, B.J. Estimation of solar radiation in Australia from rainfall and temperature observations. *Agric. For. Meteorol.* 2001, 106, 41–59..
- [28] Ma, W.W.; Rasul, M.G.; Liu, G.; Li, M.; Tan, X.H. Climate change impacts on techno-economic performance of roof PV solar system in Australia. *Renew. Energy* 2016, 88, 430–438..
- [29] Pan, Z.; Segal, M.; Arritt, R.W.; Takle, E.S. On the potential change in solar radiation over the US due to increases of atmospheric greenhouse gases. *Renew. Energy* 2004, 29, 1923–1928..

- [30] Crook, J.A.; Jones, L.A.; Forster, P.M.; Crook, R. Climate change impacts on future photovoltaic and concentrated solar power energy output. *Energy Environ. Sci.* 2011, 4, 3101..
- [31] Müller, J.; Mitra, I.; Mieslinger, T.; Meyer, R.; Chhatbar, K.; Gomathinayagam, S.; Giridhar, G. Towards building solar in India—A combined mapping and monitoring approach for creating a new solar atlas. *Energy Sustain. Dev.* 2017, 40, 31–40..
- [32] Šúri, M.; Huld, T.A.; Dunlop, E.D.; Ossenbrink, H.A. Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. *Sol. Energy* 2007, 81, 1295–1305..
- [33] Huld, T.; Müller, R.; Gambardella, A. A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa. *Sol. Energy* 2012, 86, 1803–1815..
- [34] Burnett, D.; Barbour, E.; Harrison, G.P. The UK solar energy resource and the impact of climate change. *Renew. Energy* 2014, 71, 333–343..
- [35] Kazadzis, S.; Founda, D.; Psiloglou, B.E.; Kambezidis, H.; Mihalopoulos, N.; Sanchez-Lorenzo, A.; Meleti, C.; Raptis, P.I.; Pierros, F.; Nabat, P. Long-term series and trends in surface solar radiation in Athens, Greece. *Atmos. Chem. Phys.* 2018, 18, 239.
- [36] Kazantzidis, A.; Nikitidou, E.; Salamalikis, V.; Tzoumanikas, P.; Zagouras, A. New challenges in solar energy resource and forecasting in Greece. *Int. J. Sustain. Energy* 2018, 37, 428–435..
- [37] Politi, N.; Sfetsos, A.; Vlachogiannis, D.; Nastos, P.T.; Karozis, S. A Sensitivity Study of High-Resolution Climate Simulations for Greece. *Climate* 2020, 8, 44..
- [38] Panagea, I.S.; Tsanis, I.K.; Koutroulis, A.G.; Grillakis, M.G. Climate Change Impact on Photovoltaic Energy Output: The Case of Greece. *Adv. Meteorol.* 2014, 1–11..
- [39] Wikipedia, Λαμπρότητα. <https://el.wikipedia.org/wiki/Λαμπρότητα>.
- [40] EN 13201-1:2014 – Street lighting. Guidelines on selection of lighting classes. VEJ – Handbook Street Lighting – Construction and Planning (2015). Vejregler, Denmark.
- [41] BG – Beleuchtungstechnik Grundlagen (2016). Baer, Barfuß, Seifert. HUSS-MEDIEN GmbH, Berlin.
- [42] BAT – Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World (2016). C. Voigt, T. Kingston (Editors). Springer Open..
- [43] LED lighting – Fact or Fiction <http://patmullins.com/ledlightmyths.html>.
- [44] Dogaru, V., H. Andrei, C. Cepisca, E. Dogaru, M. Popa, T. Ivanovici, Uncentralized systems of electric and thermal energy product using nonconventional sources, ISEE 2002, Proceedings, International Symposium on Electrical Engineering, June 2002, Targoviște, pp.225-231.
- [45] Guo, L., Eloholma, M., L. Halonen, Luminance monitoring and optimization of luminance metering in intelligent road lighting control systems, *Lighting Engineering*, Vol. 9, 2007, pp. 2440.

- [46] Guo, I.L., Eloholma, M., Halonen, L., Lighting control strategies for road lighting control systems, *Journal of the Illuminating Engineering Society of North America (LEUKOS)* [Online], Vol. 4, no. 3, 2008.
- [47] Huang, W.-H.; Shin, W.J.; Wang, L.; Sun, W.-C.; Tao, M. Strategy and technology to recycle wafer-silicon solar modules. *Sol. Energy* 2017, 144, 22–31.
- [48] Μαρουλής, Γ., 2010, Οικονομικός φωτισμός. Ηράκλειο: Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Ηρακλείου
- [49] <http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/hle/2010/MaroulisGiorgos/attached-document1273482116-890922-17878/Maroulis2010.pdf>
- [50] Martín, L.; Zarzalejo, L.F.; Polo, J.; Navarro, A.; Marchante, R.; Cony, M. Prediction of global solar irradiance based on time series analysis: Application to solar thermal power plants energy production planning. *Sol. Energy* 2010, 84, 1772–1781.
- [51] Mathiesen, P.; Kleissl, J. Evaluation of numerical weather prediction for intra-day solar forecasting in the continental United States. *Sol. Energy* 2011, 85, 967–977.
- [52] Trupke T., Green M. A. and Würfel P., 'Improving solar cell efficiencies by the up-conversion of sub-band-gap light', *J. Appl. Phys.*, 2002a, 92, 4117–4122.

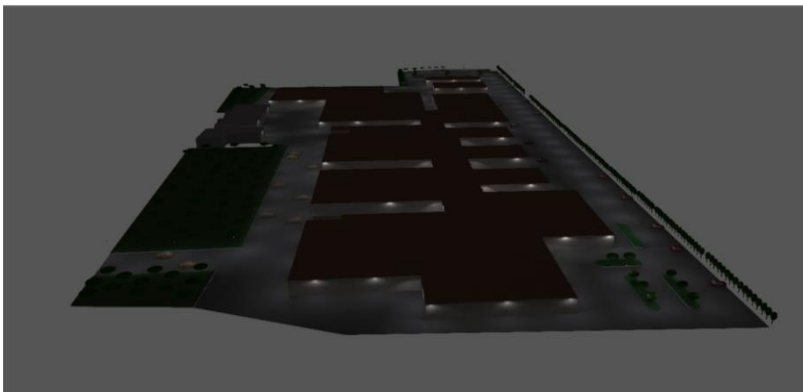
1. Παράρτημα

Στο παράρτημα φαίνεται η μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο χώρο της Πανεπιστημιούπολης. Αναγράφονται αναλυτικά τα τεχνικά χαρακτηριστικά των φωτιστικών που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και οι νέες θέσεις που θα έχουν στη νέα εγκατάσταση.

Ημερομηνία

5/10/2023

DIALux



Μελέτη

Μελέτη

DIALux

Αρχικές παρατηρήσεις

Υποδείξεις για τη μελέτη:

Τα μεγέθη κατανάλωσης ενέργειας δεν λαμβάνουν υπόψη τις σκηνές φωτισμού και τις καταστάσεις αυξημείωσής τους.

Ηλιακά Φωτιστικά σε Εφαρμογές Οδοφωτισμού

Μελέτη

Περιεχόμενο

Εξώφυλλο	1
Αρχικές παρατηρήσεις	2
Περιεχόμενο	3
Επαιρές	4
Περιγραφή	5
Κατάλογος φωτιστικών	6

Φύλλα στοιχείων προϊόντος

Philips - VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10 (1x LED13-4S/730)	7
---	---

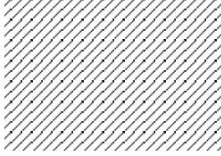
Τοποθεσία 1

Σχέδιο θέσης φωτιστικών	8
Κατάλογος φωτιστικών	22
Αντικείμενα υπολογισμού / Φωτεινή σκηνή 1	23
Επιφάνεια υπολογισμού 5 / Φωτεινή σκηνή 1 / Κάθετη ένταση φωτισμού	25
Επιφάνεια υπολογισμού 8 / Φωτεινή σκηνή 1 / Κάθετη ένταση φωτισμού	26
Γλωσσάριο	27

Μελέτη

DIALux

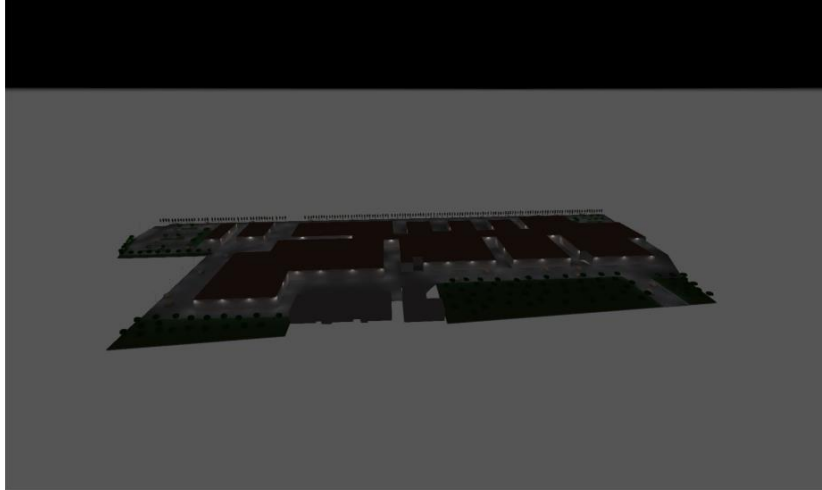
Επαφές



SOLAR LUMINAIRES IN STREET
LIGHTING APPLICATIONS

Μελέτη

DIALux



Περιγραφή

SOLAR LUMINAIRES IN STREET

Μελέτη

DIALux

Κατάλογος φωτιστικών

Φ _{συνολικά} 211578 lm	P _{συνολικά} 1270.9 W	Ωφέλος φωτός 166.5 lm/W				
Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ	Ωφέλος φωτός
179	Philips		VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10	7.1 W	1182 lm	166.5 lm/W

Μελέτη

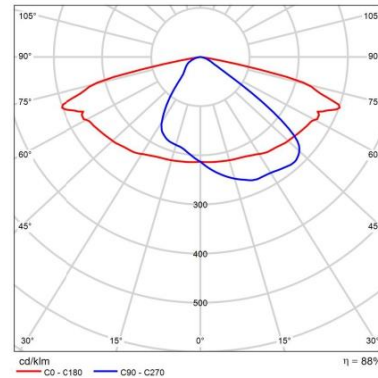
DIALux

Φύλλο στοιχείων προϊόντος

Philips - VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10



P	7.1 W
Φλάμα	1350 lm
Φωτιστικό	1182 lm
η	87.59 %
Ωφέλιμος φωτός	166.5 lm/W
CCT	3000 K
CRI	70



Πολικό διάγραμμα κατανομής φωτός

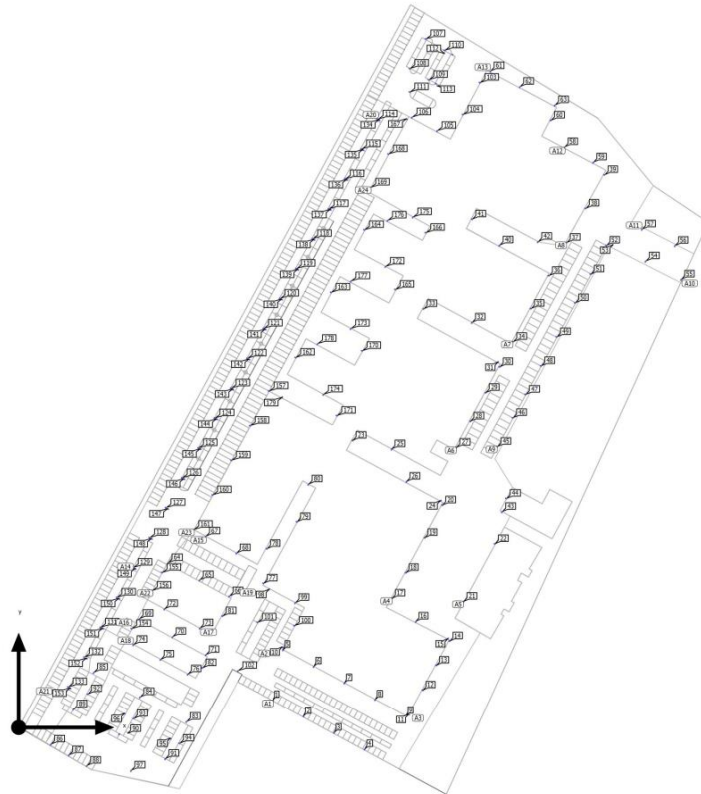
Power your road lighting by solar energy – UniStreet gen2 Solar
Designed for large-scale projects, our luminaire is the ideal solution for municipalities who seek to meet their sustainability goals. Thanks to its energy efficiency and low initial cost, UniStreet gen2 Solar enables a fast payback and significant energy savings in a short period of time. All, by using the free, abundant solar power. UniStreet gen2 Solar, comes with several different optics and lumen packages customized to fit exact project requirements. Thanks to Service tag, you will enjoy the benefits of hassle free installation and maintenance while at the end of its lifetime our luminaire is ready to be dismantled and recycled. The compact luminaire, using high-quality materials is also easy to dismantle and recycle at the end of its lifetime

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1

Σχέδιο θέσης φωτιστικών



Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1

Σχέδιο θέσης φωτιστικών



Κατασκευαστής	Philips	P	7.1 W
Όνομα στοιχείου	VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10	Φωτιστικό	1182 lm
Εξοπλισμός	1x LED13-4S/730		

4 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	116.304 m / 12.399 m / 6.007 m				
Κατεύθυνση X	4 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, 15.878 m	116.304 m	12.399 m	6.007 m	1
Διάταξη	A1	130.261 m	4.827 m	6.007 m	2
		144.217 m	-2.745 m	6.007 m	3
		158.174 m	-10.317 m	6.007 m	4

5 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	121.046 m / 35.861 m / 5.900 m				
Κατεύθυνση X	5 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, 15.974 m	121.046 m	35.861 m	5.900 m	5
Διάταξη	A2	135.092 m	28.253 m	5.900 m	6
		149.139 m	20.646 m	5.900 m	7
		163.185 m	13.038 m	5.900 m	8
		177.231 m	5.431 m	5.900 m	9

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1

Σχέδιο θέσης φωτιστικών

4 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	178.396 m / 5.962 m / 5.800 m				
Κατεύθυνση X	4 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, Αποστάσεις ανόμοιες	178.396 m	5.962 m	5.800 m	11
		184.610 m	17.385 m	5.800 m	12
		190.824 m	28.808 m	5.800 m	13
Διάταξη	A3	196.890 m	39.958 m	5.800 m	14

4 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	170.567 m / 59.562 m / 5.800 m				
Κατεύθυνση X	4 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, Αποστάσεις ανόμοιες	170.567 m	59.562 m	5.800 m	17
		176.876 m	71.257 m	5.800 m	18
		185.510 m	87.265 m	5.800 m	19
Διάταξη	A4	193.544 m	102.160 m	5.800 m	20

2 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	203.717 m / 57.834 m / 6.000 m				
Κατεύθυνση X	2 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, 30.043 m	203.717 m	57.834 m	6.000 m	21
		218.043 m	84.240 m	6.000 m	22
Διάταξη	A5				

4 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1

Σχέδιο θέσης φωτιστικών

1ο φως (X/Y/Z)	199.948 m / 128.572 m / 5.800 m	X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
Κατεύθυνση X	4 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, Αποστάσεις ανόμοιες	199.948 m	128.572 m	5.800 m	27
Διάταξη	A6	206.388 m	140.574 m	5.800 m	28
		213.396 m	153.634 m	5.800 m	29
		219.749 m	165.475 m	5.800 m	30

3 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	225.859 m / 176.977 m / 5.800 m	225.859 m	176.977 m	5.800 m	34
Κατεύθυνση X	3 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, Αποστάσεις ανόμοιες	234.066 m	192.133 m	5.800 m	35
Διάταξη	A7	242.216 m	207.183 m	5.800 m	36

3 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	250.376 m / 222.353 m / 5.800 m	250.376 m	222.353 m	5.800 m	37
Κατεύθυνση X	3 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, Αποστάσεις ανόμοιες	259.117 m	237.995 m	5.800 m	38
Διάταξη	A8	267.718 m	253.387 m	5.800 m	39

8 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	219.088 m / 128.772 m / 6.000 m	219.088 m	128.772 m	6.000 m	45

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1

Σχέδιο θέσης φωτιστικών

Κατεύθυνση X	8 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, Αποστάσεις ανόμοιες	X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
Διάταξη	A9	226.224 m	141.924 m	6.000 m	46
		232.015 m	152.599 m	6.000 m	47
		239.113 m	165.680 m	6.000 m	48
		246.321 m	178.968 m	6.000 m	49
		254.766 m	194.533 m	6.000 m	50
		261.902 m	207.686 m	6.000 m	51
		269.038 m	220.838 m	6.000 m	52

3 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	271.772 m / 220.968 m / 6.000 m				
Κατεύθυνση X	3 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, Αποστάσεις ανόμοιες	271.772 m	220.968 m	6.000 m	53
		286.721 m	213.318 m	6.000 m	54
Διάταξη	A10	303.005 m	204.984 m	6.000 m	55

2 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	300.369 m / 220.838 m / 6.000 m				
Κατεύθυνση X	2 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, Αποστάσεις ανόμοιες	300.369 m	220.838 m	6.000 m	56
		285.247 m	228.384 m	6.000 m	57
Διάταξη	A11				

2 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1

Σχέδιο θέσης φωτιστικών

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	249.578 m / 265.538 m / 5.800 m				
Κατεύθυνση X	2 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, Αποστάσεις ανόμοιες	249.578 m	265.538 m	5.800 m	58
		262.743 m	258.559 m	5.800 m	59
Διάταξη	A12				

3 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	215.707 m / 300.292 m / 5.800 m				
Κατεύθυνση X	3 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, Αποστάσεις ανόμοιες	215.707 m	300.292 m	5.800 m	61
		229.199 m	293.161 m	5.800 m	62
		245.166 m	284.721 m	5.800 m	63
Διάταξη	A13				

3 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	68.212 m / 75.219 m / 5.800 m				
Κατεύθυνση X	3 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, Αποστάσεις ανόμοιες	68.212 m	75.219 m	5.800 m	64
		82.613 m	67.406 m	5.800 m	65
		96.181 m	60.045 m	5.800 m	66
Διάταξη	A14				

2 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	85.622 m / 87.846 m / 5.800 m				
		85.622 m	87.846 m	5.800 m	67

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1

Σχέδιο θέσης φωτιστικών

Κατεύθυνση Χ	2 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, Αποστάσεις ανάμοιες	X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
Διάταξη	A15	99.689 m	80.151 m	5.800 m	68

3 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	55.044 m / 49.679 m / 5.800 m				
Κατεύθυνση Χ	3 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, 17.299 m	55.044 m	49.679 m	5.800 m	69
Διάταξη	A16	70.249 m	41.429 m	5.800 m	70
		85.453 m	33.180 m	5.800 m	71

2 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	66.711 m / 54.593 m / 5.800 m				
Κατεύθυνση Χ	2 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, 18.454 m	66.711 m	54.593 m	5.800 m	72
Διάταξη	A17	82.931 m	45.793 m	5.800 m	73

3 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	52.519 m / 38.221 m / 5.800 m				
Κατεύθυνση Χ	3 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, 14.174 m	52.519 m	38.221 m	5.800 m	74
Διάταξη	A18	64.978 m	31.462 m	5.800 m	75
		77.437 m	24.702 m	5.800 m	76

2 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1

Σχέδιο θέσης φωτιστικών

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	114.750 m / 63.783 m / 5.800 m				
Κατεύθυνση X	2 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, Αποστάσεις ανόμοιες	114.750 m	63.783 m	5.800 m	98
		126.563 m	57.410 m	5.800 m	99
Διάταξη	A19				

20 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	164.521 m / 278.616 m / 6.000 m				
Κατεύθυνση X	20 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, 15.585 m	164.521 m	278.616 m	6.000 m	114
		157.057 m	264.935 m	6.000 m	115
Διάταξη	A20	149.592 m	251.254 m	6.000 m	116
		142.128 m	237.573 m	6.000 m	117
		134.664 m	223.892 m	6.000 m	118
		127.199 m	210.211 m	6.000 m	119
		119.735 m	196.529 m	6.000 m	120
		112.271 m	182.848 m	6.000 m	121
		104.806 m	169.167 m	6.000 m	122
		97.342 m	155.486 m	6.000 m	123
		89.878 m	141.805 m	6.000 m	124
		82.413 m	128.124 m	6.000 m	125
		74.949 m	114.442 m	6.000 m	126
		67.485 m	100.761 m	6.000 m	127
		60.020 m	87.080 m	6.000 m	128
		52.556 m	73.399 m	6.000 m	129

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1

Σχέδιο θέσης φωτιστικών

X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
45.092 m	59.718 m	6.000 m	130
37.627 m	46.037 m	6.000 m	131
30.163 m	32.356 m	6.000 m	132
22.699 m	18.674 m	6.000 m	133

20 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	164.861 m / 278.432 m / 6.000 m	164.861 m	278.432 m	6.000 m	134
Κατεύθυνση X	20 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, 15.585 m	157.419 m	264.739 m	6.000 m	135
Διάταξη	A21	149.977 m	251.045 m	6.000 m	136
		142.535 m	237.352 m	6.000 m	137
		135.093 m	223.659 m	6.000 m	138
		127.651 m	209.966 m	6.000 m	139
		120.209 m	196.272 m	6.000 m	140
		112.767 m	182.579 m	6.000 m	141
		105.325 m	168.886 m	6.000 m	142
		97.883 m	155.192 m	6.000 m	143
		90.441 m	141.499 m	6.000 m	144
		82.999 m	127.806 m	6.000 m	145
		75.557 m	114.113 m	6.000 m	146
		68.115 m	100.419 m	6.000 m	147
		60.673 m	86.726 m	6.000 m	148
		53.231 m	73.033 m	6.000 m	149

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1

Σχέδιο θέσης φωτιστικών

X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
45.789 m	59.340 m	6.000 m	150
38.347 m	45.646 m	6.000 m	151
30.905 m	31.953 m	6.000 m	152
23.463 m	18.260 m	6.000 m	153

2 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	65.787 m / 71.134 m / 5.800 m	65.787 m	71.134 m	5.800 m	155
Κατεύθυνση X	2 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, 9.402 m	61.266 m	62.890 m	5.800 m	156
Διάταξη	A22				

5 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
1ο φως (X/Y/Z)	114.659 m / 154.196 m / 5.800 m	114.659 m	154.196 m	5.800 m	157
Κατεύθυνση X	5 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, 18.039 m	106.060 m	138.338 m	5.800 m	158
Διάταξη	A23	97.462 m	122.479 m	5.800 m	159
		88.863 m	106.621 m	5.800 m	160
		80.265 m	90.763 m	5.800 m	161

3 x Philips VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10

Τύπος	Γραμμική διάταξη	X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1

Σχέδιο θέσης φωτιστικών

1ο φως (X/Y/Z)	177.865 m / 278.588 m / 5.800 m	X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
Κατεύθυνση X	3 Τεμάχ., Μέσο - μέσο, Αποστάσεις ανάμοιες	177.865 m	278.588 m	5.800 m	167
Διάταξη	A24	169.353 m	262.649 m	5.800 m	168
		161.212 m	247.406 m	5.800 m	169

Μεμονωμένα φώτα

X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
121.076 m	36.859 m	2.800 m	10
196.433 m	40.749 m	6.000 m	15
181.572 m	48.416 m	6.000 m	16
152.495 m	131.784 m	5.800 m	23
193.073 m	103.891 m	5.800 m	24
170.758 m	127.747 m	5.800 m	25
177.297 m	112.449 m	5.800 m	26
219.274 m	167.338 m	5.800 m	31
207.467 m	185.742 m	5.800 m	32
184.935 m	192.025 m	5.800 m	33
219.816 m	220.582 m	5.800 m	40
207.161 m	233.085 m	5.800 m	41
237.700 m	222.673 m	5.800 m	42
221.217 m	99.073 m	5.800 m	43
223.216 m	104.982 m	5.800 m	44
243.182 m	278.284 m	5.800 m	60
112.149 m	66.211 m	5.800 m	77

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1

Σχέδιο θέσης φωτιστικών

X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
113.215 m	82.241 m	5.800 m	78
127.418 m	94.316 m	5.800 m	79
132.664 m	111.681 m	5.800 m	80
92.944 m	51.432 m	5.800 m	81
83.644 m	27.644 m	5.800 m	82
76.603 m	2.271 m	6.000 m	83
55.302 m	13.747 m	6.000 m	84
34.195 m	25.078 m	6.000 m	85
14.512 m	-8.155 m	6.000 m	86
22.765 m	-13.053 m	6.000 m	87
31.015 m	-17.913 m	6.000 m	88
25.087 m	8.473 m	6.000 m	89
46.107 m	-2.928 m	6.000 m	90
67.121 m	-14.333 m	6.000 m	91
31.240 m	15.644 m	6.000 m	92
52.256 m	4.239 m	6.000 m	93
73.276 m	-7.176 m	6.000 m	94
69.758 m	-5.273 m	6.000 m	95
48.740 m	6.131 m	6.000 m	96
51.300 m	-20.200 m	6.000 m	97
126.315 m	46.797 m	5.800 m	100
109.419 m	48.317 m	6.000 m	101
100.154 m	25.822 m	6.000 m	102
211.205 m	295.324 m	5.800 m	103

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1

Σχέδιο θέσης φωτιστικών

X	Y	Ύψος συναρμολόγησης	Φωτιστικό
203.419 m	280.717 m	5.800 m	104
191.317 m	272.981 m	5.800 m	105
179.844 m	279.204 m	5.800 m	106
186.419 m	315.317 m	6.000 m	107
179.119 m	301.764 m	6.000 m	108
187.802 m	296.624 m	6.000 m	109
195.104 m	310.123 m	6.000 m	110
179.134 m	291.045 m	6.000 m	111
198.281 m	308.383 m	6.000 m	112
190.727 m	295.035 m	6.000 m	113
51.788 m	45.408 m	5.800 m	154
126.869 m	169.510 m	5.800 m	162
143.106 m	199.338 m	5.800 m	163
158.295 m	227.956 m	5.800 m	164
172.473 m	200.623 m	5.800 m	165
186.423 m	226.644 m	5.800 m	166
157.300 m	172.586 m	5.800 m	170
145.726 m	142.949 m	5.800 m	171
167.917 m	211.326 m	5.800 m	172
152.036 m	182.922 m	5.800 m	173
139.484 m	152.816 m	5.800 m	174
180.472 m	233.971 m	5.800 m	175
168.616 m	231.984 m	5.800 m	176
151.816 m	204.184 m	5.800 m	177

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1

Σχέδιο θέσης φωτιστικών

X	Y	Ύψος συναρμολόγησ ης	Φωτιστικό
136.562 m	175.520 m	5.800 m	178
120.434 m	151.170 m	5.800 m	179

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1

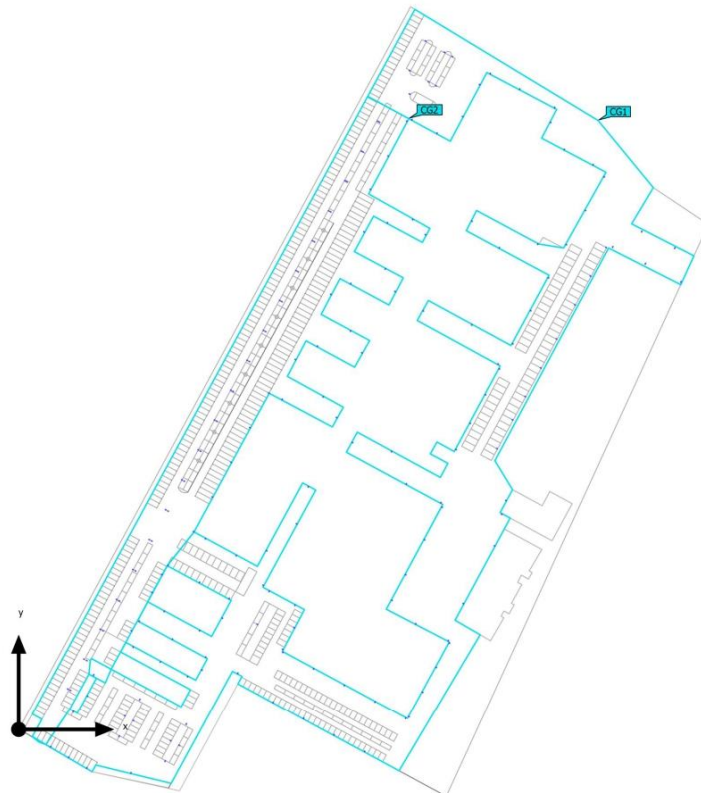
Κατάλογος φωτιστικών

Φσυνολικά 211578 lm	Ρσυνολικά 1270.9 W	Ωφέλος φωτός 166.5 lm/W				
Τεμάχ.	Κατασκευαστής	Αρ. είδους	Όνομα στοιχείου	P	Φ	Ωφέλος φωτός
179	Philips		VGP282 T25 1 xLED13-4S/730 DM10	7.1 W	1182 lm	166.5 lm/W

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1 (Φωτεινή σκηνή 1)
Αντικείμενα υπολογισμού



Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1 (Φωτεινή σκηνή 1)

Αντικείμενα υπολογισμού

Επιφάνειες υπολογισμού

Ιδιότητες	E	E _{ελάχ}	E _{μέγ}	U _o (g ₁)	g _z	Ευρετήριο
Επιφάνεια υπολογισμού 5 Κάθετη ένταση φωτισμού Ύψος: 0.000 m	4.57 lx	0.00 lx	10.6 lx	0.00	0.00	CG1
Επιφάνεια υπολογισμού 8 Κάθετη ένταση φωτισμού Ύψος: 0.000 m	6.37 lx	0.68 lx	14.5 lx	0.11	0.047	CG2

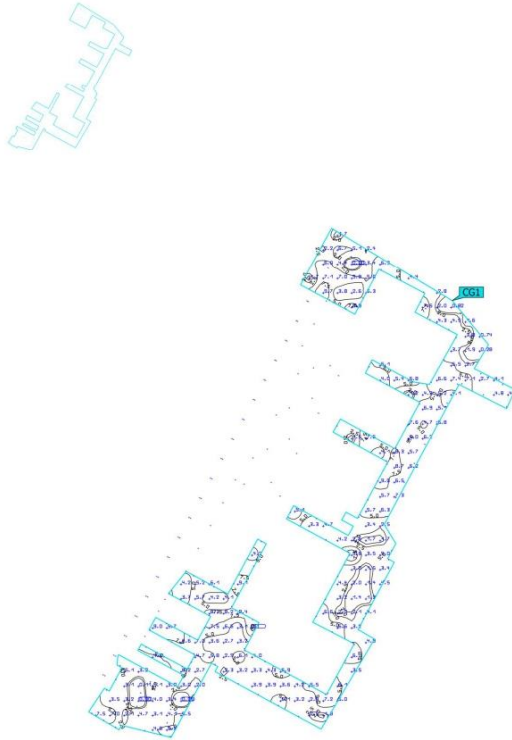
Προαπόλογισμός: Προτύπωση DIALux (5.1.4 Στάνταρ (υπαίθρια περιοχή κυκλοφορίας))

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1 (Φωτεινή σκηνή 1)

Επιφάνεια υπολογισμού 5



Ιδιότητες	Ε	Εελάχ	Εμέγ	U ₀ (g ₁)	g ₂	Ευρετήριο
Επιφάνεια υπολογισμού 5 Κάθετη ένταση φωτισμού Ύψος 0.000 m	4.57 lx	0.00 lx	10.6 lx	0.00	0.00	CG1

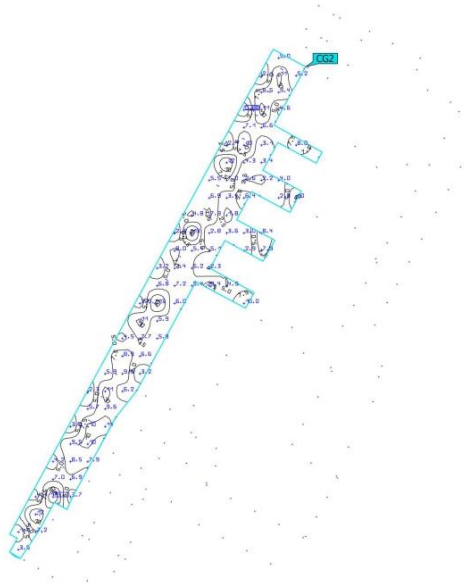
Προφύλαξη χρήσης Προτύπωση DIALux (5.1.4 Στάνταρ (υπαίθρια περιοχή κυκλοφορίας))

Μελέτη

DIALux

Τοποθεσία 1 (Φωτεινή σκηνή 1)

Επιφάνεια υπολογισμού 8



Ιδιότητες	Ε	Εελάχ	Εμέγ	U ₀ (g ₁)	g ₂	Ευρετήριο
Επιφάνεια υπολογισμού 8 Κάθετη ένταση φωτισμού Ύψος 0.000 m	6.37 lx	0.68 lx	14.5 lx	0.11	0.047	CG2

Προφύλ χρήσης Προτύπωση DIALux (5.1.4 Στάνταρ (υπαίθρια περιοχή κυκλοφορίας))

Γλωσσάριο

A

Αξιολόγηση ενεργείας

Με βάση μια ωριαία διαδικασία υπολογισμού για τον φυσικό φωτισμό σε εσωτερικούς χώρους, λαμβάνοντας υπόψη τη γεωμετρία του έργου και τυχόν υπάρχοντα συστήματα ελέγχου φυσικού φωτισμού. Ο προσανατολισμός και η τοποθεσία του έργου λαμβάνονται επίσης υπόψη. Ο υπολογισμός χρησιμοποιεί την καθορισμένη ισχύ συστήματος των φωτιστικών για τον προσδιορισμό της ενεργειακής ζήτησης. Μια γραμμική σχέση μεταξύ ισχύος και φωτεινής ροής σε κατάσταση μειωμένης έντασης θεωρείται δεδομένη για φωτιστικά με έλεγχο φυσικού φωτισμού. Οι χρόνοι χρήσης και ο ονομαστικός φωτισμός καθορίζονται από τα προφίλ χρήσης των χώρων. Τα ενεργοποιημένα φωτιστικά που εξαιρούνται ρητά από τον έλεγχο λαμβάνουν επίσης υπόψη τους καθορισμένους χρόνους χρήσης. Τα συστήματα ελέγχου φυσικού φωτισμού χρησιμοποιούν μια απλοποιημένη λογική ελέγχου που τα κλείνει σε οριζόντιο φωτισμό 27.50lx.

Το ημερολογιακό έτος 2022 χρησιμοποιείται μόνο ως αναφορά. Δεν είναι προσομοίωση αυτού του έτους. Το έτος αναφοράς χρησιμοποιείται μόνο για την αντιστοίχιση των ημερών της εβδομάδας στα υπολογισμένα αποτελέσματα. Δεν λαμβάνεται υπόψη η αλλαγή στη θερινή ώρα. Ο τύπος ουρανού αναφοράς που χρησιμοποιείται είναι ο μέσος ουρανός που περιγράφεται στο CIE 110 χωρίς άμεση ηλιακή ακτινοβολία.

Η μέθοδος αναπτύχθηκε σε συνεργασία με το Fraunhofer Institute for Building Physics και είναι διαθέσιμη για επανεξέταση από τη μικτή ομάδα εργασίας 1 ISO TC 274 ως επέκταση της προηγούμενης ετήσιας μεθόδου που βασίζεται στην παλινδρόμηση.

Αυτονομία ημέρας

Περιγράφει το ποσοστό της απαιτούμενης φωτεινότητας του ημερήσιου χρόνου εργασίας καλύπτεται από φυσικό φωτισμό. Ο ονομαστικός φωτισμός χρησιμοποιείται από το προφίλ του δωματίου, σε αντίθεση με αυτό που περιγράφεται στο EN 17037. Ο υπολογισμός δεν γίνεται στο κέντρο του δωματίου, αλλά στο καθορισμένο σημείο μέτρησης του αισθητήρα. Ο φυσικός φωτισμός ενός δωματίου θεωρείται επαρκής αν επιτυγχάνεται τουλάχιστον 50% αυτονομία με φυσικό φωτισμό.

B

Βαθμός ανάκλασης

Ο βαθμός ανάκλασης μιας επιφάνειας περιγράφει την ποσότητα του προσβάλλοντος φωτός που αντανακλάται. Ο βαθμός ανάκλασης καθορίζεται από το χρώμα της επιφάνειας.

E

Επίπεδο εργασίας

Εικονική επιφάνεια μέτρησης ή υπολογισμού στο ύψος της λειτουργίας της όρασης που ακολουθεί κατά κανόνα τη γεωμετρία του χώρου. Το ωφέλιμο επίπεδο μπορεί να διαθέτει και μια ζώνη περιθωρίου.

Γλωσσάριο

Έ

Ένταση φωτισμού	<p>Περιγράφει την αναλογία της φωτεινής ροής που προσβάλλει μια ορισμένη επιφάνεια ως προς το το εμβαδόν αυτής της επιφάνειας ($I = \Phi / A$). Η ένταση φωτισμού δεν εξαρτάται από την επιφάνεια αντικειμένου. Μπορεί να προσδιορίζεται οπουδήποτε στον χώρο (εσωτερικά και εξωτερικά). Η ένταση φωτισμού δεν είναι ιδιότητα προϊόντος καθώς πρόκειται για μέγεθος παραλήπτη. Για τη μέτρηση χρησιμοποιούνται συσκευές μέτρησης έντασης φωτισμού.</p> <p>Μονάδα: Lux Συντομογραφία: lx Σήμα τύπου: E</p>
Ένταση φωτισμού, κάθετα	Ένταση φωτισμού που υπολογίζεται ή μετριέται σε ένα κάθετο επίπεδο (αυτό μπορεί να είναι π.χ. το μπροστινό μέρος ενός ραφιού). Η κάθετη ένταση φωτισμού σημαίνεται κατά κανόνα με το γράμμα τύπου E_v .
Ένταση φωτισμού, κατακόρυφα	Ένταση φωτισμού που υπολογίζεται ή μετριέται κάθετα ως προς μια επιφάνεια. Αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη σε κεκλιμένες επιφάνειες. Αν η επιφάνεια είναι οριζόντια ή κάθετη, δεν προκύπτει κάποια διαφορά μεταξύ της κατακόρυφης και της οριζόντιας ή κάθετης έντασης φωτισμού.
Ένταση φωτισμού, οριζόντια	Ένταση φωτισμού που υπολογίζεται ή μετριέται σε ένα οριζόντιο επίπεδο (αυτό μπορεί να είναι π.χ. μια επιφάνεια τραπεζιού ή το δάπεδο). Η οριζόντια ένταση φωτισμού σημαίνεται κατά κανόνα με το γράμμα τύπου E_h .
Ένταση φωτισμού, προσαρμοζόμενη	Για τον προσδιορισμό της μέσης προσαρμοζόμενης έντασης φωτισμού σε μια επιφάνεια, αυτή σχεδιάζεται στο ψηφιοδοπλέγμα "προσαρμοζόμενα". Στην περιοχή μεγάλων διαφορών έντασης φωτισμού εντός της επιφάνειας, το ψηφιοδοπλέγμα υποδιαιρείται με μεγάλη ακρίβεια, εντός μικρότερων διαφορών πραγματοποιείται πιο χονδρική υποδιείρεση.
Ένταση φωτός	<p>Περιγράφει την ένταση του φωτός σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση (μέγεθος πομπού). Η ένταση φωτισμού είναι η φωτεινή ροή Φ, η οποία αποδίδεται σε μια ορισμένη γωνία χώρου Ω. Τα χαρακτηριστικά ακτινοβολίας μιας πηγής φωτός απεικονίζονται γραφικά σε μια καμπύλη κατανομής έντασης φωτός (LDC). Η ένταση φωτός είναι μια βασική μονάδα SI.</p> <p>Μονάδα: Καντέλα Συντομογραφία: cd Σήμα τύπου: I</p>
Ζώνη περιφ.	Περιμετρική περιοχή ανάμεσα σε ωφέλιμο επίπεδο και τοίχους που δεν λαμβάνεται υπόψη κατά τον υπολογισμό.

Ζ

Γλωσσάριο

Λ

Λόγος φωτός ημέρας

Αναλογία της έντασης φωτισμού που επιτυγχάνεται αποκλειστικά μέσω της πρόσπτωσης φωτός ημέρας σε ένα σημείο στον εσωτερικό χώρο, προς την οριζόντια ένταση φωτισμού στον εξωτερικό χώρο κάτω από ελεύθερο ουρανό.

Σήμα τύπου: D (Αγγλικά daylight factor)
Μονάδα: %

Ο

Ομάδα ελέγχου

Μια ομάδα φωτιστικών που ρυθμίζονται ως προς την ένταση και ελέγχονται μαζί. Για κάθε σκηνή φωτισμού, μια ομάδα ελέγχου παρέχει τη δική της τιμή μείωσης της έντασης. Όλα τα φωτιστικά σε μια ομάδα ελέγχου χρησιμοποιούν από κοινού αυτήν την τιμή μείωσης της έντασης. Οι ομάδες ελέγχου με τα φωτιστικά τους καθορίζονται αυτόματα από το DIALux με βάση τις δημιουργημένες σκηνές φωτισμού και τις ομάδες φωτιστικών τους.

Π

Παρατηρητής UGR

Σημείο υπολογισμού στον χώρο, για το οποίο το DIALux υπολογίζει την τιμή UGR. Η θέση και το ύψος του σημείου υπολογισμού θα πρέπει να αντιστοιχεί στην τυπική θέση παρατηρητή (θέση και ύψος ματιών του χρήστη).

Περιβάλλουσα περιοχή

Η περιοχή περιβάλλοντος συνορεύει απευθείας με στην περιοχή της λειτουργίας της όρασης και θα πρέπει να προβλέπεται σύμφωνα με το DIN EN 12464-1 με ένα ελάχιστο πλάτος 0,5 m. Βρίσκεται στο ίδιο ύψος με την περιοχή της λειτουργίας της όρασης.

Περιοχή της οπτικής εργασίας

Η περιοχή που χρειάζεται για την εκτέλεση της λειτουργίας της όρασης σύμφωνα με το DIN EN 12464-1. Το ύψος αντιστοιχεί στο ύψος στο οποίο εκτελείται η λειτουργία της όρασης.

Περιοχή φόντου

Η περιοχή φόντου συνορεύει σύμφωνα με το DIN EN 12464-1 με την απευθείας περιοχή περιβάλλοντος και φθάνει μέχρι τα όρια του χώρου. Σε μεγαλύτερους χώρους, η περιοχή φόντου έχει πλάτος τουλάχιστον 3 m. Βρίσκεται οριζόντια στο ύψος του δαπέδου.

Πηλίκιο φωτός ημέρας - ωφέλιμη επιφάνεια

Μια επιφάνεια υπολογισμού, εντός της οποίας υπολογίζεται το πηλίκιο φωτός ημέρας.

Γλωσσάριο

Πυκνότητα φωτεινότητας	<p>Μέτρο για την "εντύπωση φωτεινότητας", την οποία έχει το ανθρώπινο μάτι από μια επιφάνεια. Εδώ μπορεί να φωτίζει η επιφάνεια καθαυτή ή να αντανακλά το φως που τη βρίσκει (μέγεθος πομπού). Είναι το μοναδικό φωτομετρικό μέγεθος που μπορεί να αντιληφθεί το ανθρώπινο μάτι.</p> <p>Μονάδα: Καντέλα ανά τετραγωνικό μέτρο Συντομογραφία: cd/m² Σήμα τύπου: L</p>
Σ	
Συντελεστής συντήρησης	Βλέπε MF
Υ	
Ύψος χώρου	Ονομασία για την απόσταση ανάμεσα στην επάνω ακμή του δαπέδου και την κάτω ακμή της οροφής (όταν η ανακάλυψη του χώρου έχει ολοκληρωθεί).
Φ	
Φωτεινή ροή	<p>Διάσταση για τη συνολική απόδοση φωτισμού που αποδίδεται από μια πηγή φωτός προς όλες τις κατευθύνσεις. Συνεπώς είναι ένα "μέγεθος πομπού" που αναφέρει τη συνολική ισχύ εκπομπής. Η φωτεινή ροή μιας πηγής φωτός μπορεί να προσδιοριστεί μόνο στο εργαστήριο. Διακρίνουμε τη φωτεινή ροή λαμπτήρων ή μονάδων LED και τη φωτεινή ροή φωτιστικών (φώτων).</p> <p>Μονάδα: Λούμεν Συντομογραφία: lm Σήμα τύπου: Φ</p>
Ω	
Ωφέλιμος φωτός	<p>Αναλογία ακτινοβολούμενης απόδοσης φωτισμού Φ [lm] προς την καταναλισκόμενη ηλεκτρική ισχύ P [W] Μονάδα: lm/W.</p> <p>Αυτή η αναλογία μπορεί να σχηματίζεται για τον λαμπτήρα ή τη μονάδα LED (φωτεινή απόδοση λαμπτήρα ή μονάδας), τον λαμπτήρα ή τη μονάδα με συσκευή λειτουργίας (φωτεινή απόδοση συστήματος) και το πλήρες φωτιστικό (φωτεινή απόδοση φωτιστικού).</p>

Γλωσσάριο

A

A Σήμα τύπου για μια επιφάνεια στη γεωμετρία

C

CCT

(Αγγλικά correlated colour temperature)
Θερμοκρασία σώματος ενός ακτινοβολητή θερμοκρασίας που χρησιμεύει στην περιγραφή του χρώματος φωτός του. Μονάδα: Kelvin [K]. Όσο μικρότερη είναι η αριθμητική τιμή, τόσο πιο κόκκινο και όσο πιο υψηλή είναι αριθμητική τιμή, τόσο πιο μπλε είναι το χρώμα φωτός. Η θερμοκρασία χρώματος λαμπτήρων εκκένωσης αερίου και ημιαγωγών χαρακτηρίζεται, αντίθετα από τη θερμοκρασία ακτινοβολητών θερμοκρασίας, ως "πλησιέστερη θερμοκρασία χρώματος".

Αντιστοιχία των χρωμάτων φωτός προς τις περιοχές θερμοκρασίας χρώματος κατά EN 12464-1:

Χρώμα φωτός - θερμοκρασία χρώματος [K]
ζεστό λευκό (ΖΛ) < 3.300 K
ουδέτερο λευκό (ΟΛ) ≥ 3.300 – 5.300 K
λευκό ημέρας (ΛΗ) > 5.300 K

CRI

(Αγγλικά colour rendering index)
Ονομασία για τον δείκτη αναπαραγωγής χρώματος ενός φωτιστικού (φωτός) ή ενός φωτιστικού μέσου κατά DIN 6169: 1976 ή CIE 13.3: 1995.

Ο γενικός δείκτης αναπαραγωγής χρώματος Ra (ή CRI) είναι ένας χαρακτηριστικός αριθμός χωρίς διαστάσεις που περιγράφει την ποιότητα μιας πηγής λευκού φωτός αναφορικά με την ομοιότητά της στα φάσματα ανακλαστικότητας 8 καθορισμένων χρωμάτων δοκιμής (βλέπε DIN 6169 ή CIE 1974) προς μια πηγή φωτός αναφοράς.

E

Eta (η)

(Αγγλικά light output ratio)
Ο βαθμός απόδοσης λειτουργίας φωτισμού περιγράφει το ποσοστό επί τοις εκατό της φωτεινής ροής ενός φωτιστικού μέσου που ακτινοβολεί ελεύθερα (ή της μονάδας LED) σε τοποθετημένη κατάσταση που βγαίνει από το φωτιστικό (το φως).

Μονάδα: %

Γλωσσάριο

G

g ₁	Συχνά αναφέρονται και ως U _o (Αγγλικά overall uniformity) Χαρακτηρίζει τη συνολική ομοιομορφία της έντασης φωτισμού σε μια επιφάνεια. Είναι ο λόγος E _{min} προς E και ζητείται μεταξύ άλλων σε πρότυπα για τον φωτισμό χώρων εργασίας.
g ₂	Χαρακτηρίζει για την ακρίβεια την "ανομοιομορφία" της έντασης φωτισμού σε μια επιφάνεια. Είναι ο λόγος E _{min} προς E _{max} και έχει σημασία κατά κανόνα μόνο για βεβαιώσεις του φωτισμού έκτακτης ανάγκης κατά EN 1838.

L

LENI	(Αγγλικά lighting energy numeric indicator) Αριθμητικό χαρακτηριστικό μέγεθος ενέργειας φωτισμού κατά EN 15193 Μονάδα: kWh/m ² έτος
LLMF	(Αγγλικά lamp lumen maintenance factor)/κατά CIE 97: 2005 Συντελεστής συντήρησης φωτεινής ροής λαμπτήρα που λαμβάνει υπόψη τη μείωση της φωτεινής ροής ενός λαμπτήρα μιας μονάδας LED στη διάρκεια του χρόνου λειτουργίας. Ο συντελεστής συντήρησης φωτεινής ροής λαμπτήρα αναφέρεται ως δεκαδικός αριθμός και μπορεί να παίρνει το μέγιστο την τιμή 1 (δεν υπάρχει καθόλου μείωση φωτεινής ροής).
LMF	(Αγγλικά luminaire maintenance factor)/κατά CIE 97: 2005 Συντελεστής συντήρησης χώρου που λαμβάνει υπόψη τη ρύπανση του φωτιστικού σώματος στη διάρκεια του χρόνου λειτουργίας. Ο συντελεστής συντήρησης φωτιστικού αναφέρεται ως δεκαδικός αριθμός και μπορεί να παίρνει το μέγιστο την τιμή 1 (δεν υπάρχουν καθόλου ρύποι).
LSF	(Αγγλικά lamp survival factor)/κατά CIE 97: 2005 Συντελεστής επιβίωσης λαμπτήρα που λαμβάνει υπόψη την πλήρη διακοπή λειτουργίας ενός φωτιστικού (φωτός) στη διάρκεια του χρόνου λειτουργίας. Ο συντελεστής επιβίωσης λαμπτήρα αναφέρεται ως δεκαδικός αριθμός και μπορεί να λάβει το μέγιστο την τιμή 1 (εντός του χρόνου που λαμβάνεται υπόψη δεν υπάρχουν διακοπές λειτουργίας, ή απευθείας αντικατάσταση μετά από διακοπή λειτουργίας).

Γλωσσάριο

M

MF

(Αγγλικά maintenance factor)/κατά CIE 97: 2005
 Συντελεστής συντήρησης ως δεκαδικός αριθμός μεταξύ 0 και 1 που περιγράφει την αναλογία της νέας τιμής ενός φωτομετρικού μεγέθους μελέτης (π.χ. της έντασης φωτισμού) προς μια τιμή συντήρησης μετά από έναν ορισμένο χρόνο. Ο συντελεστής συντήρησης λαμβάνει υπόψη τη ρύπανση φώτων και χώρων καθώς και τη μείωση φωτεινής ροής και τη διακοπή λειτουργίας πηγών φωτισμού.
 Ο συντελεστής συντήρησης λαμβάνεται υπόψη είτε μία φορά είτε προσδιορίζεται αναλυτικά σύμφωνα με το CIE 97: 2005 μέσω του τύπου $RMF \times LMF \times LLMF \times LSF$.

P

P

(Αγγλικά power)
 Ηλεκτρική κατανάλωση ισχύος
 Μονάδα: Watt
 Συνομογραφία: W

R

R_{UG} max

(engl. rating unified glare)
 Μέτρηση της ψυχολογικής θάμβωσης σε εσωτερικούς χώρους.
 Εκτός από τη φωτεινότητα των φωτιστικών, το επίπεδο της τιμής R_{UG} εξαρτάται επίσης από τη θέση του παρατηρητή, την κατεύθυνση θέασης και τη φωτεινότητα του περιβάλλοντος. Ο υπολογισμός γίνεται σύμφωνα με τη μέθοδο του πίνακα, βλ. CIE 117. Μεταξύ άλλων, το EN 12464-1:2021 καθορίζει τις μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές R_{UG} (R_{UG}) για διάφορους εσωτερικούς χώρους εργασίας.

RMF

(Αγγλικά room maintenance factor)/κατά CIE 97: 2005
 Συντελεστής συντήρησης χώρου που λαμβάνει υπόψη τη ρύπανση των επιφανειών που περικλείουν τον χώρο στη διάρκεια του χρόνου λειτουργίας. Ο συντελεστής συντήρησης χώρου αναφέρεται ως δεκαδικός αριθμός και μπορεί να παίρνει το μέγιστο την τιμή 1 (δεν υπάρχουν καθόλου ρύποι).

U

UGR (max)

(Αγγλ. unified glare rating)
 Μέτρο για την ψυχολογική επίπτωση εκτύφλωσης σε εσωτερικούς χώρους.
 Εκτός από τη φωτεινή πυκνότητα των φώτων, το μέγεθος της τιμής UGR εξαρτάται και από τη θέση του παρατηρητή, την οπτική κατεύθυνση και τη φωτεινή πυκνότητα του περιβάλλοντος χώρου. Μεταξύ άλλων αναφέρονται στο EN 12464-1 μέγιστα επιτρεπόμενες τιμές UGR για διάφορους εσωτερικούς χώρους εργασίας.