

## “ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΔΡΟΜΩΝ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ EN 13201”



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

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΙΩΑΝΝΙΔΗΣ  
ΚΥΡΙΑΚΙΔΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΑΜ: 40038

**ΑΘΗΝΑ**

**ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ – 2016**

Copyright © Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

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

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

*Στον Πατέρα μου, εκεί ψηλά...*

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Πρόεδρο του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Α.Ε.Ι Πειραιά και καθηγητή μου, κ. Γεώργιο Ιωαννίδη για την ανάθεση της πτυχιακής μου εργασίας καθώς και για την καθοδήγησή του κατά την εκπόνηση αυτής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω το Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά, τους καθηγητές μου και συναδέλφους που συνέβαλαν στην εκπαίδευσή μου ως μηχανικό. Επιπλέον, ευχαριστώ την μητέρα μου και τον αδελφό μου για την συμπαράστασή τους και τέλος τον συνάδελφο μου Σταύρο Ποντίκη, για την προσφορά του, στην διεκπεραίωση της εργασίας.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες .....	iv
Περιεχόμενα .....	v
Λίστα σχημάτων .....	vii
Λίστα πινάκων .....	viii
Summary .....	x
Πρόλογος .....	1
<b>1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΛΑΜΠΗΤΗΡΩΝ &amp; ΒΑΣΙΚΑ ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ”</b> .....	<b>1</b>
1.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	1
1.1.1 ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ (LUMINOUS FLUX) .....	2
1.1.2 ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ (LUMINOUS EFFICACY) .....	2
1.1.3 ΦΩΤΕΙΝΗ ΕΝΤΑΣΗ (LUMINOUS INTENSITY) .....	3
1.1.4 ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (ILLUMINANCE) .....	4
1.1.5 ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑ (LUMINANCE) L .....	4
1.1.6 ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ (LIFETIME) .....	4
1.1.7 ΜΕΛΛΑΝ ΣΩΜΑ .....	5
1.1.8 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ( COLOR CORRELATION TEMPERATURE) .....	5
1.1.9 ΔΕΙΚΤΗΣ ΧΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (CRI) .....	6
1.2 ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΟΔΟΦΩΤΙΣΜΟ .....	7
1.2.1 ΘΑΜΒΩΣΗ .....	7
1.2.2 ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ .....	10
1.2.3 ΑΝΤΙΘΕΣΗ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑΣ .....	10
1.2.4 ΑΝΑΚΛΑΣΗ .....	11
<b>2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΑΜΠΗΤΗΡΩΝ ”</b> .....	<b>13</b>
2.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	13
2.2 ΛΑΜΠΗΤΗΡΕΣ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ .....	13
2.3 ΛΑΜΠΗΤΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ .....	17
2.4 ΛΑΜΠΗΤΗΡΑΣ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ (HG) .....	20
2.5 ΛΑΜΠΗΤΗΡΕΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΑΛΟΓΟΝΩΝ .....	24
2.6 ΛΑΜΠΗΤΗΡΕΣ ΝΑΤΡΙΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (Na) .....	25
2.7 ΛΑΜΠΗΤΗΡΕΣ ΝΑΤΡΙΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ .....	27
2.8 ΛΑΜΠΗΤΗΡΕΣ LED (Light Emitting Diodes) .....	28
2.9 ΣΥΚΡΙΣΗ ΛΑΜΠΗΤΗΡΩΝ .....	33
<b>3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΔΡΟΜΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΔΡΟΜΟΥ ”</b> .....	<b>35</b>
3.1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ-ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ .....	35
3.2 ΣΤΗΡΙΞΗ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ .....	40
3.3 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΔΡΟΜΟ .....	41
<b>4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο “ ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΔΡΟΜΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ EN 13201 ”</b> .....	<b>43</b>
4.1 ΓΕΝΙΚΑ .....	43
4.2 ΒΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΤΟΥ ΟΔΟΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ EN 13201 .....	45
4.3 ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ .....	50
4.4 ΠΡΟΤΥΠΟ 13201-2:2004 ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΔΡΟΜΟΥ, ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ .....	52
4.5 ΠΡΟΤΥΠΟ 13201-3:2004 ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΔΡΟΜΟΥ, ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ .....	55
4.5.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑΣ .....	55
4.5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑΣ .....	56

4.5.3	ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΠΟΥ ΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΙ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ.....	58
4.5.4	ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ.....	58
4.6	ΠΡΟΤΥΠΟ 14201-4:2004 ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΔΡΟΜΟΥ, ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ: ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ .....	59
4.6.1	ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ .....	60
4.6.1.1	ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ.....	60
4.6.1.2	ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ .....	60
4.6.1.3	ΕΠΙΡΡΟΗ ΦΩΤΟΣ.....	60
4.6.2	ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟ ΟΧΗΜΑ.....	60
4.7	ΜΕΤΡΗΣΗ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑΣ .....	61
<b>5<sup>ο</sup></b>	<b>Κεφάλαιο “ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΣΕ ΦΩΤΙΣΜΟ ΔΡΟΜΟΥ” .....</b>	<b>62</b>
5.1	ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΠΕΖΟΔΡΟΜΟΥ .....	62
5.2	ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ .....	66
5.3	ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ .....	69
5.4	ΔΡΟΜΟΣ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ.....	73
5.5	ΕΠΑΡΧΙΑΚΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΜΙΑ ΛΩΡΙΔΑ ΑΝΑ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ .....	75
5.6	ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΠΟΛΗΣ .....	78
5.7	ΥΠΟΓΕΙΑ ΔΙΑΒΑΣΗ ΠΕΖΩΝ .....	81
5.8	ΣΤΑΘΜΟΣ ΔΙΟΔΙΩΝ .....	83
5.9	ΠΕΖΟΔΡΟΜΟΣ .....	84
5.10	ΠΕΖΟΔΡΟΜΟΣ 2 .....	87
<b>6<sup>ο</sup></b>	<b>Κεφάλαιο ‘ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ’ .....</b>	<b>89</b>
	<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>90</b>
	<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 .....</b>	<b>91</b>

## ΛΙΣΤΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1: Μετατροπή ηλεκτρικής ισχύος σε φωτεινή ροή .....	3
Σχήμα 1.2: Σχηματική απεικόνιση της φωτεινής έντασης .....	3
Σχήμα 1.3: Παραδείγματα θερμοκρασίας χρώματος.....	6
Σχήμα 1.4: Παραδείγματα απόδοσης των χρωμάτων.....	6
Σχήμα 1.5: Κανονική ανάκλαση.....	11
Σχήμα 1.6: Ημιδιαχέουσα ανάκλαση .....	11
Σχήμα 1.7: Διαχέουσα ανάκλαση .....	12
Σχήμα 2.1: Κύρια μέρη λαμπτήρα πυράκτωσης .....	15
Σχήμα 2.2: Διάφοροι τύποι λαμπτήρων φθορισμού .....	18
Σχήμα 2.3: Κύρια μέρη λαμπτήρα φθορισμού .....	18
Σχήμα 2.4: Επίδραση θερμοκρασίας στην φωτεινή ροή .....	19
Σχήμα 2.5: Κύρια μέρη λαμπτήρα HG .....	23
Σχήμα 2.6: Κύρια μέρη λαμπτήρα μεταλλικών αλογόνων.....	25
Σχήμα 2.7: Κύρια μέρη λαμπτήρα νατρίου .....	28
Σχήμα 3.1 Φωτιστικό τυπου non-cutoff .....	36
Σχήμα 3.2 Φωτιστικό τυπου non-cutoff .....	36
Σχήμα 3.3: Φωτιστικό τύπου Full-Cutoff.....	36
Σχήμα 3.4: Φωτιστικό τύπου Cutoff .....	37
Σχήμα 3.5: Οριζόντια διασπορά φωτιστικού τύπου I.....	37
Σχήμα 3.6: Οριζόντια διασπορά φωτιστικού τύπου II .....	38
Σχήμα 3.7: Οριζόντια διασπορά φωτιστικού τύπου III .....	38
Σχήμα 3.8: Οριζόντια διασπορά φωτιστικού τύπου IV .....	38
Σχήμα 3.9: Οριζόντια διασπορά φωτιστικού τύπου V .....	38
Σχήμα 3.10: Κατηγοριοποίηση IP .....	39
Σχήμα 3.11: Μονόπλευρη διάταξη .....	41
Σχήμα 3.12: Αμφίπλευρη διάταξη.....	41
Σχήμα 3.13: Χιαστί διάταξη .....	42
Σχήμα 3.14: Κεντρική διάταξη.....	42
Σχήμα 3.15: Αξονική διάταξη .....	42
Σχήμα 4.1: Γωνίες για τον προσδιορισμό του συντελεστή λαμπρότητας q .....	56
Σχήμα 4.2: Διάταξη υπολογισμού μέτρησης λαμπρότητας.....	56
Σχήμα 4.3: Θέσεις σημείων .....	57
Σχήμα 4.4: Φωτιστικά που περιλαμβάνονται στον υπολογισμό .....	58
Σχήμα 4.5: Θέσεις παρατηρητή για υπολογισμό λαμπρότητας.....	59

## ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1: Επίπεδα θάμβωσης.....	8
Πίνακας 2.1: Σύγκριση λαμπτήρων.....	33
Πίνακας 2.2: Σύγκριση λαμπτήρων δρόμου.....	34
Πίνακας 4.1: Περιπτώσεις καταστάσεων φωτισμού.....	46
Πίνακας 4.2: Παράμετροι / Λεπτομέρειες του δημόσιου χώρου κυκλοφορίας.....	50
Πίνακας 5.1: Περιπτώσεις καταστάσεων φωτισμού.....	63
Πίνακας 5.2: Περιβαλλοντικός φωτισμός εμβέλεια.....	63
Πίνακας 5.3: Προτεινόμενη κλάση φωτισμού.....	64
Πίνακας 5.4: Παράμετροι.....	64
Πίνακας 5.5: Επιλογή κλάσης.....	65
Πίνακας 5.6: Περιπτώσεις καταστάσεων φωτισμού.....	66
Πίνακας 5.7: Παράμετροι.....	66
Πίνακας 5.8: Επιλογή προτεινόμενης εμβέλειας.....	67
Πίνακας 5.9: Επιλογή κατηγορίας φωτισμού.....	68
Πίνακας 5.10: Αποτελέσματα.....	68
Πίνακας 5.11: Περιπτώσεις καταστάσεων φωτισμού.....	69
Πίνακας 5.12: Παράμετροι.....	70
Πίνακας 5.13: Επιλογή προτεινόμενης εμβέλειας.....	71
Πίνακας 5.14: Επιλογή κατηγορίας φωτισμού.....	71
Πίνακας 5.15: Αποτελέσματα.....	72
Πίνακας 5.16: Επιλογή καταστάσεων φωτισμού.....	73
Πίνακας 5.17: Παράμετροι.....	74
Πίνακας 5.18: Επιλογή κατηγορίας φωτισμού.....	74
Πίνακας 5.19: Επιλογή Περιβαλλοντικού Φωτισμού.....	75
Πίνακας 5.20: Τελική επιλογή τιμών.....	75
Πίνακας 5.21: Επιλογή καταστάσεων φωτισμού.....	75
Πίνακας 5.22: Παράμετροι.....	76
Πίνακας 5.23: Ορισμός Περιβάλλοντα Φωτισμού.....	77
Πίνακας 5.24: Επιλογή κλάσης δρόμου.....	77
Πίνακας 5.25: Τελική επιλογή τιμών.....	77
Πίνακας 5.26: Επιλογή καταστάσεων φωτισμού.....	78
Πίνακας 5.27: Παράμετροι.....	79
Πίνακας 5.28: Περιβαλλοντικός φωτισμός.....	79
Πίνακας 5.29: Επιλογή κλάσης.....	80
Πίνακας 5.30: Αποτελέσματα.....	80
Πίνακας 5.31: Επιλογή καταστάσεων φωτισμού.....	81
Πίνακας 5.32: Παράμετροι.....	82
Πίνακας 5.33: Περιβαλλοντικός φωτισμός.....	82
Πίνακας 5.34: Ροή πεζών.....	82
Πίνακας 5.35: Επιλογή κλάσης.....	82
Πίνακας 5.41: Επιλογή καταστάσεων φωτισμού.....	84
Πίνακας 5.42: Παράμετροι.....	85
Πίνακας 5.43: Επιλογή Κλάσης.....	85
Πίνακας 5.44: Περιβαλλοντικές συνθήκες.....	86
Πίνακας 5.45: Αποτελέσματα.....	86
Πίνακας 5.46: Επιλογή καταστάσεων φωτισμού.....	87
Πίνακας 5.47: Παράμετροι.....	88



Πίνακας 5.48: Ροή πεζών .....	88
Πίνακας 5.49: Περιβαλλοντικός φωτισμός .....	88
Πίνακας 5.50: Επιλογή κλάσης .....	88

## SUMMARY

The purpose of this dissertation is to identify the right way of conducting a research in a case of road lighting, based on the document EN 13201. The first part of this document gives guidelines on the selection of lighting classes and related aspects, whereas the second part indicates the application of these classes. Moreover, in order to successfully complete this analysis the calculation of grids and procedure in necessary and the explanation of this process is defined in the third part of the EN 13201 document. The purpose of these documents is to provide information for the best visibility of the users of outdoor public traffic areas during the hours of darkness to support traffic safety, traffic flow and public security.

The first chapter of this dissertation describes the basic lighting characteristics and the quantities, explaining in depth the following definitions; luminous flux, luminous efficacy, luminous intensity, luminance, lifetime and color correlation temperature. Additionally, in the same chapter an extended analysis of the various types of glare and how to avoid it takes place and the declaration of the utilization factor and its use.

The second chapter, presents all the types of light that exist, describing the lighting process and their characteristics. The end of this chapter contains a comparative table of those lamps.

The third chapter includes all the types and categories of street lights. The fourth chapter is the full presentation of the document EN 13201 with all the parameters.

In conclusion in the fifth and last chapter there are some examples document's application at several types of Greek roads.

**Keywords:** Document EN 13201, road lighting, street lights, luminance, luminous flux

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο σκοπός αυτής της διατριβής είναι να προτείνει το βέλτιστο τρόπο της διεξαγωγής έρευνας σε περίπτωση οδικού φωτισμού, με βάση του προτύπου EN 13201. Το πρώτο μέρος του παρόντος εγγράφου παρέχει κατευθυντήριες γραμμές για την επιλογή των τάξεων φωτισμού και τα συναφή ζητήματα, ενώ το δεύτερο μέρος δείχνει την εφαρμογή αυτών των τάξεων. Επιπλέον, η ανάλυση των υπολογισμών των τιμών, ορίζεται στο τρίτο μέρος του προτύπου EN 13201. Ο σκοπός αυτών των προτύπων είναι η παροχή πληροφοριών για την καλύτερη χρήση των εξωτερικών χώρων κυκλοφορίας κατά τις ώρες του σκότους και για να υποστηρίξει την ασφάλεια και ροή της κυκλοφορίας και τη δημόσια ασφάλεια.

Το πρώτο κεφάλαιο της διατριβής περιγράφει τα βασικά χαρακτηριστικά του φωτισμού και των εμπλεκόμενων μεγεθών, εξηγώντας σε βάθος τούς ορισμούς φωτεινή ροή, φωτεινή απόδοση, φωτεινή ένταση, ένταση φωτισμού, τη διάρκεια ζωής και τη θερμοκρασία χρώματος. Επιπλέον, στο ίδιο κεφάλαιο γίνεται μια εκτεταμένη ανάλυση των διαφόρων τύπων θάμβωσης και πώς να αποφεύγεται.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, παρουσιάζονται όλα τα είδη λαμπτήρων που υπάρχουν, περιγράφοντας τη διαδικασία λειτουργίας τους και τα χαρακτηριστικά τους. Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου παρουσιάζεται ένας συγκριτικός πίνακας αυτών των λαμπτήρων.

Το τρίτο κεφάλαιο περιλαμβάνει όλα τα είδη και τις κατηγορίες των φωτιστικών δρόμου. Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η αναλυτική παρουσίαση του προτύπου EN 13201 με όλες τις παραμέτρους.

Τέλος, στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο υπάρχουν παραδείγματα της εφαρμογής του προτύπου στους διάφορους τύπους ελληνικών δρόμων.

**Λέξεις κλειδιά:** Θάμβωση, πρότυπο EN 13201, φωτισμός δρόμου, φάτα δρόμου, λαμπρότητα, φωτεινή ροή.

# 1<sup>Ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

## “ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΛΑΜΠΗΤΗΡΩΝ & ΒΑΣΙΚΑ ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ”

### 1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το φως ως ακτινοβολία (κύμα) χαρακτηρίζεται από τη ταχύτητα διάδοσης του, η οποία στο κενό είναι ίση με  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s και το μήκος κύματος  $\lambda$  για το οποίο ισχύει:

$$c = \lambda \cdot f \quad \text{όπου } f \text{ η συχνότητα του κύματος}$$

Γενικά, ο ανθρώπινος οφθαλμός είναι ευαίσθητος σε μήκη κύματος από 380nm έως 760nm.

Επίσης, οι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Λαμπτήρες Πυρακτώσεως
  - Λαμπτήρες γενικής χρήσεως
  - Λαμπτήρες αλογόνων
  - Λαμπτήρες μετ'ανακλαστήρος
- Λαμπτήρες Εκ φορτίσεως
  - Υψηλής πίεσεως
    - Λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσεως
    - Λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσεως – διορθωμένου φωτός
    - Λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων
    - Λαμπτήρες νατρίου υψηλής πίεσεως
  - Χαμηλής πίεσεως
    - Λαμπτήρες υδραργύρου χαμηλής πίεσεως
    - Λαμπτήρες νατρίου χαμηλής πίεσεως

Τα κύρια χαρακτηριστικά μεγέθη που περιγράφουν μια φωτεινή πηγή – λαμπτήρα είναι:

- Η φωτεινή ροή
- Η φωτεινή απόδοση
- Η φωτεινή ένταση
- Λαμπρότητα
- Η διάρκεια ζωής

- Η θερμοκρασία χρώματος
- Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης

### 1.1.1 ΦΩΤΕΙΝΗ ΡΟΗ (LUMINOUS FLUX)

Η φωτεινή ροή ορίζεται ως το ποσό της ακτινοβολούμενης ισχύος επί τη βάσει της φωτεινής εντύπωσης που δημιουργεί στον οφθαλμό. Η μονάδα μέτρησης της φωτεινής ροής είναι το Lumen (lm) Οι λαμπτήρες χρησιμεύουν για την μετατροπή της ηλεκτρικής ισχύος σε φωτεινή. Είναι γνωστό ότι ο ανθρώπινος οφθαλμός δεν αντιλαμβάνεται με τον ίδιο τρόπο ίσης ενέργειας αλλά διαφορετικού χρώματος φωτεινά ερεθίσματα.

Η φωτεινή ροή δεν ακτινοβολείται ομοιόμορφα προς όλες τις διευθύνσεις αλλά με μικρότερη ή μεγαλύτερη πυκνότητα. Μόνο οι σημειακές πηγές ακτινοβολούν ομοιόμορφα προς όλες τις διευθύνσεις.

Η φωτεινή ροή εκφράζεται με μαθηματικό τρόπο ως εξής:

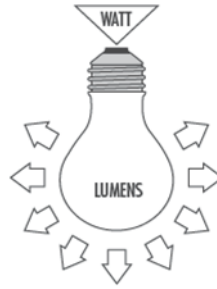
$$K_m \int_0^{\infty} \frac{d\Phi_e}{d\lambda} V(\lambda) d\lambda$$

Όπου:

- $K_m$  : 683lm/W, (η μέγιστη τιμή της φασματική φωτεινής απόδοσης του ανθρώπινου οφθαλμού για φωτοπική όραση)
- $V(\lambda)$  : η φασματική φωτεινή απόδοση του ανθρώπινου οφθαλμού για φωτοπική όραση
- $\frac{d\Phi_e}{d\lambda} d\lambda$  : εκπεμπόμενη ισχύς σε διάστημα μήκους κύματος από  $\lambda$  μέχρι  $\lambda+d\lambda$ .

### 1.1.2 ΦΩΤΕΙΝΗ ΑΠΟΔΟΣΗ (LUMINOUS EFFICACY)

Η φωτεινή απόδοση που μετριέται σε lm/W, εκφράζει το ποσό της αποδιδόμενης φωτεινής ροής ενός λαμπτήρα για κάθε Watt καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ισχύος. (Σχήμα 1.1). Αύξηση των lumen ανά καταναλισκόμενο Watt σημαίνει υψηλότερη απόδοση και χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Η μέγιστη θεωρητική φωτεινή απόδοση που μπορεί να επιτευχθεί μετατρέποντας όλη την ενέργεια σε ορατό φως είναι 683 lm/W. Στη πράξη επιτυγχάνονται πολύ μικρότερες τιμές.



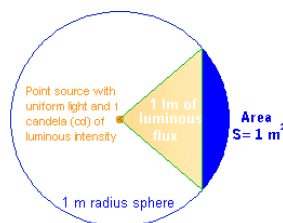
**Σχήμα 1.1:** Μετατροπή ηλεκτρικής ισχύος σε φωτεινή ροή

### 1.1.3 ΦΩΤΕΙΝΗ ΕΝΤΑΣΗ (LUMINOUS INTENSITY)

Μια φωτεινή πηγή δεν εκπέμπει ομοιόμορφα το φως που παράγει. Ορίζεται ως φωτεινή ένταση μιας πηγής φωτός σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, το πηλίκο της φωτεινής ροής  $d\Phi$  που εκπέμπεται από την πηγή σε μια στοιχειώδη στερεά γωνία  $d\omega$  γύρω από την θεωρούμενη κατεύθυνση, προς τη στοιχειώδη στερεά γωνία  $d\omega$  (Σχήμα 1.2).

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

Μονάδα μέτρησης της φωτεινής έντασης είναι η candela [cd]



**Σχήμα 1.2:** Σχηματική απεικόνιση της φωτεινής έντασης

Αν η πηγή φωτός δεν παρουσιάζει την ίδια διανομή της φωτεινής εντάσεως προς όλες τις κατεύθυνσης (μη συμμετρική), τότε δίνεται σε περισσότερα από ένα επίπεδα που περνούν από έναν ή περισσότερους άξονες συμμετρίας του φωτιστικού σώματος.

Το πολικό διάγραμμα δίνεται συνήθως για λαμπτήρα φωτεινής ροής 1000 Lm για να γίνονται πιο εύκολα οι συγκρίσεις μεταξύ διαφορετικών λαμπτήρων.

#### 1.1.4 ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (ILLUMINANCE)

Η ένταση φωτισμού  $E$  σ' ένα σημείο μιας επιφάνειας είναι το πηλίκο της φωτεινής ροής  $d\Phi$  που λαμβάνει στοιχειώδης επιφάνεια εμβαδού  $dA$  η οποία περιέχει το σημείο αυτό προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής.

$$E = \frac{d\Phi}{dA}$$

Μονάδα μέτρησης της έντασης φωτισμού είναι το 1 Lux ή lx.

Η μέτρηση της έντασης φωτισμού μιας επιφάνειας γίνεται με το φωτόμετρο.

#### 1.1.5 ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑ (LUMINANCE) L

Λαμπρότητα είναι το φυσικό μέγεθος μέτρησης του φωτός ανά τη φαινόμενη φωτιστική επιφάνεια. Ο παρατηρητής αντιλαμβάνεται το φωτιστικό σώμα ως μια φωτιστική επιφάνεια κάθετη στην κατεύθυνση παρατήρησης, δηλαδή η φαινόμενη φωτιστική επιφάνεια είναι η γεωμετρική προβολή του φωτιστικού στην οθόνη του παρατηρητή. Επιπλέον, ο παρατηρητής δέχεται το φως που στέλνει το φωτιστικό προς την κατεύθυνση παρατήρησης. Ορίζεται λαμπρότητα το πηλίκο της Φωτεινής έντασης ( $I$ ) της πηγής στην κατεύθυνση του παρατηρητή προς το εμβαδόν ( $S$ ) της επιφάνειας της πηγής το οποίο βλέπει ο παρατηρητής.

$$L = \frac{I}{S}$$

Μονάδα μέτρησης της λαμπρότητας είναι  $\text{cd/m}^2$

#### 1.1.6 ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ (LIFETIME)

Η διάρκεια ζωής ενός λαμπτήρα είναι ο αριθμός των ωρών λειτουργίας του όταν το 50% μιας μεγάλης ομάδας λαμπτήρων της ίδιας κατηγορίας καταστρέφονται αλλά και όταν το φως του λαμπτήρα πέσει κάτω από ένα ποσοστό (70%) οπότε στη διάρκεια ζωής δεν προσμετράται το χρονικό διάστημα της μειωμένης φωτιστικής απόδοσης.

### 1.1.7 ΜΕΛΑΝ ΣΩΜΑ

Η θερμική ακτινοβολία ενός σώματος το οποίο απορροφά όλη την προσπίπτουσα σ' αυτό ακτινοβολία εξαρτάται αποκλειστικά από την θερμοκρασία του. Το σώμα αυτό καλείται μέλαν σώμα. Το σώμα αυτό χαρακτηρίζεται από τον υψηλότερο συντελεστή ακτινοβολίας απ' όλους τους θερμικούς ακτινοβολητές ανεξαρτήτως θερμοκρασίας και μήκους κύματος. Η ιδέα του μέλανος σώματος είναι θεωρητική και στην πράξη έχει προσομοιωθεί ο τρόπος λειτουργίας του σε πολύ ειδικά εργαστήρια. Η ακτινοβολία ενός μέλανος σώματος υπακούει τον νόμο του Planck ο οποίος δίδει την ακτινοβολούμενη ενέργεια συναρτήσει του μήκους κύματος και της απόλυτης θερμοκρασίας του.

### 1.1.8 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ ( COLOR CORRELATION TEMPERATURE)

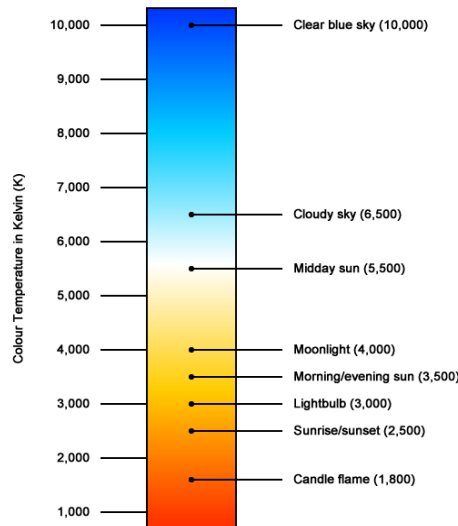
Ο ανθρώπινος οφθαλμός είναι δυνατόν να αποδώσει τον ίδιο χρωματισμό, οπότε και το λευκό χρώμα, σε ακτινοβολίες διαφορετικής φασματικής συνθέσεως (Σχήμα 1.3). Για τον λόγο αυτό ως λευκό χρώμα αντιλαμβανόμαστε το οπτικό αποτέλεσμα προερχόμενο από την υπέρθεση όλων των μονοχρωματικών ακτινοβολιών του συνεχούς φάσματος ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως αλλά και εκείνου που προέρχεται από τη συμβολή δύο συμπληρωματικών χρωμάτων όπως συμβαίνει στην περίπτωση του λαμπτήρα φθορισμού.

Η διαφορά των δύο παραπάνω γίνεται σαφής όταν φωτίζουμε το ίδιο έγχρωμο αντικείμενο. Έτσι λέγοντας ότι ένας λαμπτήρας έχει θερμοκρασία χρώματος  $T_c$  (σε Kelvin) εννοούμε ότι με μεγάλη προσέγγιση η ενεργειακή φασματική κατανομή του φωτός που εκπέμπει, μοιάζει με εκείνη της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από το μέλαν σώμα όταν βρίσκεται στη θερμοκρασία  $T_c$ .

Υπάρχουν τρεις χρωματικές κατηγορίες (Σχήμα 1.3):

- «ζεστό» λευκό με  $T_c < 3300 \text{ }^\circ\text{K}$
- «ουδέτερο» λευκό με  $3300 \text{ }^\circ\text{K} < T_c < 5000 \text{ }^\circ\text{K}$
- λευκό «ημέρας» με  $T_c > 5000 \text{ }^\circ\text{K}$





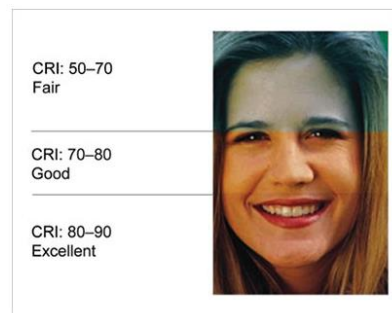
**Σχήμα 1.3:** Παραδείγματα θερμοκρασίας χρώματος

### 1.1.9 ΔΕΙΚΤΗΣ ΧΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ (CRI)

Προσδιορίζει το βαθμό πιστότητας στην απόδοση των χρωμάτων σε σχέση με την απόδοση τους, όταν φωτίζονται από πρότυπη φωτεινή πηγή. Πρότυπες φωτεινές πηγές με δείκτη χρωματικής απόδοσης 100 θεωρούνται ο ήλιος (φυσική φωτεινή πηγή) και ο λαμπτήρας πυράκτωσης (τεχνητή φωτεινή πηγή).

Ο δείκτης χρωματικής απόδοσης έχει ιδιαίτερη σημασία στους λαμπτήρες φθορισμού και στις τιμές (Σχήμα 1.4) :

- 90 - 100 υποδηλώνει απόδοση χρωμάτων εξαιρετική
- 80 - 90 υποδηλώνει απόδοση χρωμάτων καλή
- 50 - 80 υποδηλώνει απόδοση χρωμάτων κακή



**Σχήμα 1.4:** Παραδείγματα απόδοσης των χρωμάτων

## 1.2 ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΟΔΟΦΩΤΙΣΜΟ

### 1.2.1 ΘΑΜΒΩΣΗ

Θάμβωση είναι το φαινόμενο κατά το οποίο οι συνθήκες ορατότητας είναι τέτοιες ώστε κάποιος να αισθάνεται ενόχληση και μείωση της ικανότητας να διακρίνει αντικείμενα εξαιτίας της μη κατάλληλης κατανομής της λαμπρότητας, λόγω υπερβολικών αντιθέσεων της.

Η θάμβωση μπορεί να πάρει δύο μορφές, οι οποίες κάποιες φορές συμβαίνουν ξεχωριστά και κάποιες άλλες ταυτόχρονα.

Οι δύο μορφές είναι γνωστές ως εξής:

- Φυσιολογική θάμβωση (disability glare)

Η οποία έχει ως αποτέλεσμα την μειωμένη οπτική εκτέλεση πράξεων και οπτική ικανότητα.

- Ψυχολογική θάμβωση (discomfort glare)

Η οποία δημιουργεί αίσθημα δυσφορίας αλλά δεν μειώνει την οπτική ικανότητα απαραίτητως. Επίσης, ανεξάρτητα από την μορφή της, η θάμβωση μπορεί να είναι άμεση ή ανακλώμενη.

- Η άμεση θάμβωση μπορεί να προκληθεί από ένα «ιδιαιτερο φωτεινό» φωτιστικό το οποίο θα βρεθεί εντός του οπτικού πεδίου ενός παρατηρητή
- Η ανακλώμενη θάμβωση προκύπτει όταν κάποιο φωτιστικό σημείο φωτίζει εκτός από τον δρόμο και κάποιο άλλο κοντινό σημείο (σπίτι, πινακίδα, τοίχο) έτσι ο φωτισμός ανακλάται και το αποτέλεσμα του οπτικού πεδίου του παρατηρητή αλλοιώνεται.

#### Μέθοδοι υπολογισμού θάμβωσης

Για την εκτίμηση της θάμβωσης στον φωτισμό δρόμου, χρησιμοποιούνται οι παρακάτω δύο μέθοδοι:

- Η μέθοδος της «αύξησης κατωφλίου» (Threshold Increment) [TI]
- Η μέθοδος Glare Control Mark (GCM)

Οι μέθοδοι αυτοί χρησιμοποιούνται σε σταθερές εγκαταστάσεις φωτισμού δρόμου για την ποσοτικοποίηση της θάμβωσης και χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τον υπολογισμό της θάμβωσης του δρόμου γιατί η κατεύθυνση θέασης του παρατηρητή είναι μεταβλητή και όχι σταθερή.

### Μέθοδος Glare Control Mark

Η μέθοδος αυτή είναι μέθοδος που χρησιμοποιείται για την περιγραφή της ψυχολογικής θάμβωσης (discomfort glare). Η κλίμακα που χρησιμοποιείται σε αυτή την μέθοδο φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 1.1):

Πίνακας 1.1: Επίπεδα θάμβωσης

G=1	Μη ανεκτή θάμβωση
G=3	Ενοχλητική θάμβωση
G=5	Οριακά ανεκτή θάμβωση
G=7	Ικανοποιητική θάμβωση
G=9	Μη παρατηρήσιμη θάμβωση

Η μέθοδος υπολογισμού του G περιγράφεται πλήρως στην δημοσίευση της CIE No 31-1976 και μπορεί να εφαρμοστεί σε ευθύγραμμα τμήματα δρόμου στα οποία τα φωτιστικά είναι ομοιόμορφα τοποθετημένα.

Η μέθοδος **Glare Control Mark** χρησιμοποιεί τις φωτεινές εντάσεις του φωτιστικού προς τον χρήστη και τον αριθμό των φωτιστικών ανά χιλιόμετρο για τον υπολογισμό της φαινόμενης θάμβωσης.

Παρακάτω αναφέρεται η σχέση υπολογισμού του G:

$$G = 13,84 - 3,31 \cdot \log I_{80} + 1,3 \left( \log \frac{I_{80}}{I_{88}} \right)^{0,5} - 0,08 \cdot \left( \log \frac{I_{80}}{I_{88}} \right) + 1,29 \log F + 0,97 \log L_b + 4,41 \log h' - 1,45 \log q$$

Όπου:

- $I_{80}$ : η φωτεινή ένταση του φωτιστικού στις 80° κατακόρυφα
- $I_{88}$ : η φωτεινή ένταση του φωτιστικού στις 88° κατακόρυφα
- $F$ : η φωτεινή επιφάνεια του φωτιστικού όπως αυτή φαίνεται από τις 80° κατακόρυφα
- $L_b$ : η λαμπρότητα περιβάλλοντος χώρου
- $h'$ : το προσαρμοσμένο ύψος του φωτιστικού (κατακόρυφη απόσταση μεταξύ οφθαλμών και φωτιστικού)
- $p$ : ο αριθμός φωτιστικών ανά χιλιόμετρο (km)

## Μέθοδος αύξησης του κατωφλίου, Threshold Increment (TI)

Αυτή η μέθοδος, αποτελεί μια άλλη μέθοδο έκφρασης της επίδρασης της θάμβωσης. Γενικά, οι τιμές TI θα πρέπει να συνδεθούν με την ασφάλεια στο δρόμο. Ενώ η σχέση μεταξύ TI και ασφάλειας δρόμου είναι άγνωστη, υπάρχει μια γνωστή σχέση μεταξύ της ικανότητας οπτικής εκτέλεσης και της ασφάλειας δρόμου.

Η τιμή του TI εξαρτάται από:

- Τη διανομή του φωτός από το φωτιστικό μεταξύ 70° και 90° στο κατακόρυφο επίπεδο
- Τη λαμπρότητα του δρόμου
- Τη διάταξη των φωτιστικών
- Το ύψος ανάρτησης
- Τη θέση του παρατηρητή

Η τιμή του TI δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$TI = 65 \frac{L_v}{L_{av}^{0,8}}$$

$L_v$ : ισοδύναμη λαμπρότητα σε  $cd/m^2$  για έναν παρατηρητή ο οποίος βλέπει σε ευθεία παράλληλη προς τον διαμήκη άξονα του δρόμου και 1° κάτω από το οριζόντιο επίπεδο

$L_{av}$ : η μέση λαμπρότητα της επιφάνειας του δρόμου σε  $cd/m^2$

Η λαμπρότητα  $L_v$  υπολογίζεται με βάση την παρακάτω σχέση:

$$L_v = k \frac{E_{gl}}{\theta^n}$$

Όπου

- $k$ : παράγοντας ο οποίος εξαρτάται από την ηλικία του παρατηρητή. Για παρατηρητή 25 ετών  $k=9,2$ .
- $E_{gl}$ : η ένταση φωτισμού στο επίπεδο του οφθαλμού του παρατηρητή προερχόμενη από την πηγή θάμβωσης
- $\theta$ : η γωνία μεταξύ της γραμμής θέασης του παρατηρητή και της πηγής που προκαλεί θάμβωση
- $n$ : σταθερά η οποία εξαρτάται από την γωνία  $\theta$

$$n = 2,3 - 0,07 \log \theta \quad \text{για } 0,2^\circ < \theta < 2^\circ$$

$$n = 2 \quad \text{για } \theta > 2^\circ$$

Πρακτικά μπορούμε να πούμε ότι η θάμβωση μπορεί να αποφευχθεί όταν μεταξύ των σημείων του οπτικού πεδίου με την μέγιστη και την ελάχιστη λαμπρότητα ισχύει η σχέση:

$$\frac{L_{max} - L_{min}}{L_{min}} < 10\%$$

### 1.2.2 ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ

Η ορατότητα ενός αντικειμένου επί του οδοστρώματος εξαρτάται άπο την κατανομή της λαμπρότητας πάνω σε αυτό. Εισάγεται, λοιπόν, η έννοια της ομοιομορφίας της κατανομής της λαμπρότητας, την οποία εκφράζουν οι ακόλουθοι συντελεστές:

Ο γενικός συντελεστής ομοιομορφίας ( $U_0$ ) ορίζεται ως ο λόγος  $L_{min}/L_{mean}$  ή  $L_{min}/L_{max}$ , όπου  $L_{min}$  η ελάχιστη λαμπρότητα στο σύνολο της υπό μελέτη επιφάνειας του οδοστρώματος,  $L_{mean}$  η μέση και  $L_{max}$  η μέγιστη αντίστοιχη λαμπρότητα.

Ο συντελεστής διαμήκους ομοιομορφίας ( $U_1$ ) ο οποίος ορίζεται ως ο μικρότερος λόγος  $L_{min}/L_{max}$  σε ευθείες παράλληλες προς τον άξονα του δρόμου κι έτσι αντικατοπτρίζει την ομοιομορφία που αντιλαμβάνεται ο οδηγός κινούμενος κατά τον άξονα του οδοστρώματος. Είναι προφανής, λοιπόν, η επίδραση της διαμήκους ομοιομορφίας στην αρτιότητα του συστήματος φωτισμού καθώς ανεπάρκειά της συνεπάγεται προβλήματα άνεσης και ασφάλειας.

Ο συντελεστής εγκάρσιας ομοιομορφίας ( $U_v$ ) ο οποίος ορίζεται ως ο μικρότερος λόγος  $L_{min}/L_{max}$  σε ευθείες κάθετες προς τον άξονα της οδού. Ικανοποιητική τιμή εγκάρσιας ομοιομορφίας επιτρέπει στον οδηγό να διακρίνει την επιφάνεια του οδοστρώματος καθ' όλο του το πλάτος.

### 1.2.3 ΑΝΤΙΘΕΣΗ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑΣ

Η αναγνώριση των αντικειμένων βασίζεται στη διαφορά λαμπρότητας των αντικειμένων και του περιβάλλοντος τους. Αυτή η διαφορά αποτελεί την αντίθεση λαμπρότητας και δίνεται από την εξίσωση:

$$C = \frac{L_o - L_b}{L_b}$$

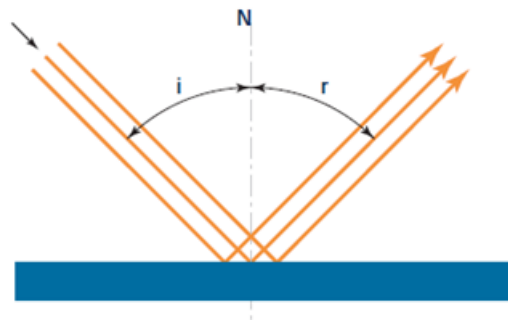
Όπου  $L_o$  είναι η λαμπρότητα του αντικειμένου και  $L_b$  η λαμπρότητα του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο μπορεί το αντικείμενο να γίνει ορατό (φόντο). Η τιμή της αντίθεσης λαμπρότητας κυμαίνεται από  $-1$  έως άπειρο. Στις θετικές τιμές το αντικείμενο εμφανίζεται σαν φωτεινή εικόνα μέσα σε ένα σκοτεινό περιβάλλον. Συνήθως ο οδηγός αναγνωρίζει ένα αντικείμενο σαν σκοτεινή φιγούρα μέσα στο φωτεινό περιβάλλον της επιφάνειας του οδοστρώματος (αρνητικές τιμές αντίθεσης).

#### 1.2.4 ΑΝΑΚΛΑΣΗ

Η ανάκλαση ως φαινόμενο και ο συντελεστής ανάκλασης ως φωτοτεχνικό μέγεθος παρουσιάζουν και πρακτικό ενδιαφέρον στις μελέτες φωτισμού δρόμων, δεδομένου ότι με βάση τις ιδιότητες ανάκλασής τους ταξινομούνται σε κατηγορίες τα οδοστρώματα.

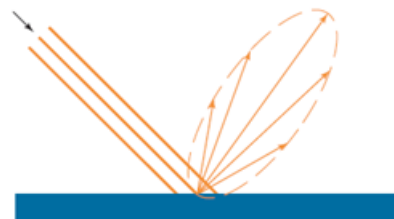
Παρακάτω παρουσιάζονται οι μορφές ανάκλασης:

**Κανονική Ανάκλαση:** Το φως προσπίπτει σε απόλυτα σιλιπνή επιφάνεια και η γωνία ανάκλασης είναι ίδια με την γωνία πρόσπτωσης (Σχήμα 1.5).



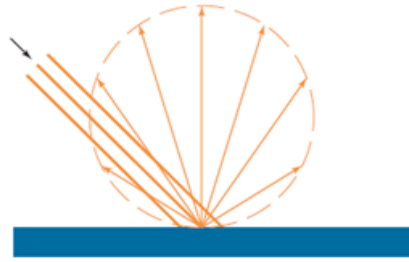
Σχήμα 1.5: Κανονική ανάκλαση

**Ημιδιαχέουσα Ανάκλαση:** Το φως που προσπίπτει στην επιφάνεια δεν διαχέεται προς όλες τις κατευθύνσεις αλλά εντός γωνίας η οποία δεν υπερβαίνει την γωνία πρόσπτωσης (Σχήμα 1.6).



Σχήμα 1.6: Ημιδιαχέουσα ανάκλαση

**Διαχέουσα Ανάκλαση:** Το φως που προσπίπτει στην επιφάνεια διαχέεται προς όλες τις κατευθύνσεις (Σχήμα 1.7).



**Σχήμα 1.7:** Διαχέουσα ανάκλαση

Ορίζεται ως *συντελεστής ανάκλασης* το πηλίκο της ροής που ανακλάται από μία επιφάνεια προς τη ροή που προσπίπτει σε αυτή.

## 2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΑΜΠΗΤΡΩΝ”

#### 2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι λαμπτήρων φωτισμού, ο καθένας εκ των οποίων είναι σχεδιασμένος για διαφορετική χρήση. Η επιλογή του κατάλληλου λαμπτήρα είναι πολύπλοκη και αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην εξοικονόμηση ενέργειας και στο τελικό αποτέλεσμα φωτισμού ενός χώρου. Επιπλέον, μετά την 1/1/2013 όπου επήλθε η κατάργηση των λαμπτήρων πυρακτώσεως η ανάγκη για νέες τεχνολογίες φωτισμού είναι πιο μεγάλη από ποτέ.

Παρακάτω αναλύονται τα χαρακτηριστικά και τα είδη λαμπτήρων φωτισμού.

Αναλυτικότερα παρουσιάζονται οι εξής λαμπτήρες:

- Λαμπτήρες πυρακτώσεως
- Λαμπτήρες φθορισμού
- Λαμπτήρες υδραργύρου
- Λαμπτήρες μεταλλικών αλογόνων
- Λαμπτήρες νατρίου χαμηλής και υψηλής πίεσης
- Λαμπτήρες LED

#### 2.2 ΛΑΜΠΗΤΡΕΣ ΠΥΡΑΚΤΩΣΕΩΣ

Ο λαμπτήρας πυράκτωσης είναι γνωστή συσκευή παραγωγής φωτός που εφευρέθηκε από τον Αμερικανό Τόμας Έντισον, τον οποίο παρουσίασε για πρώτη φορά στις 31 Δεκεμβρίου του 1879.

Ο λαμπτήρας πυράκτωσης περιλαμβάνει ένα λεπτό μεταλλικό νήμα, από βαρύ, δύστηκτο μέταλλο, συνήθως βολφράμιο, τυλιγμένο σε σπείρες. Αυτό φέρεται από τις άκρες του συγκολλημένο σε δύο παχύτερα σύρματα από όπου εφαρμόζεται η ηλεκτρική τάση η οποία θέτει τα ηλεκτρικά φορτία σε κίνηση η οποία εξαναγκάζει το νήμα να φωτοβολεί από τη θέρμανσή του. Όταν το μήκος του νήματος είναι μεγαλύτερο των 2 cm τότε αυτό συγκρατείται και ενδιάμεσα από μη ηλεκτροφόρα σύρματα σε ακτινική διάταξη. Η κατασκευή αυτή περικλείεται σε γυάλινη σφαιρική ή ελλειπτική φύσιγγα χαμηλής πίεσης αερίου. Η φύσιγγα



αυτή σε λαμπτήρες μικρής ισχύος είναι αερόκενη, ή σε λαμπτήρες μεγάλης ισχύος περιέχει αδρανές αέριο, συνήθως άζωτο. Ο λαμπτήρας μπορεί να διαθέτει βιδωτή επαφή που συνδέεται με τον έναν πόλο και μια επαφή στην βάση που συνδέεται με τον άλλο πόλο. Η όλη διάταξη περιέχεται σε στήριγμα από πορσελάνη.

### **Είδη λαμπτήρων πυρακτώσεως**

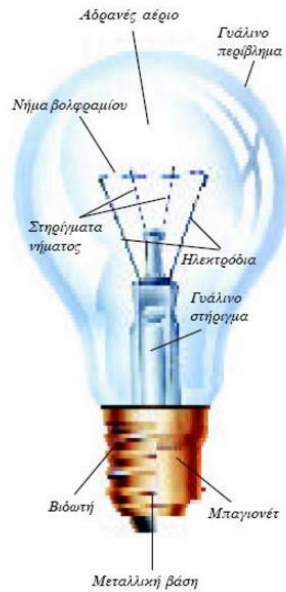
Οι λαμπτήρες πυρακτώσεως χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Λαμπτήρες χρήσης
- Λαμπτήρες με ανακλαστήρα
- Λαμπτήρες με παραβολικό ανακλαστήρα
- Λαμπτήρες ψυχρής δέσμης
- Λαμπτήρες καθρέφτη
- Ραβδοειδής λαμπτήρες
- Διακοσμητικές λάμπες
- Λαμπτήρες ειδικών εφαρμογών
- Λαμπτήρες αλογόνου

### **Κύρια μέρη λαμπτήρα πυρακτώσεως (Σχήμα 2.1)**

Τα κύρια μέρη ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως είναι:

- Το νήμα
- Η στήριξη νημάτων
- Ο κώδωνας
- Το αέριο πληρώσεως
- Ο κάλυκας βάσεως



**Σχήμα 2.1:** Κύρια μέρη λαμπτήρα πυράκτωσης

### Διάρκεια ζωής

Ένας λαμπτήρας πυράκτωσης έχει διάρκεια ζωής περίπου 750 - 1500 ώρες συνεχούς λειτουργίας. Όσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς του τόσο μικρότερη είναι η ζωή του. Ο λαμπτήρας πυράκτωσης ανάβει μόνο όταν και οι δύο επαφές του ακουμπούν και στους δύο πόλους της μπαταρίας ή της πρίζας. Στις περιπτώσεις που η λάμπα δεν ανάβει, έχει κοπεί (καεί από υπερβολική αύξηση του ηλεκτρικού ρεύματος απότομα) το νήμα.

### Λαμπτήρες Αλογόνου

Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στους συνήθεις αυτούς λαμπτήρες είναι της τάξεως των  $2.800^{\circ}\text{K}$ , με φωτεινή απόδοση περίπου  $12\text{ lm/W}$ . Υπάρχουν όμως και λαμπτήρες πυράκτωσης με απόδοση  $25\text{ lm/W}$  και θερμοκρασία νήματος στους  $3.100^{\circ}\text{K}$ . Αυτοί οι λαμπτήρες που ονομάζονται και "λαμπτήρες ιωδίου - χαλαζία" (ευρύτερα γνωστοί ως λαμπτήρες αλογόνου) περιέχουν αδρανές αέριο και ατμούς ιωδίου ή βρωμίου. Έχουν σχήμα σωλήνα μικρής διαμέτρου με αξονική διαμήκη διάταξη του νήματος βολφραμίου. Το γυαλί είναι χαλαζιακό και όταν λειτουργεί ο λαμπτήρας, η θερμοκρασία του φθάνει στους  $600^{\circ}\text{C}$ . Οι λαμπτήρες αλογόνου αναπτύχθηκαν για να λύσουν το πρόβλημα της μικρής διάρκειας ζωής των λαμπτήρων πυράκτωσης καθώς ένας τυπικός λαμπτήρας αλογόνου έχει διάρκεια ζωής περίπου 2000 ώρες, σχεδόν διπλάσια από έναν τυπικό λαμπτήρα πυράκτωσης.

### **Αιτίες μείωσης ζωής**

Κύρια αιτία φθοράς και "θανάτου" του λαμπτήρα πυράκτωσης είναι η εξάχνωση του βολφραμίου του νήματος που προοδευτικά το πάχος του μειώνεται μέχρις ότου να αποκοπεί στο σημείο όπου είναι ασθενέστερος. Το βολφράμιο εξαχνούμενο μεταφέρεται και επικάθεται στα ψυχρότερα σημεία της φύσιγγας. Αυτή είναι και η αιτία του μαυρίσματος του λαμπτήρα. Η εξάχνωση αυτή είναι ταυτόχρονα και η αιτία να εμποδίζεται η αύξηση της θερμοκρασίας με απώτερο και κύριο τελικά σκοπό την επιτυχία λευκότερου φωτός αφενός και αφετέρου υψηλότερο βαθμό απόδοσης. Άλλες σημαντικές αιτίες μείωσης ζωής τους είναι σε:

- Αυξήσεις της τάσης, σε αύξηση περίπου του 5%, παρατηρείται ελάττωση ζωής 30%.
- Ανάμματα των λαμπτήρων αυτών, τούτο σημαίνει πως σε 1/10 sec περνάει ρεύμα σχεδόν 12 φορές περισσότερο από το κανονικό. Αυτό συμβαίνει επειδή η αντίσταση που παρουσιάζει το νήμα βολφραμίου είναι περίπου 12 φορές μικρότερη όταν είναι αυτό κρύο σε σχέση με την αντίσταση που παρουσιάζει αυτό όταν είναι ζεστό, δηλαδή σε λειτουργία.

Στους λαμπτήρες αλογόνου η ζωή μειώνεται όταν τους πιάνουμε με γυμνό χέρι, πχ κατά την τοποθέτηση. Αν συμβεί κάτι τέτοιο, αναπόφευκτα αφήνουμε λάδι από το σώμα μας πάνω στο γυαλί το οποίο απορροφά (και κατακρατά) πιο πολλή θερμότητα με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται μεγαλύτερες θερμοκρασίες και να μειώνεται η ζωή του λαμπτήρα. Στους κοινούς λαμπτήρες το γυαλί βρίσκεται μακριά από το νήμα πυράκτωσης και δεν προκαλείται σοβαρό πρόβλημα όταν τους τοποθετούμε με γυμνό χέρι.

### **Χρήση**

Η χρήση των κοινών αυτών λαμπτήρων σήμερα, μειώνεται συνεχώς, λόγω της απαγόρευσης διάθεσης τους από σχεδόν όλα τα σημεία πώλησης.

### **Φωτεινή απόδοση**

Θεωρητικά, ένας λαμπτήρας πυράκτωσης όταν λειτουργεί σε θερμοκρασία κοντά στο σημείο τήξεως του βολφραμίου εμφανίζει φωτεινή απόδοση της τάξεως των 53 lm/W λόγω της μη καλής μεταφοράς θερμότητας ή της μετάδοσης απωλειών.

Στην πράξη η αποδιδόμενη φωτεινή ροή ενός λαμπτήρα πυράκτωσης είναι αρκετά χαμηλότερη. Για παράδειγμα για σύγχρονους λαμπτήρες πυράκτωσης με διάρκεια χρόνου λειτουργίας 1000 ώρες η φωτεινή απόδοση τους κυμαίνεται μεταξύ 8 και 21.5 lm/W.

## 2.3 ΛΑΜΠΗΤΗΡΕΣ ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ

Οι λαμπτήρες φθορισμού είναι ευρύτατα διαδεδομένοι τα τελευταία 30 χρόνια και αντικαθιστούν τους λαμπτήρες πυρακτώσεως σε ολοένα περισσότερες εφαρμογές κυρίως λόγω της μεγάλης οικονομίας που προσφέρουν αλλά και της βελτίωσης της ποιότητας του φωτός που παρέχουν. Ανήκουν στην κατηγορία των λαμπτήρων εκκένωσης χαμηλής πίεσης μέσα στις οποίες το ορατό φως παράγεται κυρίως από επικαλύψεις φωσφόρου ενεργοποιούμενες από την προσπίπτουσα υπεριώδη ακτινοβολία. Ο λαμπτήρας, συνήθως σωληνωτού σχήματος, με ένα ηλεκτρόδιο σε κάθε του άκρη, περιέχει ατμούς υδραργύρου σε χαμηλή πίεση με ένα μικρό ποσό αδρανούς ευγενούς αερίου (κυρίως νέο και αργό) για την διευκόλυνση της έναρξης του τόξου. Στα άκρα του σωλήνα βρίσκονται δύο ηλεκτρόδια με μορφή σύνθετων νημάτων τα οποία εξασφαλίζουν ομοιογενή θερμοϊονική εκπομπή ηλεκτρονίων και μεγάλο χρόνο ζωής. Τα εσωτερικά τοιχώματα του γυάλινου σωλήνα καλύπτονται από φθορίζουσες πούδρες, κοινώς ονομαζόμενες «φώσφοροι». Οι ουσίες αυτές συνήθως είναι άλατα του πυριτίου με προσμίξεις μαγγανίου και άλατα του βορίου ή του βολφραμίου.

Όταν εφαρμοστεί η κατάλληλη τάση, παράγεται τόξο μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων διαμέσου του ατμού υδραργύρου εξαιτίας του ιονισμού του. Αυτή η εκκένωση παράγει μερική ορατή ακτινοβολία, αλλά επί το πλείστο αόρατη υπεριώδη ακτινοβολία, η οποία διεγείρει τους φωσφόρους να εκπέμψουν ορατό φως. Από την παραγόμενη θερμότητα εξατμίζονται τα άτομα υδραργύρου με τα οποία συγκρούονται τα ηλεκτρόνια και έτσι μεγάλος αριθμός ατόμων Hg διεγείρονται ενώ κάποια ιονίζονται. Το τόξο εκφόρτισης που παράγεται κυριαρχείται από τα ιονισμένα άτομα του Hg. Τα διεγερόμενα άτομα Hg είναι αυτά που παράγουν φωτόνια στην υπεριώδη όμως περιοχή του φάσματος τα οποία προσπίπτοντας στην εσωτερική επιφάνεια του σωλήνα, η οποία είναι επιστρωμένη με φθορίζουσα ουσία, μετατρέπονται σε ορατά φωτόνια. Η διαδικασία πλήρης εξάτμισης του λαμπτήρων αυτών ολοκληρώνεται σε παραγόμενη φωτεινή ροή.

### Είδη λαμπτήρων φθορισμού (Σχήμα 2.2)

- Γραμμικοί λαμπτήρες φθορισμού

Λαμπτήρας φθορισμού ευθείας σωληνοειδούς μορφής που φέρει από ένα ζεύγος ακίδων για ηλεκτρική τροφοδοσία σε κάθε άκρο του.

- Διαμέτρου 38mm (T12)
- Διαμέτρου 26mm (T8)

- Διαμέτρου 16mm (T5)

- Συμπαγείς Λαμπτήρες

Λαμπτήρας φθορισμού ενός άκρου με κυρτό σωλήνα εκκένωσης μικρής διαμέτρου, περίπου 10-16 mm, ο οποίος αποτελεί μία πολύ συμπαγή μονάδα.

- Ολοκληρωμένοι (με στραγγαλιστικό)
- Συμπαγείς (χωρίς στραγγαλιστικό)
- Λαμπτήρες Επαγωγής

Συμπαγής λαμπτήρας φθορισμού άνευ ηλεκτροδίου, όπου η εκκένωση προκαλείται από υψηλής συχνότητας ενεργειακή ροή.

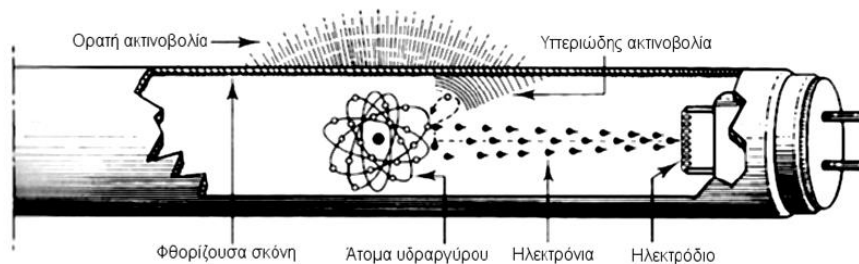


Σχήμα 2.2: Διάφοροι τύποι λαμπτήρων φθορισμού

### Κύρια μέρη λαμπτήρα (Σχήμα 2.3)

Τα βασικά μέρη ενός λαμπτήρα φθορισμού φαίνονται στην Σχήμα 2-3 και είναι τα εξής:

- Ο σωλήνας εκφορτίσεως
- Η φθορίζουσα επίστρωση
- Τα ηλεκτρόδια
- Το αέριο πληρώσεως
- Ο κάλυκας βάσεως
- Ballast και εκκινητής καθώς και πυκνωτή διόρθωσης συνημιτόνου.



Σχήμα 2.3: Κύρια μέρη λαμπτήρα φθορισμού

### Διάρκεια ζωής και χρήση

Η φωτεινή ροή των λαμπτήρων φθορισμού μειώνεται με την πάροδο του χρόνου. Μετά από 8000 ώρες λειτουργίας η ροή έχει μειωθεί στο 70 με 90 % της αρχικής της τιμής. Ο κύριος λόγος του φαινομένου αυτού είναι ότι η φθορίζουσα επιστροφή γίνεται λιγότερο αποτελεσματική. Επίσης, η μείωση της φωτεινής ροής οφείλεται δευτερεύοντος και στο μαύρισμα του σωλήνα του λαμπτήρα, ιδιαίτερα στα άκρα του λόγω του διασκορπισμού του υλικού που είναι υπεύθυνο για την εκπομπή ηλεκτρονίων.

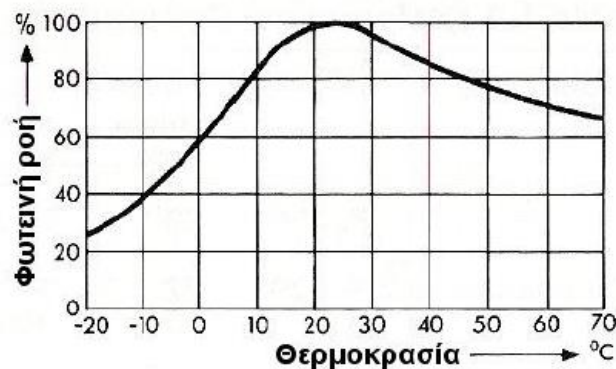
Η χρήση υψηλής συχνότητας ballasts περιορίζει το πρόβλημα και συνεπώς οδηγεί σε χαμηλότερο ρυθμό γήρανσης των λαμπτήρων αυτών.

Η χρήση των λαμπτήρων αυτών είναι ευρεία αλλά κυρίως για εσωτερικούς χώρους, καταρχήν κυκλοφορούν σε πάρα πολλά μεγέθη, και σχήματα. Επίσης, η θέση λειτουργίας του διαφέρει οπότε γίνονται ακόμα πιο εύχρηστες. Έτσι λοιπόν τις συναντάμε σε:

- Πολυκαταστήματα
- Διαδρόμους
- Εκπαιδευτικά ιδρύματα
- Χώρους σπιτιού
- Χώρους εστίασης
- Υπόγεια πάρκινγκ
- Τράπεζες και άλλους δημόσιους και ιδιωτικούς χώρους

### Επίδραση θερμοκρασίας στην φωτεινή ροή

Η φωτεινή ισχύς που παράγεται από αυτό το είδος λαμπτήρων εξαρτάται σημαντικά από την εξωτερική θερμοκρασία όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Στην θερμοκρασία των 25 °C η φωτεινή ροή μειώνεται αρκετά (Σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.4: Επίδραση θερμοκρασίας στην φωτεινή ροή

### **Κυκλώματα Ballast (Περιορισμού ρεύματος)**

Οι λαμπτήρες φθορισμού εμφανίζουν αρνητική αντίσταση και για αυτό το λόγο το ρεύμα πρέπει να περιοριστεί χρησιμοποιώντας κατάλληλο κύκλωμα ballast.

Τέτοια κυκλώματα είναι:

- Το ωμικό ballast

Ο τρόπος αυτός περιορισμού του ρεύματος που διαρρέει τον λαμπτήρα είναι ιδιαίτερος αντικοινωνικός και δεν χρησιμοποιείται παρά μόνο σε λίγες περιπτώσεις που αφορούν την τροφοδοσία με dc ρεύμα.

- Το επαγωγικό ballast

Το επαγωγικό ballast είναι ευρύτατα διαδεδομένο για ac εφαρμογές σε συνδυασμό με κατάλληλο εκκινήτη για την παραγωγή του απαραίτητου παλμού υψηλής τάσης για την έναυση του λαμπτήρα. Το επαγωγικό ballast κατασκευάζεται από πολλές σπείρες χάλκινου αγωγού τυλιγμένου σε πυρήνα αποτελούμενου από μονωμένα φύλλα σιδήρου. Οι απώλειες του ballast οφείλονται στις ωμικές απώλειες του χαλκού αλλά και στις απώλειες του πυρήνα.

- Το ηλεκτρονικό ballast

Είναι ακριβότερο από το επαγωγικό όμως προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα:

- Βελτιωμένη φωτεινή απόδοση
- Φως χωρίς τρεμοπαίγματα
- Άμεση λειτουργία του λαμπτήρα χωρίς την ανάγκη εκκινήτη
- Αυξημένη διάρκεια ζωής
- Εξαιρετική ρύθμιση φωτεινής ροής
- Απλή καλωδίωση
- Δεν υπάρχει ανάγκη για διόρθωση συντελεστή ισχύος
- Απουσία θορύβου
- Μικρό βάρος
- Χρήση με dc

## **2.4 ΛΑΜΠΗΤΡΑΣ ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ (HG)**

Αποτελείται από ένα στεγανό γυάλινο σωλήνα, με εσωτερική επικάλυψη από φθορίζουσες ουσίες και πλήρωση με ευγενή αέρια και μικρή ποσότητα ατμών υδραργύρου. Μια ηλεκτρική εκκένωση μέσα στο σωλήνα διεγείρει τα άτομα υδραργύρου, τα οποία εκπέμπουν ακτινοβολία κυρίως στο υπεριώδες φάσμα συχνοτήτων. Αυτή η υπεριώδης ακτινοβολία μετατρέπεται σε

ορατό φως μέσω φθοριζουσών ουσιών. Οι λαμπτήρες φθορισμού είναι διαθέσιμοι σε διάφορες διαμέτρους, με πλήρωση διαφορετικών ευγενών αερίων και με διάφορες φθορίζουσες ουσίες. Το χρώμα της φωτεινής δέσμης ενός λαμπτήρα φθορισμού καθορίζεται από το είδος της φθορίζουσας επικάλυψης του σωλήνα, η οποία καθορίζει επίσης το δείκτη χρωματικής απόδοσης του λαμπτήρα.

Όλοι οι λαμπτήρες φθορισμού απαιτούν στραγγαλιστική διάταξη για την εξασφάλιση των κατάλληλων συνθηκών έναυσης και ελέγχου της εκκένωσης.

Μια λάμπα ατμών υδραργύρου είναι μια λάμπα εκκένωσης αερίου που χρησιμοποιεί ένα ηλεκτρικό τόξο και μέσω της εξάτμισης υδραργύρου παράγεται φως. Η εκκένωση τόξου γενικά περιορίζεται σε ένα μικρό σωλήνα χαλαζία τοποθετημένου μέσα σε ένα μεγαλύτερο κώδωνα. Η εξωτερική λυχνία μπορεί να είναι διαυγής ή επικαλυμμένη με φώσφορο. Σε κάθε περίπτωση, η εξωτερική λάμπα παρέχει θερμομόνωση, προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία που παράγει το φως. Οι λαμπτήρες ατμών υδραργύρου είναι πιο ενεργειακά αποδοτικές από ότι πυρακτώσεως και φθορισμού, με φωτεινή απόδοση των 35 έως 65 lumens / watt.

Ένας λαμπτήρας ατμών υδραργύρου παράγει μπλε-πράσινο ορατό φως. Για να βελτιωθεί αυτό το χρώμα, τοποθετείται επίστρωση του φωσφόρου στην εσωτερική επιφάνεια του εξωτερικού περιβλήματος. Η υπεριώδης ενέργεια που παράγεται από το τόξο στο εσωτερικό του λαμπτήρα διεγείρει την επίστρωση φωσφόρου παράγοντας πρόσθετο ορατό φως, που βελτιώνει τη χρωματική απόδοση του λαμπτήρα. Τα κύρια χρώματα που προστίθενται από το φώσφορο είναι τα κόκκινα και τα πορτοκαλί.

Οι δοκιμασμένοι και ελεγμένοι λαμπτήρες υδραργύρου μικτού φωτισμού διαθέτουν φθόριο και αποτελούν την τέλεια εναλλακτική λύση για τους λαμπτήρες πυρακτώσεως υψηλής ισχύος σε εμπορικές εφαρμογές, καθώς διαρκούν περισσότερο και δεν απαιτούν τη χρήση διάταξης ballast ή εκκινητή.

Η λειτουργία του λαμπτήρα χωρίζεται σε τρεις φάσεις:

- Φάση έναυσης

Με την εφαρμογή τάσης στο λαμπτήρα προκαλείται ιονισμός του αερίου που βρίσκεται μεταξύ του κύριου και του βοηθητικού ηλεκτροδίου η οποία εμφανίζεται ως φωτεινή εκφόρτιση. Η φωτεινή εκφόρτιση εξαπλώνεται σ' όλο το σωλήνα εκφόρτισης. Όταν αυτή η φωτεινή εκφόρτιση φθάσει στο μακρινό κύριο ηλεκτρόδιο, το ρεύμα αυξάνει και τα κύρια ηλεκτρόδια θερμαίνονται σημαντικά. Η θέρμανση αυτή συνεχίζεται έως ότου τα παραγόμενα ηλεκτρόνια από τα θερμά ηλεκτρόδια μετατρέψουν την προηγούμενη φωτεινή εκφόρτιση σε εκφόρτιση



τόξου. Σ' αυτό το σημείο ο λαμπτήρας λειτουργεί όπως και ο λαμπτήρας Hg χαμηλής πίεσεως. Η εκφόρτιση που παρατηρείται σ' αυτή τη φάση έχει μπλε χρώμα.

- Φάση run – up

Το αδρανές αέριο έχει ήδη ιονιστεί και έχει δημιουργηθεί τόξο εκφόρτισης. Η αύξηση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του σωλήνα έχει ως αποτέλεσμα τη σταδιακή εξάτμιση του υδραργύρου, αυξάνοντας την πίεση των ατμών Hg και περιορίζοντας την εκφόρτιση σε μια στενή ζώνη κατά μήκος του σωλήνα εκφόρτισης. Καθώς ολοένα και περισσότερο η πίεση των ατμών αυξάνεται η ακτινοβολούμενη ενέργεια συγκεντρώνεται σε μεγαλύτερα μήκη κύματος και το φως γίνεται πιο λευκό. Ο υδράργυρος έχει εξατμιστεί πλήρως και η εκφόρτιση λαμβάνει χώρα στους ατιμούς υδραργύρου.

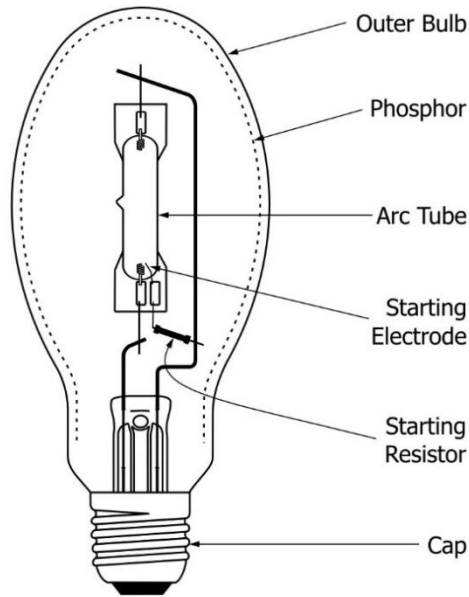
- Φάση σταθεροποίησης

Ο λαμπτήρας Hg υψηλής πίεσεως, όπως και η πλειονότητα των λαμπτήρων εκφορτίσεως, εμφανίζουν αρνητική αντίσταση και επομένως θα πρέπει να συνδέονται με κατάλληλο ballast για την σταθεροποίηση του ρεύματος που τον διαρρέει.

### **Κύρια μέρη λαμπτήρα**

Τα βασικά μέρη ενός λαμπτήρα φθορισμού φαίνονται στο Σχήμα 2.5 και είναι τα εξής:

- Ο σωλήνας εκφορτίσεως
- Τα ηλεκτρόδια
- Ο εξωτερικός κώδωνας
- Η επίστρωση του κώδωνα
- Το αέριο πληρώσεως
- Ο κάλυκας βάσεως



**Σχήμα 2.5:** Κύρια μέρη λαμπτήρα HQ

### **Διάρκεια ζωής και χρήση**

Οι λαμπτήρες αυτού του τύπου είναι μακράς διάρκειας ζωής. Πιο συγκεκριμένα μπορούν να φτάσουν έως και 24000 ώρες λειτουργίας με υψηλή ένταση.

Για τους λόγους αυτούς χρησιμοποιούνται σε μεγάλης έκτασης περιοχές όπως:

- Εργοστάσια
- Γήπεδα
- Αποθήκες
- Σε δρόμους

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν επηρεάζει σημαντικά τη φωτεινή ροή, την τάση του λαμπτήρα και την διάρκεια ζωής του. Επίσης, διακυμάνσεις της τάσης τροφοδοσίας φαίνεται να μη επηρεάζουν την λειτουργία αυτού του είδους λαμπτήρα με την έννοια ότι δεν οδηγούν σε πρόωρη καταστροφή του. Τέλος, ο λαμπτήρας μπορεί να λειτουργήσει σε οποιαδήποτε θέση λειτουργίας.

## 2.5 ΛΑΜΠΗΤΗΡΕΣ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΑΛΟΓΟΝΩΝ

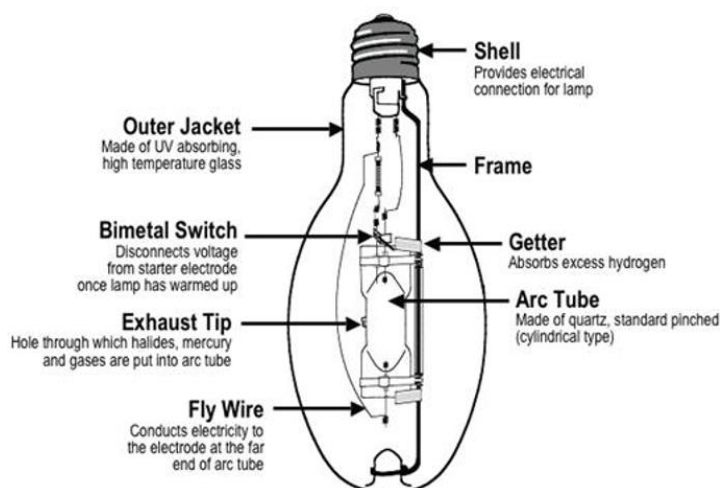
Οι λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες στην δομή με τους λαμπτήρες ατμών υδραργύρου. Η μεγαλύτερη διαφορά είναι ότι ο σωλήνας του τόξου μεταλλικών αλογονιδίων εμπεριέχει διάφορα μεταλλικά αλογονίδια επιπρόσθετα με τον υδράργυρο και το αργό. Τα αλογονίδια αυτά μερικώς εξατμίζονται όταν ο λαμπτήρας φθάσει την ονομαστική θερμοκρασία λειτουργίας του. Στην συνέχεια διασπώνται σε αλογόνο και μέταλλο το οποίο εξατμιζόμενο εμπλουτίζει το εκπεμπόμενο φάσμα του λαμπτήρα.

Σε σύγκριση με τους λαμπτήρες υδραργύρου, η απόδοση αυτών των λαμπτήρων είναι σημαντικά βελτιωμένη, η οποία κυμαίνεται στα επίπεδα του 75-125 Lm/W, χωρίς τις απώλειες του ballast. Σχεδόν όλα τα είδη των λαμπτήρων μεταλλικών αλογονιδίων με «λευκό» φως παράγουν απόδοση χρώματος εξίσου καλή ή και ανώτερη από αυτή που παράγουν οι λαμπτήρες υδραργύρου με κάλυμμα φωσφόρου. Τα ακτινοβολούντα μέταλλα στις λάμπες αυτές έχουν χαρακτηριστικά εκπομπής που είναι φασματικά επιλεκτικά. Μερικά μέταλλα παράγουν κυρίως ορατή ακτινοβολία σε ένα μόνο μήκος κύματος, ενώ άλλα παράγουν πλήθος διακριτών μηκών κύματος. Ακόμα άλλα παράγουν ένα συνεχόμενο φάσμα ακτινοβολίας. Προκειμένου να πετύχουμε ένα πλήρες και ισορροπημένο φάσμα χρησιμοποιούνται μίγματα μεταλλικών αλογονιδίων.

### Κύρια μέρη λαμπτήρα μεταλλικών αλογόνων

Τα βασικά μέρη των λαμπτήρων μεταλλικών αλογόνων φαίνονται στην Σχήμα 2.6. και είναι τα εξής:

- Ο σωλήνας εκφορτίσεως
- Τα ηλεκτρόδια
- Θερμικός διακόπτης
- Ο εξωτερικός κώδωνας
- Η επίστρωση του κώδωνα
- Το αέριο πληρώσεως
- Ο κάλυκας βάσεως



**Σχήμα 2.6:** Κύρια μέρη λαμπτήρα μεταλλικών αλογόνων

### Διάρκεια ζωής και χρήση

Οι λάμπες αυτού του τύπου είναι μέσης διάρκειας ζωής. Πιο συγκεκριμένα υπό φυσιολογικές συνθήκες μπορούν να λειτουργήσουν 6000 έως 15000 ώρες. Καταφέρνουν όμως να παράγουν το πιο καθαρό λευκό φως σε σύγκριση με τις υπόλοιπες έτσι από το 2005 και μετά άρχισαν να χρησιμοποιούνται:

- Σε πάρκα
- Σε γήπεδα
- Σε χώρους υπαίθριου παρκαρίσματος
- Σε εργοστάσια
- Σε αποθήκες
- Ως φωτισμός ασφαλείας
- Σε φώτα αυτοκινήτων

## 2.6 ΛΑΜΠΗΤΡΕΣ ΝΑΤΡΙΟΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (Na)

Ένα είδος λαμπτήρων εκκένωσης πολύ συνηθισμένο, με την υψηλότερη απόδοση από όλες τις πηγές, αλλά το εκπεμπόμενο φως είναι μονοχρωματικό (μονής δέσμης) κίτρινο. Το γεγονός αυτό καθιστά αντίληψη των χρωμάτων είναι πολύ δύσκολη, που σημαίνει ότι ο λαμπτήρας χρησιμοποιείται μόνο για φωτισμό των δρόμων.

Στους λαμπτήρες νατρίου εκκενώσεως χαμηλής πίεσης, το τόξο διέρχεται μέσω του αεριοποιημένου νατρίου. Το φως που παράγεται από το τόξο χαμηλής πίεσης νατρίου είναι σχεδόν μονοχρωματικό σε μήκη κύματος 589.0 nm και 589.6 nm, κοντά στο κέντρο του ορατού φάσματος. Το αέριο έναυσης είναι το νέον με χαμηλές προσθήκες αργού, ξένου ή ήλιου. Για να επιτευχθεί μέγιστη απόδοση στην μετατροπή της ηλεκτρικής ισχύος σε φωτεινή ισχύ μέσω εκκένωσης τόξου, η πίεση του νατρίου θα πρέπει να είναι 0.7 Pa, που αντιστοιχεί σε θερμοκρασία του τοιχώματος του σωλήνα τόξου περίπου 260 °C, ενώ οποιαδήποτε σημαντική απόκλιση από την πίεση αυτή θα έχει αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης. Για τον λόγο αυτό ο σωλήνας τόξου είναι τοποθετημένος μέσα σε ένα περίβλημα κενού. Ο χρόνος για να φτάσει ο λαμπτήρας αυτός την πλήρη φωτεινή ισχύ του είναι 7-15 λεπτά. Αρχικά το χρώμα είναι κόκκινο που οφείλεται στην εκκένωση του νέον, ενώ βαθμιαία μεταβάλλεται στο χαρακτηριστικό κίτρινο καθώς ατμοποιείται το νάτριο. Η θερμή επανάπαυση είναι καλή και οι περισσότεροι λαμπτήρες χαμηλής πίεσης νατρίου θα ξεκινήσουν αμέσως μετά την διακοπή της παροχής ισχύος. Η θερμοκρασία περιβάλλοντος επηρεάζει ελάχιστα την λειτουργία του λαμπτήρα λόγω της άριστης μόνωσης που προφέρει ο εξωτερικός κώδωνας. Η ελάχιστη θερμοκρασία που ο λαμπτήρας μπορεί να λειτουργήσει σε συνδυασμό με ηλεκτρονικό εκκινητή είναι -30°C.

### **Κύρια μέρη των λαμπτήρων νατρίου χαμηλής πίεσης**

Τα βασικά μέρη ενός λαμπτήρα νατρίου χαμηλής πίεσης είναι τα εξής:

- ο σωλήνας εκφορτίσεως
- τα ηλεκτρόδια
- ο εξωτερικός κώδωνας
- η επίστρωση του κώδωνα το αέριο πληρώσεως
- ο κάλυκας βάσεως

### **Δείκτης χρωματικής απόδοσης**

Αρχικά, ο λαμπτήρας Na χαμηλής πίεσεως παρουσιάζει ένα κόκκινο χρώμα. Καθώς ο λαμπτήρας ζεσταίνεται το χρώμα του σταδιακά γίνεται κίτρινο. Εφόσον ο λαμπτήρας αυτός εκπέμπει μονοχρωματικό φως, ο δείκτης χρωματικής απόδοσης είναι ανύπαρκτος. Πλεονέκτημα της σχεδόν μονοχρωματικής ακτινοβολίας είναι ότι δεν προκαλεί οπτική οξύτητα.

### **Διάρκεια ζωής και χρήση**

Οι λάμπες αυτού του τύπου είναι μακράς διάρκειας ζωής. Πιο συγκεκριμένα μπορούν να φτάσουν έως και 18000 ώρες λειτουργίας με υψηλή ένταση και κάτω από οτιδήποτε συνθήκες. Επίσης ένα ακόμα πλεονέκτημα αυτών των λαμπτήρων είναι ότι η χρωματική τους εμφάνιση δεν παρουσιάζει αλλοίωση με την πάροδο του χρόνου και η απόδοση τους παραμένει σταθερή.

Για τους λόγους αυτούς χρησιμοποιούνται σε μεγάλης έκτασης και εξωτερικούς χώρους όπως:

- Σε δρόμους
- Ως φώτα ασφαλείας σε υπαίθρια παρκινγκ
- Αποθήκες
- Σε πάρκα

## **2.7 ΛΑΜΠΗΤΡΕΣ ΝΑΤΡΙΟΥ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ**

Λαμπτήρας εκκένωσης υψηλής έντασης, στον οποίο το φως παράγεται από ηλεκτρική εκκένωση μέσα σε ατμούς νατρίου σε υψηλή πίεση. Αυτοί δεν είναι τόσο αποτελεσματικοί, και παράγουν ένα χαρακτηριστικό χρυσόλευκο χρώμα. Η φωτεινή απόδοση τέτοιων λαμπτήρων μπορεί να φτάσει μέχρι 150 lm/W και η χρήση τους είναι κυρίως σε εξωτερικούς χώρους όπως φώτα σε δρόμους, σε πάρκα, φώτα ασφαλείας.

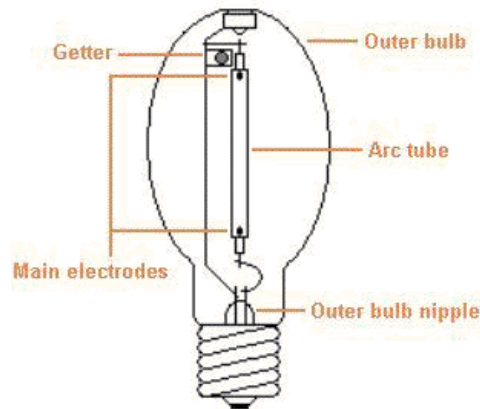
Ο σωλήνας εκφόρτισης περιέχει σημαντική ποσότητα νατρίου ώστε να οδηγήσει σε συνθήκη κορεσμένου ατμού όταν ο λαμπτήρας λειτουργεί. Επιπλέον, ο σωλήνας περιέχει σημαντική ποσότητα υδραργύρου το οποίο λειτουργεί ως ενδιάμεσο μέσο (αέριο) και αέριο ξένο για την έναυση της λειτουργία του λαμπτήρα αλλά και για τον περιορισμό της απώλειας θερμότητας από το τόξο εκφόρτισης προς τοίχωμα του σωλήνα. Ο σωλήνας εκφόρτισης είναι τοποθετημένος στο εσωτερικό γυάλινου κώδωνα του οποίου έχει αφαιρεθεί ο αέρας.

### **Κύρια μέρη του λαμπτήρα νατρίου υψηλής πίεσης**

Τα βασικά μέρη ενός λαμπτήρα νατρίου υψηλής πίεσης όπως φαίνονται στην Σχήμα 2.7. είναι τα εξής:

- ο σωλήνας εκφορτίσεως
- τα ηλεκτρόδια
- ο εξωτερικός κώδωνας
- θερμικός διακόπτης ή βοηθητικό κύκλωμα εκκίνησης

- ο κάλυκας βάσεως



Σχήμα 2.7: Κύρια μέρη λαμπτήρα νατρίου

### Διάρκεια ζωής και χρήση

Οι λάμπες αυτού του τύπου είναι μακράς διάρκειας ζωής. Πιο συγκεκριμένα μπορούν να φτάσουν έως και 18000 ώρες λειτουργίας με υψηλή ένταση.

Για τους λόγους αυτούς χρησιμοποιούνται σε μεγάλης έκτασης και εξωτερικούς χώρους όπως:

- Σε δρόμους, πάρκα κ.α.
- Ως φώτα ασφαλείας σε υπαίθρια παρκινγκ, αποθήκες κ.α.

## 2.8 ΛΑΜΠΗΤΗΡΕΣ LED (Light Emitting Diodes)

Αποτελούν την νεότερη κατηγορία λαμπτήρων. Είναι δίοδοι εκπομπής φωτός, χωρίς νήμα, με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και μεγάλη διάρκεια ζωής. Ουσιαστικά πρόκειται για ομάδες L.E.D. με κατάλληλη συνδεσμολογία που ελέγχονται από ηλεκτρονικό κύκλωμα και είναι τοποθετημένες στο εσωτερικό μιας λυχνίας, που η μορφή της εξωτερικά μοιάζει με αυτή των λαμπτήρων πυράκτωσης. Τα πλεονεκτήματά τους είναι η παραγωγή χρωματιστού φωτός χωρίς οπτικά φίλτρα και η δυνατότητα για εναλλαγή χρωμάτων. Η άποψη που επικρατεί είναι ότι ο φωτισμός με L.E.D. είναι ο φωτισμός του μέλλοντος. Επίσης οι λαμπτήρες LED έχουν τη δυνατότητα αλλαγής της ποσότητας φωτισμού που παράγουν μέσω διάταξης dimmer ειδική για τέτοιου είδους λαμπτήρες. Η επιλογή λαμπτήρων απαιτεί ανάλυση των προδιαγραφών και χαρακτηριστικών του κάθε λαμπτήρα. Οι προδιαγραφές επιδόσεων περιλαμβάνουν την ισχύ του λαμπτήρα (σε Watt), τη διάρκεια ζωής, το μήκος του λαμπτήρα, τη θερμοκρασία του χρώματος του εκπεμπόμενου φωτός, και τη μέση απόδοση του λαμπτήρα. Μερικοί λαμπτήρες

διατίθενται με επιπλέον κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, που είναι διαθέσιμα από ορισμένους κατασκευαστές.

Το χρώμα του φωτός που εκπέμπεται εξαρτάται από την χημική σύσταση του ημιαγωγικού υλικού που χρησιμοποιείται, και μπορεί να είναι υπεριώδες, ορατό ή υπέρυθρο. Το μήκος κύματος του φωτός που εκπέμπεται, και, κατά συνέπεια, το χρώμα του, εξαρτάται από το χάσμα ενέργειας των υλικών, τα οποία χρησιμοποιούνται για την δημιουργία του περάσματος p-n, όπου:

$p$  = Υλικό νοθευμένο με αποδέκτες.

$n$  = Υλικό νοθευμένο με δότες

Η βασική αρχή των LED είναι μια επαφή p-n η οποία πολώνεται ορθά για να εγγείη ηλεκτρόνια και οπές μέσα στις p- και n- πλευρές αντίστοιχα. Το εγγεόμενο φορτίο μειονότητας επανασυνδέεται με το φορτίο πλειονότητας στην περιοχή απογύμνωσης ή στην ουδέτερη περιοχή. Η επανασύνδεση οδηγεί σε εκπομπή φωτός.

### **Κατηγορίες LED**

- LED Ετεροεπαφής Υψηλής Εντάσεως

Μια ένωση p-n ανάμεσα σε δύο ημιαγωγούς με διαφορετική νόθευση, οι οποίοι όμως αποτελούνται από το ίδιο υλικό, έχουν δηλαδή το ίδιο ενεργειακό διάκενο  $g E$ , ονομάζεται ομοεπαφή. Μια ένωση ανάμεσα σε δύο ημιαγωγούς με το ίδιο ενεργειακό διάκενο ονομάζεται ετεροεπαφή. Μια ημιαγωγική δομή διάταξης η οποία περιλαμβάνει ενώσεις ανάμεσα σε υλικά με διαφορετικό ενεργειακό διάκενο ονομάζεται διάταξη ετεροδομής.

Οι διατάξεις LED που έχουν στόχο την αύξηση της έντασης του φωτός στην έξοδο κάνουν χρήση της διπλής ετεροδομής.

- LED Εκπομπής Άκρου

Ένα σημαντικό στοιχείο στην οπτική επικοινωνία είναι η απόδοση με την οποία το φως που εκπέμπεται από ένα LED σε μια οπτική ίνα. Για να πραγματοποιηθεί μια ικανοποιητική σύζευξη χρειάζεται κανείς μια ισχυρά ευθυγραμμισμένη δέσμη. Η τεχνολογία ετεροδομών χρησιμοποιείται για να κατασκευαστεί η LED εκπομπής άκρου (edge emitting LED) Ένα σημαντικό στοιχείο της LED εκπομπής άκρου είναι τα στρώματα μανδύα μεγάλου ενεργειακού χάσματος τα οποία περιορίζουν όχι μόνο τα ηλεκτρόνια και τις οπές στο ενεργό στρώμα, αλλά



επίσης αναγκάζουν τα εκπεμπόμενα φωτόνια να κινηθούν κατά μήκος του άξονα της LED και να εξέρχονται από το άκρο της συσκευής.

- **LED Εκπομπής Επιφάνειας**

Μια σημαντική κατηγορία των LEDs είναι η LED εκπομπής επιφάνειας (surface emitting LED) η οποία πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά από τους Burrus και Dawson το 1970. Μια οπτική ίνα συζεύγνυται στο άκρο της LED με απόξεση της LED, προσαρμόζοντας την ίνα με εποξική ρητίνη. Η ίδια η LED είναι μια LED ετεροδομής με μία λεπτή ενεργό περιοχή χαμηλού ενεργειακού χάσματος η οποία περιβάλλεται από περιοχές μεγάλου ενεργειακού χάσματος. Τα φωτόνια που εκπέμπονται συζεύγνυται απ' ευθείας στην οπτική ίνα. Σε διάφορες δομές ένας μικροφακός τοποθετείται στη LED για να βελτιώσει την απόδοση.

### **Πλεονεκτήματα LED**

- **Απόδοση:** Τα LED παράγουν περισσότερο φως ανά watt συγκριτικά με της λάμπες πυράκτωσης.
- **Χρώμα:** Τα LED εκπέμπουν φως συγκεκριμένου χρώματος χωρίς την χρήση φίλτρων που απαιτούν οι παραδοσιακοί μέθοδοι φωτισμού. Είναι πιο αποδοτικά και χαμηλώνουν το αρχικό κόστος.
- **Μέγεθος:** Τα LED είναι πολύ μικρά (μικρότερα από 2mm) και μπορούν να τοποθετηθούν σε πίνακες αποτύπωσης.
- **Χρόνος ON/OFF:** Τα LED έχουν γρήγορη απόκριση. Μια τυπική κόκκινη LED μπορεί να έρθει σε κατάσταση πλήρους φωτεινότητας σε χρόνο microsecond. Τα LED που χρησιμοποιούνται ως συσκευές επικοινωνίας έχουν ακόμα μικρότερους χρόνους απόκρισης.
- **Ψυχρό φως:** Σε αντίθεση με τις κοινές πηγές φωτός, τα LED εκπέμπουν πολύ λίγη θερμότητα σε μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας που μπορεί να προκαλέσει ζημιά σε ευαίσθητα αντικείμενα ή κατασκευές. Η ενέργεια που χάνεται διαχέεται ως θερμότητα μέσω της βάσης του LED.
- **Χρόνος ζωής:** Τα LED έχουν μεγάλους χρόνους ζωής. Οι ώρες λειτουργίας τους κυμαίνονται από 35.000 έως 50.000 ώρες, αριθμός τεράστιος συγκριτικά με αυτόν των λαμπτήρων πυράκτωσης που κυμαίνεται από 1.000 έως 2.000 ώρες και των λαμπτήρων φθορισμού που κυμαίνεται από 10.000 έως 15.000 ώρες.

- Αντίσταση σε κραδασμούς: Τα LED, όντας στοιχεία στερεάς κατάστασης, είναι δύσκολο να υποστούν ζημιά από κραδασμούς όπως συμβαίνει με τις λάμπες πυράκτωσης και φθορισμού.
- Εστίαση: Τα LED μπορούν να σχεδιαστούν ώστε να εστιάζουν το φως σε ένα συγκεκριμένο σημείο ή περιοχή. Οι λάμπες πυράκτωσης και φθορισμού απαιτούν ένα εξωτερικό ανακλαστήρα για να συλλέγει το φως και να το κατευθύνει με ένα χρήσιμο τρόπο.
- Τοξικότητα: Τα LED δεν περιέχουν υδράργυρο όπως οι λάμπες φθορισμού.

### **Μειονεκτήματα LED**

- Υψηλό αρχικό κόστος: Τα LED σήμερα είναι ακριβότερα στην αγορά τους απ' ότι οι κοινές τεχνολογίες φωτισμού. Όμως αυτό το κόστος αντισταθμίζεται με την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας που έχουν.
- Εξάρτηση από τη θερμοκρασία: Η λειτουργία των LED έχει ισχυρή εξάρτηση από της θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν στον χώρο που τα περιβάλλει. Σε περιβάλλον υψηλών θερμοκρασιών, τα LED μπορούν να υπερθερμανθούν και να υποστούν ζημιά. Αυτός ο παράγοντας είναι πολύ σημαντικός αν σκεφτούμε ότι αυτοκινητιστικές, στρατιωτικές και ιατρικές εφαρμογές απαιτούν η συσκευή να λειτουργεί σε ένα επαρκώς μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και να είναι ανθεκτική στις βλάβες.
- Ευαισθησία στην Τάση: Τα LED είναι αρκετά ευαίσθητα στη τάση και κατ' επέκταση στο ρεύμα που τα τροφοδοτεί. Έτσι πολλές φορές χρησιμοποιούνται σειρές αντιστάσεων ή πηγές ελέγχου του ρεύματος.
- Ποιότητα φωτός: Τα περισσότερα ψυχρού λευκού LED έχουν φάσμα που διαφέρει σημαντικά από αυτό ενός ακτινοβολέα μελανού σώματος όπως ο ήλιος ή ο λαμπτήρας πυράκτωσης. Αυτό σημαίνει ότι το χρώμα κάποιων αντικειμένων μπορεί να φαίνεται διαφορετικό κάτω από μια LED ψυχρού λευκού απ' ότι θα φαίνονταν κάτω από το φως του ήλιου ή κάτω από μια λάμπα πυράκτωσης.
- Μόλυνση από το μπλε: Επειδή τα μπλε LED και αυτά του ψυχρού λευκού είναι πλέον ικανά να εκπέμπουν περισσότερο μπλε φως απ' ότι οι κοινές πηγές φωτός όπως οι λάμπες νατρίου υψηλής πίεσης, η ισχυρή εξάρτηση από το μήκος κύματος της σκέδασης Rayleigh σημαίνει ότι τα LED μπορούν να προκαλέσουν περισσότερη φωτορύπανση απ' ότι οι άλλες πηγές φωτός.

### Διάρκεια ζωής

Η διάρκεια λειτουργίας (L70B50) των LED μπορεί να υπερβεί εύκολα τις 50.000 ώρες. Σε σύγκριση με άλλες πηγές φωτός, τα LED παρουσιάζουν αστοχίες πολύ σπάνια. Κατά την περίοδο λειτουργίας μειώνεται ελαφρά μόνο η φωτεινή ροή. Στην πράξη, τα LED δεν απαιτούν σχεδόν καμία συντήρηση σε όλη την περίοδο χρήσης τους, ανάλογα με τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός μεμονωμένου LED, οι οποίοι περιγράφονται παρακάτω:

- Θερμοκρασία

Όσο χαμηλότερη θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερος κύκλος ζωής του LED και τόσο υψηλότερη είναι η απόδοση και η φωτεινότητα του.

- Μηχανική επίδραση

Η έκθεση του LED σε δυνάμεις τέτοιες μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στη διάρκεια λειτουργίας του ή μπορεί ακόμη και να προκαλέσει την καταστροφή του

- Κατανάλωση ισχύος

Όσο πιο χαμηλό είναι το ρεύμα εντός αυτού του εύρους, τόσο λιγότερη ενέργεια ελευθερώνεται και τόσο χαμηλότερη είναι η παραγωγή θερμότητας, πράγμα το οποίο έχει άμεση επίδραση στη διάρκεια ζωής.

- Υγρασία

Η προστασία από την υγρασία είναι επίσης απολύτως απαραίτητη για την επίτευξη της μεγαλύτερης δυνατής διάρκειας ζωής των μονάδων LED.

- Χημικά




Η καταπόνηση των LED που προκαλείται από χημικές επιδράσεις μπορεί να διαφέρει σημαντικά, ανάλογα με την τοποθεσία της εφαρμογής. Για το λόγο αυτό, κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος φωτισμού LED πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλες οι περιβαλλοντικές συνθήκες. Τα παρακάτω στοιχεία, μεταξύ άλλων, έχουν αρνητική επίδραση στη διάρκεια λειτουργίας:

- Διαβρωτική ατμόσφαιρα
- Κλίμα παράκτιων περιοχών με μεσαία περιεκτικότητα
- Χημική βιομηχανία
- Πισίνες με μεσαία περιεκτικότητα χλωρίου

## 2.9 ΣΥΚΡΙΣΗ ΛΑΜΠΙΤΗΡΩΝ

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 2.1) φαίνεται η σύγκριση τριών λαμπτήρων E27. Ο πρώτος λαμπτήρας είναι τεχνολογίας LED, ο δεύτερος είναι πυρακτώσεως και ο τρίτος συμπαγούς φθορισμού.

Πίνακας 2.1: Σύγκριση λαμπτήρων

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ			
Μ.Ο. Διάρκειας ζωής	50000 Hours	1200 Hours	8000 Hours
Κατανάλωση	6-8 Watts	60 Watts	13-15 Watts
Κατανάλωση για ημερήσια κατανάλωση 12 ωρών	329 KWh/yr	3285 KWh/yr	767 KWh/yr
Ετήσιο κόστος	32,85\$/year	328,59\$/year	76,65\$/year
Περιεκτικότητα τοξικού υδραργύρου	Όχι	Όχι	Ναι
Συμβατότητα με πιστοποιητικό RoHS	Ναι	Ναι	Όχι
Εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα	451 pounds/ year	4500 pounds/ year	1051 pounds/ year
Ευαισθησία σε χαμηλές θερμοκρασίες	Όχι	Όχι	Ναι
Ευαισθησία σε υγρασία	Όχι	Όχι	Ναι
Ανθεκτικότητα σε κρούση	Υψηλή	Χαμηλή	Χαμηλή
Εκπομπή θερμότητας	3.4 btu's/hour	85 btu's/hour	30 btu's/hour
<b>Lumens</b>	<b>Watts</b>	<b>Watts</b>	<b>Watts</b>
450	4	40	13
800	6	60	15
1100	9	75	25
1600	16	100	23
2600	25	250	30

Στον παρακάτω (πίνακα 2.2.) παρουσιάζεται η σύγκριση διαφόρων λαμπτήρων φωτισμού δρόμου ανα έτος όσον αφορά την κατανάλωσή τους.

Πίνακας 2.2: Σύγκριση λαμπτήρων δρόμου

Τύπος	Ατμών Υδραργύρου	Υψηλής Πίεσης Νατρίου	Ατμών Υδραργύρου	Υψηλής Πίεσης Νατρίου
Ισχύς	125 W	70 W	250 W	150 W
Φωτεινή ροή λαμπτήρα	5.700 lm	5.900 lm	12.700 lm	17.000 lm
Χρόνος ζωής	16.000 ώρες	28.000 ώρες	16.000 ώρες	32.000 ώρες
Ώρες λειτουργίας το έτος	3.650 ώρες/έτος		3.650 ώρες/έτος	
Ετήσια καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια	456,25 kWh/έτος	255,50 kWh/έτος	912,50 kWh/έτος	547,50 kWh/έτος
Τιμή ηλεκτρικής ενέργειας	0,1 €/kWh		0,1 €/kWh	
Ετήσιο κόστος λειτουργίας	45,63 €/έτος	25,55 €/έτος	91,25 €/έτος	54,75 €/έτος
Ετήσιες εκπομπές CO <sub>2</sub>	415,19 kg/έτος	232,51 kg/έτος	830,38 kg/έτος	498,23 kg/έτος
Ετήσια εξοικονόμηση ενέργειας ανά λαμπτήρα		<b>200,75 kWh</b>		<b>365,00 kWh</b>
Ετήσια εξοικονόμηση δαπανών ανά λαμπτήρα (μόνο λόγω λειτουργικού κόστους)		<b>20,08 €</b>		<b>36,50 €</b>
Ετήσια εξοικονόμηση εκπομπών CO <sub>2</sub> ανά λαμπτήρα		<b>182,68 kg</b>		<b>332,15 kg</b>
Ετήσια εξοικονόμηση		<b>44%</b>		<b>40%</b>
Τιμή μονάδας	3,22 €/τεμ	15,20 €/τεμ	8,89 €/τεμ	22,66 €/τεμ
Συνολικό κόστος για 5 χρόνια (€)	234,57	142,95	474,03	296,41
Συνολική εξοικονόμηση δαπανών για 5 χρόνια		<b>39,06%</b>		<b>37,47%</b>

## 3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΔΡΟΜΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΔΡΟΜΟΥ”

#### 3.1 ΦΩΤΙΣΤΙΚΑ ΣΩΜΑΤΑ-ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

Τα βασικά τμήματα που αποτελούν ένα φωτιστικό σώμα είναι η φωτεινή πηγή, ο ανακλαστήρας, το διαφανές κάλυμμα της διάταξης και το σώμα. Οι λαμπτήρες εκκένωσης απαιτούν και συσκευές ελέγχου της τάσης του ρεύματος, οι οποίες συνήθως τοποθετούνται και αυτές μέσα στο φωτιστικό σώμα.

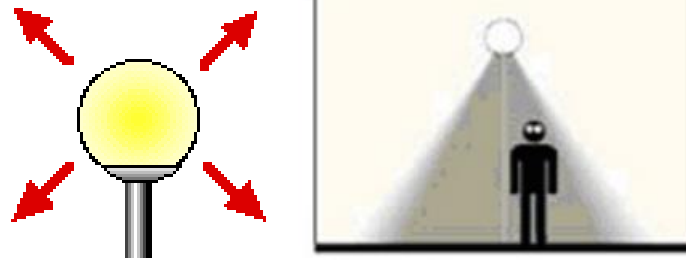
Ο ανακλαστήρας χρησιμεύει στη συγκέντρωση της φωτεινής ακτινοβολίας και κατεύθυνσή της προς την επιθυμητή περιοχή φωτισμού. Κατασκευάζεται από αλουμίνιο. Όσον αφορά το διαφανές κάλυμμα αυτό κατασκευάζεται από γυαλί ή πλαστικό (μόνο γυαλί για υψηλή ισχύ λαμπτήρα).

Τα περισσότερα φωτιστικά δρόμων είναι σχεδιασμένα για να ελέγχουν τη διάχυση του φωτός.

#### **Κατηγοριοποίηση φωτιστικών σύμφωνα με την κατακόρυφη διασπορά**

Υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες φωτιστικών που παρέχουν διαφορετικές γωνίες ελέγχου. Αυτά είναι τα εξής: Non-cutoff (Σχήμα 3.1), semi-cutoff (Σχήμα 3.2), full-cutoff (Σχήμα 3.3) και cutoff (Σχήμα 3.4).

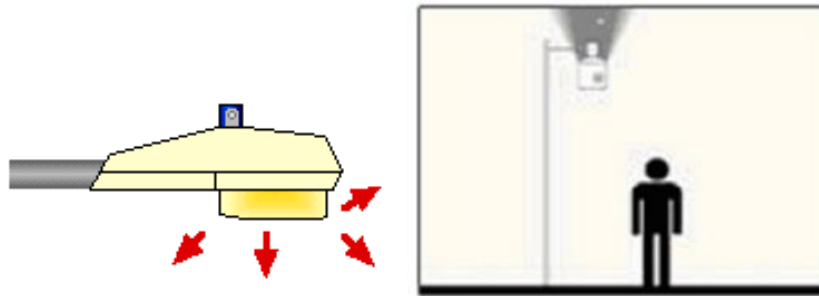
Τα φωτιστικά Non-cutoff επιτρέπουν την διάχυση του φωτός προς όλες τις κατευθύνσεις. Τα Noncutoff φωτιστικά αποτελούν το λιγότερο αποδοτικό τρόπο για να φωτιστεί το έδαφος. Είναι γενικώς αποδοτικά στο να διοχετεύουν φως στα δέντρα και δημιουργούν ένα μεγάλο ποσοστό φωτεινής ρύπανσης και έντονου φωτός. Αυτά τα φωτιστικά δεν χρησιμοποιούνται για τον φωτισμό των δρόμων γιατί έχουν την τάση να τυφλώνουν τους οδηγούς.



**Σχήμα 3.1** Φωτιστικό τύπου non-cutoff

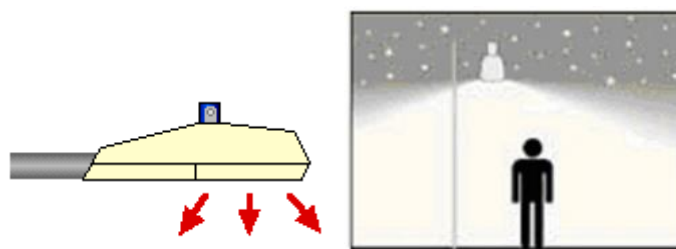
Τα φωτιστικά Semi-cutoff επιτρέπουν το φως να διαχυθεί κάτω από το επίπεδο των  $90^\circ$ , ενώ ένα ποσοστό (έως 5%) διαχέεται πάνω από το επίπεδο των  $90^\circ$ . Είναι αρκετά αποτελεσματικά στη διάχυση του φωτός πέρα από μια μεγάλη, κατευθυνόμενη περιοχή στο έδαφος.

Υπάρχει ακόμα σημαντικό έντονο φως από αυτά τα φωτιστικά, αλλά συχνά, τοποθετούνται στους πιο υψηλούς ιστούς, οι οποίοι τα φωτίζουν υψηλότερα από το πεδίο όρασης του οδηγού.



**Σχήμα 3.2** Φωτιστικό τύπου non-cutoff

Τα φωτιστικά Full-cutoff κατευθύνουν το φως μόνο προς το έδαφος, κάτω από το φωτιστικό. Τα φωτιστικά αυτά δεν επιτρέπουν την διάχυση φωτός άνω του επιπέδου των  $90^\circ$ . Τα φωτιστικά αυτά κατευθύνουν το φως σε μια καθορισμένη επιφάνεια στο έδαφος. Τυπικά για να επιτευχθεί ένας ενδιάμεσος φωτισμός αρκεί η χρησιμοποίηση φωτιστικών τύπου Full-cutoff (σε μεγαλύτερο ποσοστό) ή να αυξηθεί το ύψος στήριξης των φωτιστικών ώστε να επιτευχθούν αποτελέσματα συγκρίσιμα με τα φωτιστικά τύπου cutoff ή semi-cutoff.



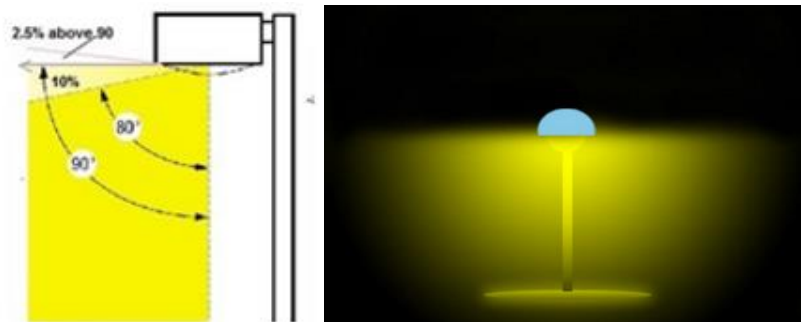
**Σχήμα 3.3:** Φωτιστικό τύπου Full-Cutoff

Τα φωτιστικά Cutoff επιτρέπουν μεγαλύτερο έλεγχο του διαχυόμενου φωτός από ότι τα Semicutoff.

Με τα φωτιστικά αυτά λιγότερο από 2.5% του φωτός διαφεύγει πάνω από το επίπεδο των 90°. Τα φωτιστικά τύπου Cutoff **ενδείκνυνται για φωτισμό χώρων στάθμευσης** όπου οι ιστοί στήριξης των φωτιστικών απαιτείται να έχουν μεγάλη απόσταση. Προσφέρουν μεγαλύτερη διάχυση φωτός σε σχέση με τα Full-cutoff και επιπλέον δεν μπορούν να τοποθετηθούν σε μεγάλα ύψη όπως συμβαίνει με τα Semi-cutoff. Τα φωτιστικά αυτά επιτρέπουν πολύ μικρό ποσοστό να διαφύγει πάνω από το φωτιστικό.

Το σώμα που περικλείει την όλη διάταξη κατασκευάζεται από διάφορα υλικά, συνηθέστερα από αλουμίνιο επικαλυμμένο από ηλεκτροστατική βαφή.

Τα είδη φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιούνται στον οδικό φωτισμό είναι κυρίως τα οριζοντίου (“cobra head”) και κατακόρυφου τύπου, όπως και τα φωτιστικά σώματα για υψηλούς ιστούς.

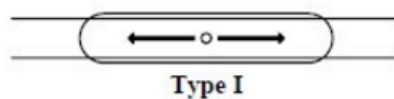


**Σχήμα 3.4:** Φωτιστικό τύπου Cutoff

### **Κατηγοριοποίηση φωτιστικών σύμφωνα με την οριζόντια διασπορά**

Σύμφωνα με την κατακόρυφη διασπορά τα φωτιστικά σώματα κατηγοριοποιούνται σε πέντε τύπους οι οποίοι αφορούν στο πλάτος του δρόμου και στην τοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων:

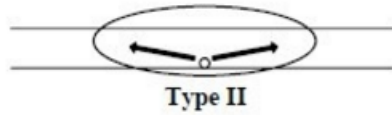
Τύπος I: Το φωτιστικό τύπου I είναι κατάλληλο για ποδηλατόδρομους και διαβάσεις πεζών.



**Σχήμα 3.5:** Οριζόντια διασπορά φωτιστικού τύπου I

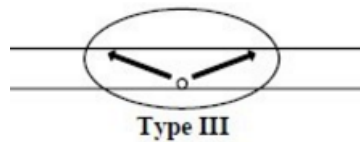


**Τύπος II:** Το φωτιστικό τύπου II είναι κατάλληλο για ποδηλατόδρομους και διαβάσεις πεζών μεγαλύτερου πλάτους του τύπου I.



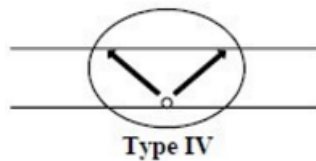
**Σχήμα 3.6:** Οριζόντια διασπορά φωτιστικού τύπου II

**Τύπος III:** Το φωτιστικό τύπου III είναι κατάλληλο για αυτοκινητόδρομους.



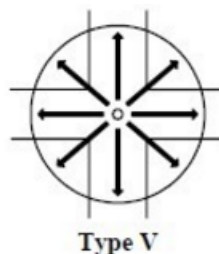
**Σχήμα 3.7:** Οριζόντια διασπορά φωτιστικού τύπου III

**Τύπος IV:** Το φωτιστικό τύπου IV είναι κατάλληλο για χώρους πάρκινγκ και αφορά φωτιστικά που στηρίζονται σε τοίχο.



**Σχήμα 3.8:** Οριζόντια διασπορά φωτιστικού τύπου IV

**Τύπος V:** Το φωτιστικό τύπου V είναι κατάλληλο για περιπτώσεις διαστάυρωσης.



**Σχήμα 3.9:** Οριζόντια διασπορά φωτιστικού τύπου V

### Κατηγοριοποίηση σύμφωνα με τον βαθμό προστασίας IP

Παρακάτω παρουσιάζονται (Σχήμα 3.10) οι κατηγορίες σύμφωνα με τον βαθμό προστασίας τους έναντι στερεών σωμάτων και υγρών.

<span style="color: red;">x</span> Προστασία έναντι στερεών σωμάτων <i>Protection against solid bodies</i>		<span style="color: red;">y</span> Προστασία έναντι υγρών <i>Protection against liquids</i>	
0	Καμία Προστασία <i>No protection</i>	0	Καμία Προστασία <i>No protection</i>
1	Προστασία έναντι στερεών διαμέτρου μεγαλύτερης των 50 χιλιοστών <i>Protected against solid bodies greater than <math>\varnothing</math> 50mm</i>	1	Προστασία έναντι σταγόνων νερού <i>Protected against dripping water</i>
2	Προστασία έναντι στερεών διαμέτρου μεγαλύτερης των 12 χιλιοστών <i>Protected against solid bodies greater than <math>\varnothing</math> 12mm</i>	2	Προστασία έναντι σταγόνων νερού υπό κλίση $\pm 15^\circ$ <i>Protected against dripping water of <math>\pm 15^\circ</math> angle</i>
3	Προστασία έναντι στερεών διαμέτρου μεγαλύτερης των 2,5 χιλιοστών <i>Protected against solid bodies greater than <math>\varnothing</math> 2,5mm</i>	3	Προστασία έναντι ψεκασμού νερού υπό γωνία $\pm 60^\circ$ <i>Protected against spraying water of <math>\pm 60^\circ</math> angle</i>
4	Προστασία έναντι στερεών διαμέτρου μεγαλύτερης των 1 χιλιοστών <i>Protected against solid bodies greater than <math>\varnothing</math> 1mm</i>	4	Προστασία έναντι γενικού ψεκασμού <i>Protected against splashing water</i>
5	Προστασία έναντι σκόνης (περιορισμένη διείσδυση) <i>Protected against dust (limited ingress)</i>	5	Προστασία έναντι πίδακα νερού <i>Protected against water jets</i>
6	Στεγανό έναντι σκόνης <i>Protected against dust (dust tight)</i>	6	Προστασία από μεγάλα κύματα <i>Protected against heavy seas</i>
		7	Προστασία έναντι βύθισης <i>Protected against immersion</i>
		8	Προστασία έναντι κατάδυσης <i>Protected against submersion</i>

Σχήμα 3.10: Κατηγοριοποίηση IP

### 3.2 ΣΤΗΡΙΞΗ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ

Για την τοποθέτηση του φωτιστικού σώματος στο επιθυμητό σημείο χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις πρόσθετες διατάξεις στήριξης. Ωστόσο δεν είναι σπάνιες οι περιπτώσεις όπου το φωτιστικό σώμα στηρίζεται είτε σε υπάρχοντες ιστούς ή κατασκευές με την χρήση απλώς ενός βραχίονα, είτε απευθείας, χωρίς βραχίονα, όπως σε σήραγγες. Στις περιπτώσεις ολοκληρωμένης διάταξης στήριξης, αυτή αποτελείται συνήθως από δύο επιμέρους τμήματα, τον ιστό και το βραχίονα.

Τα υλικά κατασκευής ενός συνήθους ιστού ηλεκτροφωτισμού είναι το αλουμίνιο και ο γαλβανισμένος ή ο ανοξείδωτος χάλυβας. Για την προστασία του υλικού πολλές φορές ο ιστός βάφεται ή επικαλύπτεται από πλαστικό. Επίσης, πολλές φορές χρησιμοποιείται και το οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο όμως, αντιμετωπίζει προβλήματα διάβρωσης, ειδικά σε παραθαλάσσιες περιοχές.

Οι διατομές των ιστών μπορεί να είναι κυκλικές, σταθερής ή μεταβλητής διαμέτρου, ή πολυγωνικές, εκτός των ιστών από σκυρόδεμα που είναι πάντα κυκλικής διατομής. Για την στήριξή τους, οι ιστοί από σκυρόδεμα εμπύγνυνται στο έδαφος, ενώ οι μεταλλικοί κοχλιώνονται σε βάση από σκυρόδεμα.

Το ύψος τοποθέτησης του φωτιστικού σώματος και κατά επέκταση το ύψος του ιστού, επηρεάζει τα φωτεινά χαρακτηριστικά του παραγόμενου φωτισμού, καθώς και το εύρος της φωτιζόμενης περιοχής. Μεγαλύτερα ύψη προσφέρουν μεγαλύτερη, πιο ομοιόμορφη κάλυψη, καθώς και μείωση της θάμβωσης, αλλά χαμηλότερη λαμπρότητα. Χαμηλότερα ύψη οδηγούν σε μεγαλύτερο πλήθος φωτιστικών σωμάτων και σε τοποθέτηση πιο κοντά στο οδόστρωμα. Το συνήθες ύψος των ιστών ηλεκτροφωτισμού κυμαίνεται στα 9-15 m, ενώ για υψηλούς ιστούς εφαρμόζονται πολύ μεγάλα ύψη, της τάξης των 30 m και άνω. Παράγοντες που μπορεί να περιορίζουν το ύψος είναι η ύπαρξη υπέργειων γραμμών κοινής ωφελείας, παράπλευρα αεροδρόμια και η τοποθέτηση μέσα σε κατοικημένες περιοχές.

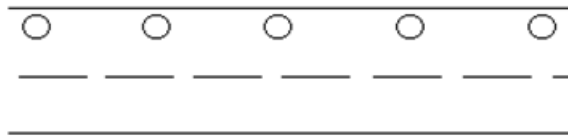
Με την χρήση υψηλών ιστών αρκεί η τοποθέτηση λίγων στύλων και όχι απαραίτητα κοντά στο οδόστρωμα, για τον ομοιόμορφο φωτισμό μιας εκτεταμένης περιοχής, σε αντίθεση με το συνήθη γραμμικό φωτισμό των οδών. Φωτισμός επί υψηλών ιστών ενδείκνυται σε περιπτώσεις κόμβων, ισόπεδων και ανισόπεδων, σε σταθμούς διοδίων και στάθμευσης, σε οδούς με πολύ

μεγάλα πλάτη και πολλές λωρίδες κυκλοφορίας και εν γένει όπου απαιτείται ο φωτισμός ή η ορατότητα μιας περιοχής εκτεταμένων διαστάσεων. Αντενδείκνυται όμως για κατοικημένες περιοχές, όπου μπορεί να είναι ενοχλητικός. Ο βραχίονας στήριξης του φωτιστικού σώματος αποτελεί συνήθως ξεχωριστό τεμάχιο από τον ιστό και στηρίζεται στην κορυφή του. Μπορεί να είναι ευθύγραμμος ή με καμπύλη, οριζόντιος ή ελαφρά κεκλιμένος. Το μήκος του κυμαίνεται από 0.5 έως 4.5 m, ανάλογα με την απόσταση του ιστού από το οδόστρωμα και την επιθυμητή θέση του φωτιστικού σώματος σε σχέση με αυτό. Τέλος, οι βραχίονες μπορεί να είναι μονοί ή διπλοί.

### 3.3 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΦΩΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΔΡΟΜΟ

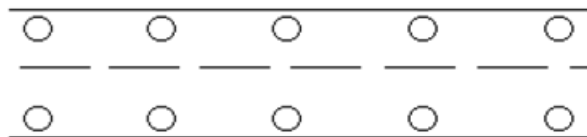
Παρακάτω παρουσιάζονται οι διατάξεις των φωτιστικών στο δρόμο. Οι διατάξεις αυτές έχουν στόχο να μην θαμβώνεται ο οδηγός και να επιτυγχάνεται η σωστή ομοιομορφία φωτισμού.

**Μονόπλευρη Διάταξη (Σχήμα 3.11):** Στη μονόπλευρη διάταξη τα φωτιστικά τοποθετούνται στην μία πλευρά του δρόμου και εφαρμόζεται συνήθως όταν το πλάτος του δρόμου είναι ίσο με το ύψος του φωτιστικού.



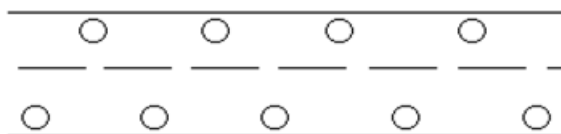
**Σχήμα 3.11:** Μονόπλευρη διάταξη

**Αμφίπλευρη Διάταξη (Σχήμα 3.12):** Στη αμφίπλευρη διάταξη τα φωτιστικά τοποθετούνται το ένα απέναντι απ το άλλο και εφαρμόζεται σε δρόμους με υψηλότερες απαιτήσεις φωτισμού.



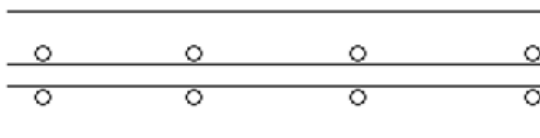
**Σχήμα 3.12:** Αμφίπλευρη διάταξη

**Χιαστί Διάταξη (Σχήμα 3.13):** Στη χιαστί διάταξη τα φωτιστικά τοποθετούνται το ένα απέναντι απ το άλλο στο μέσο της απόστασης τους και εφαρμόζεται σε δρόμους με υψηλές απαιτήσεις φωτισμού έτσι ώστε να φωτίζεται όλο το πλάτος του δρόμου.



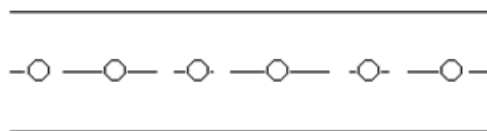
**Σχήμα 3.13:** Χιαστί διάταξη

**Κεντρική Διάταξη (Σχήμα 3.14):** Η κεντρική διάταξη εφαρμόζεται κυρίως σε δρόμους ταχείας κυκλοφορίας και σε δρόμους με νησίδα.



**Σχήμα 3.14:** Κεντρική διάταξη

**Αξονική Διάταξη (Σχήμα 3.15):** Στην αξονική διάταξη τα φωτιστικά τοποθετούνται στο κέντρο του δρόμου εξασφαλίζοντας υψηλές τιμές ομοιομορφίας.



**Σχήμα 3.15:** Αξονική διάταξη

## 4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΔΡΟΜΟΥ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ EN 13201”

#### 4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201/2004 αποτελείται από τέσσερα μέρη:

- Το ΕΛΟΤ CEN/TR 13201.01.2005 **Επιλογή κατηγοριών φωτισμού**
- Το ΕΛΟΤ EN 13201.02/2004: **Απαιτήσεις επιδόσεων**
- Το ΕΛΟΤ EN 13201.03/2004: **Υπολογισμός επιδόσεων**
- Το ΕΛΟΤ EN 13201.04/2004: **Μέθοδοι μέτρησης επιδόσεων φωτισμού**

Γενικότερα, το πρώτο μέρος είναι οδηγία, δηλαδή δεν έχει υποχρεωτική εφαρμογή ενώ τα υπόλοιπα τρία μέρη είναι υποχρεωτικά.

Με την απόφαση Δ13/β/οικ.16522 (ΦΕΚ Β'1792 3.12.2004) του υπουργού ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ ορίστηκε ότι οι κανόνες, τα στοιχεία, τα μεγέθη και οι προδιαγραφές υλικών για τη σύνταξη μελετών και την εκτέλεση έργων είναι σύμφωνα με τα πρότυπα του ΕΛΟΤ ή μέχρι την έκδοσή τους, σύμφωνα με τα πρότυπα (EN), τις οδηγίες και τα κείμενα εναρμόνισης που εκδίδονται και ισχύουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση και όπου δεν υπάρχουν με τα αναφερόμενα στις τελευταίες εκδόσεις της Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού.

Παρακάτω θα αναλύσουμε και τα τέσσερα μέρη του προτύπου EN 13201 με σκοπό την κατανόηση και σύγκριση με τα αποτελέσματα στους δρόμους και στην καθημερινή ζωή μας.

#### **Πρότυπο 13201-1:2004 Φωτισμός δρόμου, Επιλογή περιπτώσεων φωτισμού**

Η τεχνική αυτή έκθεση, εγκρίθηκε από το CEN στις 25 Αυγούστου 2003 και συντάχθηκε από την τεχνική επιτροπή του CEN/TC 169.

Τα μέλη της επιτροπής αυτής είναι οι παρακάτω χώρες:

Αυστρία, Αγγλία, Βέλγιο, Κύπρος, Τσεχία, Δανία, Εσθονία, Ελβετία, Φινλανδία, Γαλλία, Γερμανία, Ελλάδα, Ουγγαρία, Ιρλανδία, Ισπανία, Ιταλία, Λιθουανία, Μάλτα, Ολλανδία, Νορβηγία, Πολωνία, Πορτογαλία, Σλοβακία, Σλοβενία, Σουηδία.

Στο πρώτο μέρος καθορίζεται η μεθοδολογία για την επιλογή των περιπτώσεων φωτισμού ενός δρόμου ή μιας περιοχής και κατόπιν επιλέγεται η κατηγορία φωτισμού του δρόμου ή της περιοχής.

### Κατηγορίες φωτισμού

Στο πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201-2:2003 καθιερώνονται οι κατηγορίες φωτισμού, οι οποίες είναι οι: **ME, CE, S, A, ES, και EV.**

Μια κατηγορία φωτισμού καθορίζεται από ένα σύνολο φωτομετρικών απαιτήσεων που στοχεύει στις οπτικές ανάγκες των χρηστών των οδών (οδηγοί αυτοκινήτων, μοτοσικλετών, ποδηλάτων, πεζοί κλπ) ώστε να εξασφαλιστεί η ασφάλεια τους κατά τη διάρκεια της νύχτας. Σκοπός της εισαγωγής κατηγοριών φωτισμού είναι να διευκολυνθούν οι μελετητές στη σύνταξη των μελετών των εγκαταστάσεων οδοφωτισμού καθώς και στη χρησιμοποίηση των προϊόντων και υπηρεσιών του οδικού φωτισμού στις χώρες μέλη CEN.

1. Οι κατηγορίες **ME** αφορούν αυτοκινητόδρομους, όμως σε μερικές χώρες αφορούν και δρόμους σε κατοικημένες περιοχές, που επιτρέπουν μέσες έως υψηλές ταχύτητες κυκλοφορίας (μεγαλύτερες από 60 Km/h).
2. Οι κατηγορίες **CE** αφορούν αυτοκινητόδρομους, αλλά για χρήση στις περιοχές σύγκρουσης (διασταυρώσεις), όπως είναι εμπορικοί δρόμοι, οδικοί κόμβοι, διασταυρώσεις υποχρεωτικής κυκλικής πορείας και περιοχές αναμονής, καθώς επίσης και σε ποδηλατοδρόμους, πεζόδρομους και **υπόγειες διαβάσεις πεζών.**
3. Οι κατηγορίες **S** και **A** προορίζονται για ποδηλατοδρόμους και πεζόδρομους, στις Λωρίδες Έκτακτης Ανάγκης (Λ.Ε.Α.) των αυτοκινητόδρομων και άλλες οδικές περιοχές που βρίσκονται κοντά ή κατά μήκος των αυτοκινητόδρομων, κατοικημένους δρόμους, πεζόδρομους, περιοχές χώρων στάθμευσης, προαύλια σχολίων κ.λπ.
4. Οι κατηγορίες **ES** προορίζονται ως πρόσθετη κατηγορία στις περιπτώσεις όπου ο δημόσιος φωτισμός είναι απαραίτητος για τον προσδιορισμό των προσώπων και των αντικειμένων και στις οδικές περιοχές με υψηλότερη από την κανονική εγκληματικότητα.
5. Οι κατηγορίες **EV** προορίζονται ως πρόσθετη κατηγορία στις περιπτώσεις όπου οι κάθετες επιφάνειες πρέπει να είναι ορατές. Εφαρμόζονται σε οδικές περιοχές όπως οι σταθμοί διόδων, οι περιοχές ανταλλαγής κ.λπ.

Οι απαιτήσεις των κατηγοριών φωτισμού εκφράζουν την κατηγορία οδικού χρήστη ή τον τύπο της οδικής περιοχής. Έτσι οι κατηγορίες **ME** του ενοχλητικού φωτισμού, είναι οι **G** και **D** και αναφέρονται στο πληροφοριακό παράρτημα Α του προτύπου ΕΛΟΤ EN 13201-2:2003. Οι

κατηγορίες **D** προορίζονται κυρίως για τις περιοχές πεζόδρομων και ποδηλατοδρόμων. Ο τοπικός φωτισμός των διαβάσεων πεζών στις οδούς κυκλοφορίας αυτοκινήτων, εξετάζεται στο πληροφοριακό παράρτημα Β του προτύπου ΕΛΟΤ EN 13201-2:2003.

## **4.2 ΒΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΤΕΥΞΗ ΤΟΥ ΟΔΟΦΩΤΙΣΜΟΥ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ EN 13201**

1. Ορισμός του δημόσιου χώρου κυκλοφορίας σε έναν ή περισσότερους τομείς και επιλογή μεταξύ των συνθηκών φωτισμού. (ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1) Βλ. Παράρτημα 1.
2. Ορισμός των λεπτομερειών της περιοχής που μελετάμε (ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2) Βλ. Παράρτημα 1.
3. Επιλογή από τον αντίστοιχο πίνακα για την περίπτωση φωτισμού από A2 έως A20 με ζυγό αριθμό (ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3) Βλ. Παράρτημα 1.
4. Επιλογή μιας κατηγορίας φωτισμού από τη σειρά από τους πίνακες A1 έως A19 με περιττό αριθμό Βλ. Παράρτημα 1.
5. Έλεγχος των γενικών συστάσεων για αντίστοιχες περιοχές
6. Από το δεύτερο μέρος του προτύπου προκύπτουν τα φωτοτεχνικά δεδομένα της κατηγορίας που επιλέχθηκε. Βλ. Παράρτημα 1.



Πίνακας 4.1: Περιπτώσεις καταστάσεων φωτισμού

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 – ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ				
Ταχύτητα του κύριου χρήστη km/h	Τύπος χρηστών στην σχετική περιοχή			Περιπτώσεις (Καταστάσεις) φωτισμού
	Κύριος χρήστης	Άλλοι επιτρεπόμενοι χρήστες	Απαγορευμένοι χρήστες	
>60	Κυκλοφορία αυτοκινήτων		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες, πεζοί	A1
		Αργά κινούμενα οχήματα	Ποδηλάτες, πεζοί	A2
		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες		A3
>30 και ≤60	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	Ποδηλάτες, πεζοί		B1
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	Πεζοί		B2
	Ποδηλάτες	Πεζοί	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα	C1
>5 και ≤30	Ποδηλάτες	Πεζοί	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα	C1
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, πεζοί		Αργά κινούμενα οχήματα, πεζοί	D1
		Αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες.		D2
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων ποδηλάτες	Αργά κινούμενα οχήματα, πεζοί		D3
>5 και ≤30	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες, πεζοί			D4
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες πεζοί.			D4
Ταχύτητα βαδίσματος			Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες.	E1
	Πεζοί		Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες	E2
		Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες		

**Ανάλυση των περιπτώσεων/καταστάσεων φωτισμού:**

- Περιπτώσεις φωτισμού A1, A2, A3

Εάν δεν υπάρχει σε γειτονία λωρίδα έκτακτης ανάγκης, ή διάβαση πεζών, ή ποδηλατοδρόμος, η εξεταζόμενη περιοχή είναι το συνολικό πλάτος οδοστρώματος μεταξύ των εξωτερικών ακρών του (μέχρι τα κράσπεδα).

Για τα διπλά οδοστρώματα, η περιοχή είναι το συνολικό πλάτος και των δύο οδοστρωμάτων συμπεριλαμβανομένης της κεντρικής νησίδας, εκτός αν το πλάτος της νησίδας είναι τέτοιο (έχει μεγάλο πλάτος), που τα οδοστρώματα μπορούν να εξεταστούν χωριστά.

Εάν υπάρχουν Λωρίδες Έκτακτης Ανάγκης (ΛΕΑ), υπάρχουν δύο εναλλακτικές λύσεις:

- Εξετάζεται η συνολική περιοχή (συμπεριλαμβανομένων των ΛΕΑ)
- Εξετάζονται χωριστά οι λωρίδες κυκλοφορίας και οι ΛΕΑ

Εάν υπάρχουν διαβάσεις πεζών ή ποδηλατοδρόμοι, υπάρχουν δύο εναλλακτικές λύσεις:

- Η εξεταζόμενη περιοχή είναι το πλάτος του οδοστρώματος (μεταξύ των κρασπέδων)
- Εξετάζονται χωριστά το οδόστρωμα και η διάβαση πεζών ή ο ποδηλατοδρόμος

- Περιπτώσεις φωτισμού B1, B2

Εάν δεν υπάρχει γειτνίαση με διάβαση πεζών ή ποδηλατόδρομο, η περιοχή είναι η συνολική περιοχή του οδοστρώματος μεταξύ των κράσπεδων.

Το πλάτος της γειτονικής λωρίδας για την επιλογή του δείκτη περιβάλλοντος (surround ratio), όταν επιλέγονται κατηγορίες φωτισμού ΜΕ και δεν γειτνιάζει με περιοχή άλλου τύπου κυκλοφορίας, το κατάλληλο πλέγμα υπολογισμού σύμφωνα με το EN 13201-3 πρέπει να υπολογίζεται για ολόκληρη την περιοχή ή η εξέταση να γίνει χωριστά στις διάφορες περιοχές κυκλοφορίας (για κάθε τύπο κυκλοφορίας ξεχωριστά). Στη δεύτερη λαμβάνεται ως ίσο με το πλάτος της πρώτης λωρίδας του οδοστρώματος.

Εάν υπάρχουν παρακείμενες διαβάσεις πεζών ή ποδηλατόδρομοι, εξετάζεται χωριστά το οδόστρωμα με τη διάβαση πεζών ή τους ποδηλατόδρομους.

Η εξεταζόμενη περιοχή είναι το συνολικό πλάτος του οδοστρώματος μεταξύ των κράσπεδων.

- Περιπτώσεις φωτισμού C1, E1, E2

Η περιοχή είναι το συνολικό πλάτος της διάβασης πεζών ή του πεζόδρομου ή του ποδηλατόδρομου.

Για τους πεζόδρομους ή τους ποδηλατόδρομους που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τον αυτοκινητόδρομο, η περιοχή μπορεί να επεκταθεί για να περιλάβει μια λωρίδα 2 μ πλάτους σε κάθε πλευρά.

Όπου οι διαβάσεις πεζών ή πεζόδρομοι γειτνιάζουν με ποδηλατόδρομους, το συνολικό πλάτος και των δύο μπορεί να θεωρηθεί ως μια περιοχή.

- Περιπτώσεις φωτισμού D1, D2, D3

Εάν δεν υπάρχει καμία παρακείμενη διάβαση πεζών, η εξεταζόμενη περιοχή είναι η συνολική κοινή περιοχή από την πρόσοψη των κτιρίων ή τα όρια ιδιοκτησίας των εγκαταστάσεων που οριοθετούν την περιοχή.

Εάν υπάρχουν παρακείμενες διαβάσεις πεζών, υπάρχουν δύο εναλλακτικές λύσεις:

- Εξετάζεται η συνολική περιοχή δηλ. οδόστρωμα και διάβαση πεζών, από τις προσόψεις των κτιρίων ή τα όρια ιδιοκτησίας των εγκαταστάσεων που οριοθετούν την περιοχή.
- Εξετάζεται χωριστά το οδόστρωμα και η διάβαση πεζών. Σε αυτή τη περίπτωση η περιοχή οδοστρώματος, είναι το συνολικό πλάτος του οδοστρώματος μεταξύ των κράσπεδων.

- Περιπτώσεις φωτισμού D4

Ως περιοχή εξέτασης λαμβάνεται η συνολική κοινή περιοχή από τις προσόψεις των κτιρίων ή από τα όρια ιδιοκτησίας των εγκαταστάσεων που την οριοθετούν.

- Περιοχές σύγκρουσης (Διασταυρώσεις)

Εάν δεν υπάρχει παρακείμενη διάβαση πεζών ή ποδηλατόδρομος, η περιοχή είναι η συνολική περιοχή του οδοστρώματος μεταξύ των κράσπεδων.

Εάν υπάρχουν παρακείμενες διαβάσεις πεζών ή ποδηλατοδρόμοι, υπάρχουν δύο εναλλακτικές λύσεις:

- Εξετάζεται η συνολική περιοχή. Η περιοχή είναι το συνολικό πλάτος του δρόμου, η διάβαση πεζών μπορεί να περιλάβει το κράσπεδο, και τον ποδηλατόδρομο, τα δε όρια λαμβάνονται ή από τις προσόψεις των κτιρίων, ή τα όρια ιδιοκτησίας των εγκαταστάσεων που οριοθετούν την περιοχή.
- Εξετάζεται χωριστά το οδόστρωμα και η διάβαση πεζών ή οι ποδηλατοδρόμοι. Η περιοχή για το οδόστρωμα είναι ως συνολική περιοχή μεταξύ των κράσπεδων.

- Περιοχή ήπιας κυκλοφορίας

Περιοχή ήπιας κυκλοφορίας ,είναι η περιοχή ιδιαίτερων μέτρων, και το όριο πρέπει να καθοριστεί μεταξύ αυτής της περιοχής και του δρόμου προσέγγισης.

Εάν υπάρχει μια σημαντική απόσταση μεταξύ των περιοχών ήπιας κυκλοφορίας, κάθε περιοχή πρέπει να εξετάζεται χωριστά.

Εάν οι περιοχές ήπιας κυκλοφορίας είναι κοντά, τότε οι περιοχές αυτές και ο μεταξύ τους δρόμος μπορούν να θεωρηθούν ως μια σχετική περιοχή στην οποία θα εφαρμοστεί η ίδια κατηγορία φωτισμού.

- Διαβάσεις πεζών

Η περιοχή είναι η συγκεκριμένη περιοχή στο οδόστρωμα που καθορίζεται από την οδική σήμανση. Επιπλέον, περιλαμβάνει την περιοχή που καθορίζεται με τη συνέχιση των γραμμών της σήμανσης του οδοστρώματος πέρα από το πλάτος της διάβασης πεζών, ή σε μια απόσταση ίση με το πλάτος της συγκεκριμένης περιοχής, οποιοδήποτε από αυτά είναι ο μικρότερο.

**Παράμετροι / Λεπτομέρειες του δημόσιου χώρου κυκλοφορίας**

Πίνακας 4.2: Παράμετροι / Λεπτομέρειες του δημόσιου χώρου κυκλοφορίας

<b>Παράμετροι</b>		<b>Επιλογές</b>
<b>Περιοχή (Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά)</b>	<b>Διαχωρισμός λωριδών</b>	<b>Ναι / Όχι</b>
	<b>Τύπος διασταυρώσεων</b>	<b>Ανισόπεδοι / Ισόπεδοι κόμβοι</b>
	<b>Αποστάσεις μεταξύ ανισόπεδων κόμβων και γεφυρών</b>	<b>&gt;3km / ≤3km</b>
	<b>Πυκνότητα ισόπεδων κόμβων</b>	<b>&lt;3 intersections/km ≥3 intersection/km (διασταυρώσεων)</b>
	<b>Περιοχή σύγκρουσης</b>	<b>Όχι / Ναι</b>
	<b>Γεωμετρικά μέτρα ήπιας κυκλοφορίας</b>	<b>Όχι / Ναι</b>
<b>Κυκλοφοριακά δεδομένα</b> <b>Κυκλοφοριακά δεδομένα</b>	<b>Κυκλοφοριακή ροή σε οχήματα ανά ημέρα</b>	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 4 000 4 000 to 7 000 7000 to 15 000 15 000 to 25 000 25 000 to 40 000 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> 40 000
	<b>Κυκλοφοριακή ροή σε ποδήλατα</b>	<b>Φυσιολογική / Υψηλή</b>
	<b>Κυκλοφοριακή ροή πεζών</b>	<b>Φυσιολογική / Υψηλή</b>
	<b>Δυσκολίες στην οδήγηση</b>	<b>Φυσιολογική / Υψηλή</b>
	<b>Σταθμευμένα οχήματα</b>	<b>Δεν υπάρχουν / Υπάρχουν</b>
	<b>Αναγνώριση προσώπων</b>	<b>Δεν υπάρχουν / Υπάρχουν</b>
	<b>Εγκληματικότητα</b>	<b>Φυσιολογική / Υψηλή</b>
<b>Περιβαλλοντικές και λοιπές εξωτερικές επιδράσεις</b>	<b>Πολυπλοκότητα οπτικού πεδίου</b>	<b>Φυσιολογική / Υψηλή</b>
	<b>Υπάρχων φωτισμός περιβάλλοντος</b>	<b>Υπεραστικός / Αστικός / Κέντρο πόλης</b>
	<b>Καιρικές συνθήκες</b>	<b>Στεγνό / Υγρό</b>

**4.3 ΣΥΣΤΑΣΕΙΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ****Γενικά**

Όλα τα σενάρια φωτισμού που θα πρέπει να αντιμετωπίσουμε είναι διαφορετικά μεταξύ τους. Θα πρέπει να δώσουμε σημασία σε όλες τις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή που ερευνάμε και συνεχώς να συμβουλευόμαστε το πρότυπο EN 13201 για να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που πρέπει να λαμβάνουμε υπ' όψιν σε κάθε περίπτωση είναι η «Θάμβωση». Το πρότυπο EN 13201 αναλύει την επίλυση και την πρόληψη από το φαινόμενο της «Θάμβωσης» κυρίως σε αυτοκινητόδρομους, όμως σε μερικές χώρες αφορούν και δρόμους σε κατοικημένες περιοχές, που επιτρέπουν μέσες έως υψηλές ταχύτητες κυκλοφορίας (μεγαλύτερες από 60 Km/h).

Επίσης δίνει την δυνατότητα ελέγχου και περιορισμό του φαινομένου αυτού ακόμα και σε περιπτώσεις που η μέθοδος της «αύξησης καταφλίου» (TI) δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Δηλαδή η μέτρηση του δείκτη φυσιολογικής θάμβωσης δεν μπορεί να υπολογιστεί.

### **Δείκτης χρωματικής απόδοσης**

Σε κάθε περίπτωση φωτισμού δρόμου θα πρέπει να λαμβάνουμε υπ' όψιν τον δείκτη χρωματικής απόδοσης του λαμπτήρα που πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε.

Ο δείκτης αυτός πρέπει να είναι τέτοιου βαθμού ώστε να μην επηρεάζει:

- την νυχτερινή οδήγηση
- την καθοδήγηση των πεζών
- την απομακρυσμένη αναγνώριση ανθρώπων και αντικειμένων

Για να γίνει αυτό πρέπει να λάβουμε υπόψιν μας τα εξής:

- αν η περιοχή που μελετάμε είναι περιοχή διασταυρώσεως
- την κινητικότητα στην περιοχή
- αν υπάρχει ευελιξία κινήσεων των οχημάτων στον δρόμο αυτό
- αν υπάρχουν παρκαρισμένα οχήματα στον δρόμο
- αν χρειάζεται ο οδηγός να αναγνωρίζει τα πρόσωπα των οδηγών και τον πεζών
- αν συμβαίνουν συχνά ατυχήματα στην περιοχή αυτή

Σε αυτό το σημείο το πρότυπο EN- 13201 τονίζει ότι για να γίνει η σωστή επιλογή του δείκτη χρωματικής απόδοσης δεν πρέπει να πληρούνται μόνο τα παραπάνω, αλλά πρέπει η περιοχή που πρόκειται να γίνει η εγκατάσταση να έχει μελετηθεί καθόλη την διάρκεια της ημέρας και της νύχτας και κυρίως καθώς σκοτεινιάζει. Πράγμα το οποίο διαφέρει εντελώς σε κάθε εποχή του χρόνου.

## **4.4 ΠΡΟΤΥΠΟ 13201-2:2004 ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΔΡΟΜΟΥ, ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ: ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ**

### **Γενικά**

Στο δεύτερο μέρος, αφού έχει γίνει η επιλογή της κατηγορίας φωτισμού του δρόμου, επιλέγονται από πίνακες τα φωτοτεχνικά δεδομένα που πρέπει να εφαρμοστούν στην υπό μελέτη περιοχή. Το πρότυπο δεν καθορίζει την αναγκαιότητα φωτισμού ενός δρόμου, αλλά, εάν αποφασισθεί να φωτιστεί ένας δρόμος, προσδιορίζει την αναγκαία στάθμη φωτισμού σε συνάρτηση με τις παραμέτρους συγκεκριμένων πινάκων. Με το πρότυπο αυτό οι απαιτούμενες στάθμες φωτισμού εκφράζονται είτε μέσω του φωτισμού σε οριζόντιο επίπεδο είτε μέσω της λαμπρότητας. Είναι δε μικρότερες από αυτές που εφαρμόζονταν μέχρι σήμερα στην Ελλάδα. Έτσι υπάρχει διαχωρισμός σε κατηγορίες φωτισμού, όπου κάθε κατηγορία καθορίζεται από ένα σύνολο φωτομετρικών απαιτήσεων που στοχεύει στις οπτικές ανάγκες των χρηστών των οδών ώστε να εξασφαλίζει η ασφάλεια τους κατά τη διάρκεια της νύχτας. Σκοπός της εισαγωγής κατηγοριών φωτισμού είναι να διευκολυνθούν οι μελετητές στη σύνταξη των μελετών των εγκαταστάσεων οδοφωτισμού στις χώρες μέλη της CEN.

Σε αυτό το μέρος του προτύπου γίνεται επίσης αναφορά και στις περιβαλλοντικές πτυχές του οδικού φωτισμού. Από την άποψη της χρονικής εμφάνισης της ημέρας και της νύχτας, αναλύεται το φως που εκπέμπεται στις διάφορες κατευθύνσεις, το οποίο δεν είναι απαραίτητο ούτε επιθυμητό, με σκοπό να αναδειχθούν τα θέματα που πρέπει να περιληφθούν στις προδιαγραφές της μελέτης. Επίσης, στα παραρτήματα μελετώνται οι κατηγορίες των επιτρεπόμενων ορίων θάμβωσης, οι οποίες αποσκοπούν στον έλεγχο του ενοχλητικού φωτισμού, καθώς και ο τοπικός φωτισμός των διαβάσεων στις οδούς κυκλοφορίας αυτοκινήτων.

Στη συνέχεια το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στα μέρη του προτύπου που ασχολούνται με τη διαδικασία της μέτρησης και υπολογισμού των επιδόσεων φωτισμού ενός δρόμου. Πιο συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στον υπολογισμό της οριζόντιας έντασης φωτισμού και λαμπρότητας ενός δρόμου, καθώς και στις τεχνικές μέτρησης. Λεπτομέρεια δίνεται κυρίως στη μέτρηση της λαμπρότητας εντός των ορίων του οδοστρώματος και δει από κινούμενο όχημα.

### **Συνθήκες για την εφαρμογή του προτύπου EN-13201-2:2003**

Για να υλοποιηθεί το πρότυπο αυτό πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω συνθήκες:

1. Να γνωρίζουμε την μέση λαμπρότητα της επιφάνειας του οδοστρώματος

2. Τις ανομοιομορφίες της επιφάνειας του δρόμου που μελετάμε ως προς το κέντρο του (μετράμε την ελάχιστη και την μέγιστη κατά πλάτος προς το κέντρο)
  3. Τις ανομοιομορφίες του οδοστρώματος κατά μήκος της λωρίδας ( $U_1$ )
  4. Την τιμή του συντελεστή ΤΙ μονάδα μέτρησης της απώλειας όρασης λόγω της θάμβωσης
  5. Τον αντανακλώμενο φωτισμό ακριβώς έξω από το οδόστρωμα. (SR)
  6. Την μέση ένταση φωτισμού του δρόμου ( $\bar{E}_{hs}$ ) σε μονάδες lux (lx)
  7. Την ελάχιστη ένταση φωτισμού του δρόμου ( $E_{min}$ ) σε μονάδες lux (lx)
  8. Την ένταση φωτισμού ημισφαιρίου με οριζόντια βάση  $E_{hs}$  προς την επιφάνεια του ημισφαιρίου
  9. Μέση ένταση φωτισμού ( $\bar{E}$ )
  10. Την συνολική ομοιομορφία (της επίπεδης και μη επίπεδης περιοχής) του δρόμου ( $U_o$ )
- Αφού βρούμε τις παραπάνω συνθήκες από τους παρακάτω πίνακων τότε μπορούμε να πραγματοποιήσουμε την σωστή επιλογή λαμπτήρων και τον ομοιόμορφο φωτισμό του οδοστρώματος.

### Εμφάνιση και περιβαλλοντικές πτυχές

Η τοποθέτηση των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού οδικού φωτισμού αλλοιώνουν τη εμφάνιση του δρόμου και του οδικού περιβάλλοντος, τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας όσο και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Αυτό ισχύει όχι μόνο για τους χρήστες των δρόμων, αλλά και για τον παρατηρητή που βλέπει την εγκατάσταση από κάποια απόσταση από το δρόμο.

Προσοχή πρέπει να δίνεται στα ακόλουθα θέματα κατά την:

α) ημέρα:

- επιλογή του τρόπου ανάρτησης των φωτιστικών, π. χ. ιστοί με ή χωρίς βραχίονες, συρματόσχοινα ανάρτησης, ή άμεση στήριξη στα κτήρια
- σχέδιο και χρώμα των ιστών φωτισμού
- κλίμακα και ύψος των ιστών φωτισμού ή άλλων στοιχείων τοποθέτησης των φωτιστικών σε σχέση με το ύψος των παρακείμενων κτιρίων, δέντρων και άλλων εμφανών αντικειμένων.
- θέση των ιστών φωτισμού σε σχέση με το φυσικό κάλος του περιβάλλοντος
- σχέδιο, μήκος και κλίση των βραχιόνων των ιστών
- κλίση των φωτιστικών σωμάτων
- επιλογή των φωτιστικών σωμάτων



β) νύχτα:

- χρώμα του φωτός
- απόδοση του χρώματος του φωτός
- ύψος τοποθέτησης των φωτιστικών σωμάτων
- εμφάνιση των φωτιστικών σωμάτων σε λειτουργία
- εμφάνιση της πλήρους εγκατάστασης σε λειτουργία
- οπτική καθοδήγηση από το άμεσο φως του φωτιστικού
- μείωση των επιπέδων φωτισμού για κάποιες περιόδους.
- Ελαχιστοποίηση του φωτός που εκπέμπεται σε κατευθύνσεις που δεν είναι απαραίτητο ούτε επιθυμητό:
- σε αγροτικές ή προαστιακές περιοχές, η αδιάκριτη άποψη των εγκαταστάσεων οδικού φωτισμού που φαίνονται από μια απόσταση
- φως που εκπέμπεται επάνω από τον οριζόντιο, που όταν διασκορπίζεται στην ατμόσφαιρα κρύβει τη φυσική θέα των αστεριών και εμποδίζει την αστρονομική παρατήρηση. Φως που εκπέμπεται επάνω από τον οριζόντιο μπορεί να περιοριστεί.

### **Φωτισμός πεζοδιαβάσεων**

Οι διασταυρώσεις πεζών (πεζοδιαβάσεις) απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή. Όταν υπάρχει υψηλό επίπεδο φωτεινότητας στον αυτοκινητόδρομο, θα πρέπει να τοποθετηθούν τα φωτιστικά του οδικού φωτισμού έτσι ώστε να υπάρξει καλή αρνητική αντίθεση στον πεζό ώστε να είναι ορατός.

Ο τοπικός φωτισμός με πρόσθετα φωτιστικά πιθανόν να απαιτηθεί. Η πρόθεση είναι άμεσα να φωτιστεί η πεζοδιάβαση ή η διασταύρωση για να επισείσουν την προσοχή στους οδηγούς των αυτοκινήτων για την παρουσία της διάβασης.

Ο τύπος των πρόσθετων φωτιστικών, οι θέσεις τους και ο προσανατολισμός τους σχετικά με τη διάβαση πεζών πρέπει να είναι τέτοια ώστε να επιτευχθεί θετική αντίθεση και να μη προκαλείται θάμβωση στους οδηγούς. Μια λύση είναι να τοποθετηθούν τα φωτιστικά σε μια απόσταση πριν από το πέρασμα στην κατεύθυνση προσέγγισης των αυτοκινήτων και να κατευθύνουν το φως επάνω στην πλευρά των πεζών. Για έναν διπλής κατεύθυνσης δρόμο, τα φωτιστικά τοποθετούνται πριν από το πέρασμα σε κάθε κατεύθυνση της κυκλοφορίας. Τα φωτιστικά με ασύμμετρη κατανομή του φωτισμού είναι κατάλληλα, επειδή προκαλούν λιγότερο θάμβωση στους οδηγούς.

Η ένταση φωτισμού, στο κάθετο επίπεδο, πρέπει να είναι σημαντικά υψηλότερο από την οριζόντια ένταση φωτισμού που παράγεται από τον οδικό φωτισμό στο οδόστρωμα του δρόμου. Ζώνες σε κάθε τέλος της πεζοδιάβασης, όπου οι πεζοί περιμένουν, πρέπει να έχουν επαρκή φωτισμό. Φωτισμός που περιορίζεται σε μια στενή ζώνη γύρω από την πεζοδιάβαση βοηθά στην αύξηση της προσοχής.

#### 4.5 ΠΡΟΤΥΠΟ 13201-3:2004 ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΔΡΟΜΟΥ, ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ

Το κεφάλαιο EN 13201-3 ορίζει την διαδικασία υπολογισμού ενός δρόμου ή μιας περιοχής που εμπεριέχει διαφορετικούς τύπους κυκλοφορίας.

##### 4.5.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑΣ

Η ένταση φωτισμού  $E$  σε ένα σημείο  $M$  του οδοστρώματος λόγω ενός φωτιστικού υπολογίζεται από τον τύπο:

$$E = \frac{I \cdot \cos^3 \gamma \cdot \Phi \cdot MF}{H^2}$$

Όπου

- **I**: Είναι η φωτεινή ένταση της φωτεινής πηγής με κατεύθυνση προς το σημείο  $M$  (cd/klm)
- **$\gamma$** : Γωνία πρόσπτωσης
- **$\Phi$** : Η αρχική φωτεινή ροή των λαμπτήρων του φωτιστικού
- **MF**: Το γινόμενο του συντελεστή χρησιμοποίησης του λαμπτήρα με τον συντελεστή συντήρησης του φωτιστικού

Η λαμπρότητα  $L$  σε ένα σημείο  $M$  του οδοστρώματος είναι ανάλογη της έντασης φωτισμού στο σημείο  $M$  (Σχήμα 4.1)

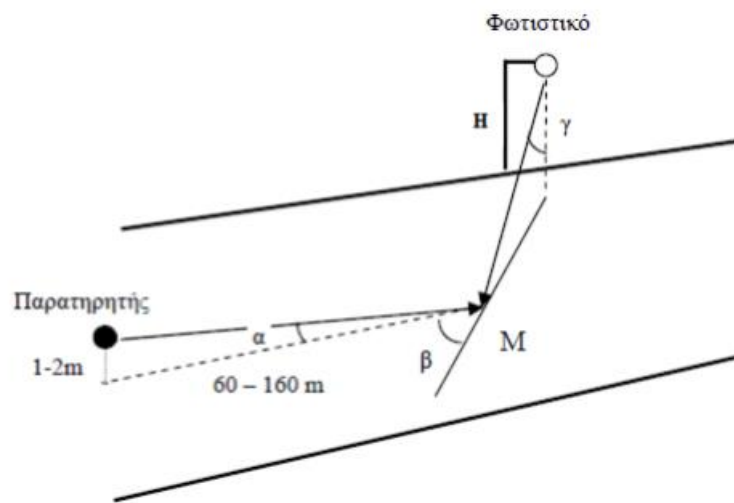
$$L=q \cdot E$$

Ο συντελεστής  $q$  εξαρτάται από τις γωνίες  $\alpha, \beta, \gamma$  όπου

$\alpha$ : Η γωνία παρατήρησης από το οριζόντιο επίπεδο

$\beta$ : Η γωνία μεταξύ των δύο κατακόρυφων επιπέδων

$\gamma$ : Η γωνία πρόσπτωσης

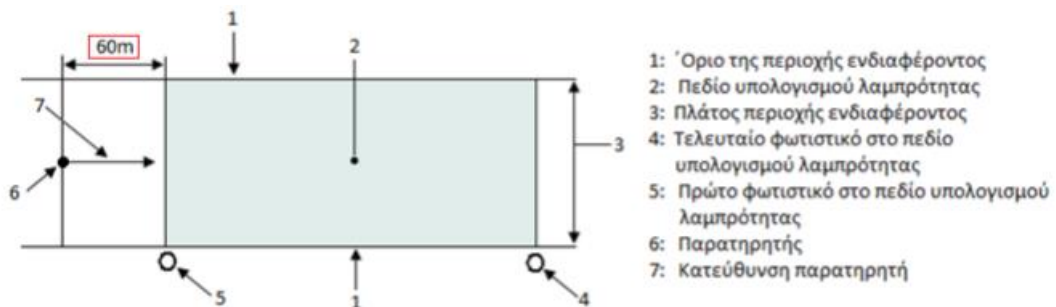


Σχήμα 4.1: Γωνίες για τον προσδιορισμό του συντελεστή λαμπρότητας  $q$

#### 4.5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑΣ

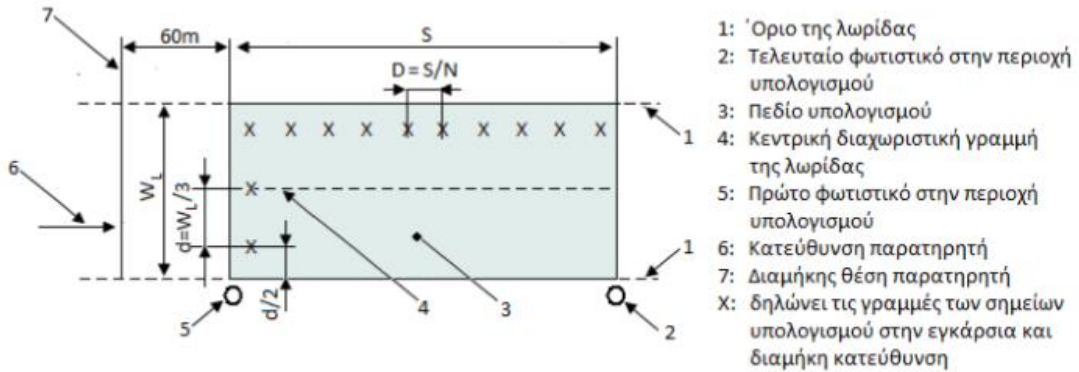
##### Διαμήκης κατεύθυνση

Για τον υπολογισμό στην διαμήκη κατεύθυνση πρέπει να περιέχονται δύο φωτιστικά στην σειρά όπως φαίνεται στην παρακάτω Σχήμα 4.2.



Σχήμα 4.2: Διάταξη μέτρησης λαμπρότητας

Η μέση λαμπρότητα προκύπτει από τον μέσο όρο των σημείων της διάταξης. Οι θέσεις των σημείων ορίζονται απ το πρότυπο όπως φαίνεται και στο παράρτημα. Τα σημεία πρέπει να είναι τοποθετημένα όπως στο σχήμα 4.3.



Σχήμα 4.3: Θέσεις σημείων

Οι αποστάσεις ορίζονται ως εξής:

**Διαμήκης κατεύθυνση**

$$D = \frac{S}{N}$$

Όπου

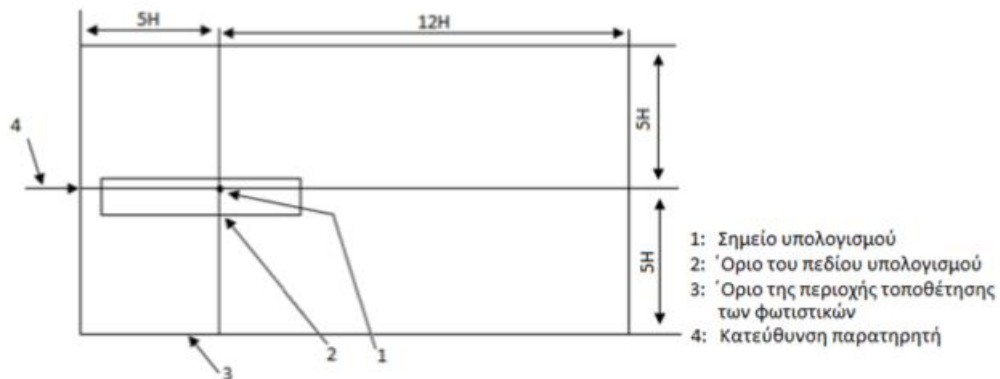
- **D:** Η απόσταση μεταξύ δύο σημείων στην διαμήκη κατευθυνση
- **S:** Η απόσταση μεταξύ δυο φωτιστικών που βρίσκονται στην ίδια σειρά
- **N:** ο αριθμός των σημείων υπολογισμού του πλέγματος

**Εγκάρσια Κατεύθυνση**

$$d = \frac{W}{3}$$

- **d:** Η απόσταση μεταξύ δυο σημείων στην διαμήκη κατεύθυνση
- **W:** Το πλάτος της λωρίδας

### 4.5.3 Φωτιστικά που περιλαμβάνονται στον υπολογισμό



**Σχήμα 4.4:** Φωτιστικά που περιλαμβάνονται στον υπολογισμό

Στην παραπάνω Σχήμα 4.4. φαίνονται τα όρια της περιοχής που βρίσκονται τα φωτιστικά

Το όριο σε κάθε πλευρά του παρατηρητή πρέπει να είναι πενταπλάσιο του ύψους τοποθέτησης  $H$ .

Το όριο που βρίσκεται πιο μακριά από τον παρατηρητή πρέπει να απέχει από το σημείο υπολογισμού απόσταση τουλάχιστον  $12H$  προς την αντίθετη κατεύθυνση από αυτή του παρατηρητή.

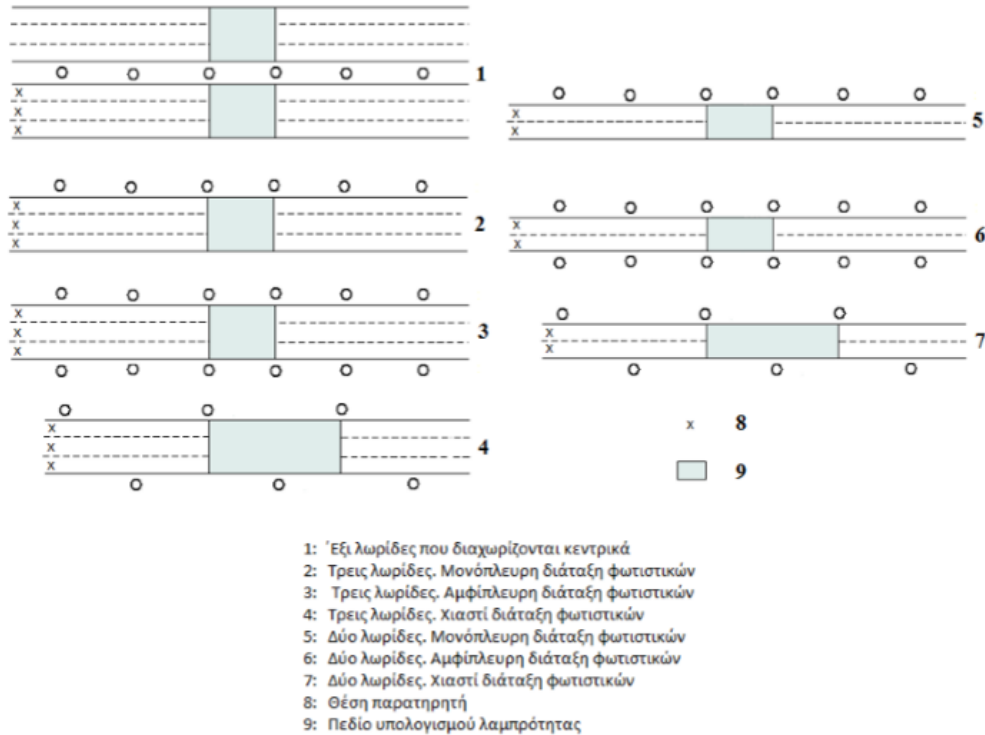
Το όριο που βρίσκεται πιο κοντά στον παρατηρητή πρέπει να απέχει απόσταση υπολογισμού απόσταση τουλάχιστον  $5H$  προς την κατεύθυνση του παρατηρητή.

### 4.5.4 ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗ

Για της μετρήσεις λαμπρότητας το μάτι του παρατηρητή πρέπει να είναι  $1,5m$  από την επιφάνεια του δρόμου. Στην εγκάρσια κατεύθυνση πρέπει να είναι στο κέντρο κάθε λωρίδας.

Η μέση λαμπρότητα και ομοιομορφία πρέπει να υπολογίζεται κάθε φορά για κάθε θέση.

Παρακάτω (Σχήμα 4.5.) παρουσιάζονται παραδείγματα της θέσης του παρατηρητή.



Σχήμα 4.5: Θέσεις παρατηρητή για υπολογισμό λαμπρότητας

#### 4.6 ΠΡΟΤΥΠΟ 14201-4:2004 ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΔΡΟΜΟΥ, ΜΕΡΟΣ

##### ΤΕΤΑΡΤΟ: ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

**Σκοπός** του τέταρτου μέρους είναι ο προσδιορισμός των διαδικασιών για φωτομετρήσεις σε δρόμους. Στο παράρτημα παρουσιάζεται παράδειγμα φυλλαδίων αναφοράς μετρήσεων. Οι διαδικασίες που θα πραγματοποιηθούν θα πρέπει να ταιριάζουν με τον σκοπό των μετρήσεων. Σε περίπτωση που οι μετρήσεις συγκριθούν με τα θεωρητικά αποτελέσματα, απαιτείται έγκυρη σύγκριση.

#### **4.6.1 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ**

##### *4.6.1.1 ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ*

Για να πραγματοποιηθεί η μέτρηση πρέπει να έχει εξασφαλιστεί ότι η παραγωγή φωτός των λαμπτήρων έχει σταθεροποιηθεί.

##### *4.6.1.2 ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ*

Οι κλιματικές συνθήκες θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να μην επηρεάζουν τις μετρήσεις σημαντικά. Υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες ενδέχεται να επηρεάσουν την απόδοση φωτός θερμικά ευαίσθητων λαμπτήρων ή την ακρίβεια των οργάνων μέτρησης φωτός. Συμπύκνωση υγρασίας στις επιφάνειες μέτρησης των οργάνων ή σε ηλεκτρικά κυκλώματα που τους μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβειά τους. Υψηλές ταχύτητες του ανέμου μπορεί να κάνουν τα φωτιστικά να ταλαντεύονται ή να κάνουν τα όργανα να δονούνται. Ακόμη και μια μικρή υγρασία της επιφάνειας του δρόμου μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την φωτεινότητα της επιφάνειας του οδοστρώματος. Η μετάδοση του φωτός από την ατμόσφαιρα θα επηρεάσει την ποσότητα φωτός που φθάνει στην επιφάνεια που πρόκειται να μετρηθεί.

##### *4.6.1.3 ΕΠΙΡΡΟΗ ΦΩΤΟΣ*

Οι μετρήσεις της εγκατάστασης οδικού φωτισμού δεν πρέπει να παρεμποδίζονται από άλλες φωτεινές πηγές έμμεσου ή άμεσου ανακλώμενου φωτισμού.

Όλα τα όργανα που λαμβάνουν μέρος στις μετρήσεις πρέπει να είναι σωστά διακριβωμένα.

#### **4.6.2 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΠΟ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟ ΟΧΗΜΑ**

Η απόδοση του φωτός σε εγκατάσταση φωτισμού δρόμου μπορεί να μετρηθεί και από κινούμενο όχημα. Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να ισχύουν τα παρακάτω:

- Για κάθε σημείο μέτρησης να εντοπίζεται η θέση του στο κράσπεδο και να εξηγείται αναλυτικά ο τρόπος εξαγωγής των αποτελεσμάτων
- Να ελαχιστοποιηθεί οποιαδήποτε επίδραση που μπορεί να επηρεάσει τις μετρήσεις
- Στον εξοπλισμό να υπάρχουν οι κατάλληλες φωτομετρικές κεφαλές που αναφέρονται στο πρότυπο

#### **4.7 ΜΕΤΡΗΣΗ ΛΑΜΠΡΟΤΗΤΑΣ**

Η λαμπρότητα στο οδόστρωμα θα πρέπει να μετράται με σωστά διακριβωμένο λαμπρόμετρο του οποίου η απόδοση θα πρέπει να είναι η κατάλληλη για τον σκοπό των μετρήσεων. Σε περίπτωση που οι μετρήσεις που απαιτούνται για την παρακολούθηση, δεν απαιτούν την απόλυτη βαθμονόμηση του μετρητή φωτισμού πρέπει να εξεταστεί η μακροπρόθεσμη γήρανση του μετρητή φωτισμού. Το πεδίο παρατήρησης σε μετρήσεις λαμπρότητας ξεκινάει στα 60m. Για αυτό το λόγο για να αποφευχθεί η όποια επικάλυψη των υπο μέτρηση πεδίων θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν μικρές γωνίες εστίασης.



## 5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### “ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΠΡΟΤΥΠΟΥ ΣΕ ΦΩΤΙΣΜΟ ΔΡΟΜΟΥ”

Στο παρακάτω κεφάλαιο θα αναλύθει η μεθοδολογία μελέτης φωτισμού δύο τύπων δρόμου σύμφωνα με το πρότυπο.

#### 5.1 ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΠΕΖΟΔΡΟΜΟΥ

Παράδειγμα για φωτισμό πεζόδρομου στην περιοχή του Αμαρουσίου.

Πεζόδρομος στην κεντρική περιοχή του Αμαρουσίου, όπου επιτρέπεται η αργή διέλευση οχημάτων (π.χ. καθαριστικά οχήματα δήμου) και επιτρέπεται η διέλευση ποδηλάτων στο ίδιο οδόστρωμα. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν είναι φυσιολογικές.

##### **Βήμα 1<sup>ο</sup>**

Καθορισμός της δημόσιας περιοχής κυκλοφορίας και κατόπιν επιλογή των συνθηκών φωτισμού της περιοχής σύμφωνα με πίνακα 5.1.

Από πίνακα 5.1., επιλέγουμε την ταχύτητα του κύριου χρήστη σε km/h η οποία είναι ταχύτητα βαδίσματος.

Ο κύριος χρήστης της μελέτης που κάνουμε είναι οι **πεζοί** και άλλοι επιτρεπόμενοι χρήστες είναι: **ποδηλάτες και αργά κινούμενα οχήματα.**

Η εξεταζόμενη περιοχή είναι το συνολικό πλάτος του πεζοδρόμου.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν όλα τα παραπάνω, επιλέγουμε την περίπτωση (κατάσταση φωτισμού)

**E2.**

Πίνακας 5.1: Περιπτώσεις καταστάσεων φωτισμού

Ταχύτητα βαδίσματος	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες πεζοί.			D4
	Πεζοί		Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες.	E1
		Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες		

**Βήμα 2<sup>ο</sup>**

Επιλέγουμε μια προτεινόμενη εμβέλεια από τον περιβαλλοντικό φωτισμό από τον πίνακα A.20 του προτύπου (Πίνακας 5.2.) για την κατηγορία E2.

Πίνακας 5.2: Περιβαλλοντικός φωτισμός εμβέλεια

Περιβαλλοντικός φωτισμός		
Χαμηλός	Μέσος	Υψηλός
←	<b>0</b>	→

Έχοντας επιλέξει για μέσο περιβαλλοντικό φωτισμό έχουμε ως αποτέλεσμα το «**0**»

**Βήμα 3<sup>ο</sup>**

Επιλογή μίας κατηγορίας φωτισμού από τον πίνακα A.19 του προτύπου (Πίνακας 5.3.) των περιεχομένων για προτεινόμενη κλάση φωτισμού για την κατηγορία E2 για «0» με τις εξής προϋποθέσεις:

- Επίπεδο εγκληματικότητας: Κανονικό
- Αναγνώριση προσώπων: Αναγκαία
- Ροή πεζών: Κανονική

Πίνακας 5. 3: Προτεινόμενη κλάση φωτισμού

Επίπεδο εγκληματικότητας	Αναγνώριση προσώπων	Ροή πεζών					
		Κανονική			Υψηλή		
		←	0	→			
Κανονικό	Μη αναγκαία	S5	S4	S3	S4	S3	S2
	Αναγκαία	S3	<b>S2</b>	S1	S3	S2	S1
Υψηλό		S2	S1	CE2	S2	S1	CE2

Οπότε με βάση τα παραπάνω, η προτεινόμενη κλάση φωτισμού με βάση το πρότυπο EN 13201-1:2004 είναι η **S2**.

#### Βήμα 4<sup>ο</sup>

Καθορισμός της εξεταζόμενης περιοχής σύμφωνα με τον πίνακα 5.4 (παράμετροι) και τις παραγράφους για τις εξεταζόμενες περιοχές.

Πίνακας 5.4: Παράμετροι

Παράμετροι		Επιλογές
Περιοχή	Τύπος διασταυρώσεων	Ισόπεδοι κόμβοι
	Πυκνότητα ισόπεδων κόμβων	≥3 ΙΚ/km
	Περιοχή σύγκρουσης	Όχι
	Γεωμετρικά μέτρα ήπιας κυκλοφορίας	Όχι
Κυκλοφορία δεδομένων	Κυκλοφοριακή ροή σε οχήματα ανά ημέρα	< 4000
	Κυκλοφοριακή ροή σε ποδήλατα	Φυσιολογική
	Κυκλοφοριακή ροή πεζών	Φυσιολογική
	Σταθμευμένα οχήματα	Δεν υπάρχουν
	Αναγνώριση προσώπων	Δεν απαιτείται
	Πολυπλοκότητα οπτικού πεδίου	Φυσιολογική
Περιβαλλοντικές και λοιπές εξωτερικές επιδράσεις	Υπάρχων φωτισμός περιβάλλοντος	Κέντρο πόλης
	Καιρικές συνθήκες	Στεγνό

Έχοντας όλες αυτές τις πληροφορίες εξετάζουμε τον πίνακα από το 2<sup>ο</sup> μέρος του προτύπου, (EN 13201 -2:2003) μπορούμε με βάση τους πίνακες που παρέχει να επιλέξουμε το  $\bar{E}$  και το  $E_{\min}$  χωρίς να πραγματοποιήσουμε κανέναν υπολογισμό.

Πιο συγκεκριμένα, εξετάζουμε τον πίνακα 5.5, για κατηγορίες S (Πεζόδρομοι και ποδηλατοδρόμοι), και επιλέγουμε την κατάλληλη κάθετη προς την επιφάνεια ροή

Πίνακας 5.5: Επιλογή κλάσης

Κλάση	Οριζόντιος φωτισμός	
	$\bar{E}$ σε lx (υπό φυσιολογική λειτουργία)	$E_{\min}$ σε lx (υπό συντήρηση)
S1	15	5
<b>S2</b>	<b>10</b>	<b>3</b>
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6
S7	Δεν επιτρέπεται υλοποίηση	Δεν επιτρέπεται υλοποίηση

Οπότε με βάση την μελέτη που κάναμε προκύπτουν τα εξής αποτελέσματα:

Κλάση: S2

$\bar{E}$  = 10 lx (υπό κανονική λειτουργία των λαμπτήρων)

$E_{\min}$  = 3 lx (υπό συντήρηση)

## 5.2 ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ

Αυτοκινητόδρομος με **τρεις λωρίδες ανά κατεύθυνση και μία λωρίδα έκτακτης ανάγκης. Οι κατευθύνσεις κυκλοφορίας, διαχωρίζονται με νησίδα.**

### Βήμα 1<sup>ο</sup>

Καθορισμός της δημόσιας περιοχής κυκλοφορίας και κατόπιν επιλογή των συνθηκών φωτισμού της περιοχής σύμφωνα με πίνακα 5.6.

Η περιοχή εξετάζεται συνολικά, συμπεριλαμβανομένης και της λωρίδας έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ)

Πίνακας 5.6: Περιπτώσεις καταστάσεων φωτισμού

Ταχύτητα του κύριου χρήστη km/h	Τύπος χρηστών στην σχετική περιοχή			Περιπτώσεις (Καταστάσεις) φωτισμού	
	Κύριος χρήστης	Άλλοι επιτρεπόμενοι χρήστες	Απαγορευμένοι χρήστες		
>60	Κυκλοφορία αυτοκινήτων		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες, πεζοί	A1	
			Αργά κινούμενα οχήματα	Ποδηλάτες, πεζοί	A2
			Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες		A3

Οπότε, επιλέγουμε την περίπτωση φωτισμού **A1**

### Βήμα 2<sup>ο</sup>

Ελέγχουμε από τον Πίνακα 5.7. τα χαρακτηριστικά του αυτοκινητόδρομου που μελετάμε:

Πίνακας 5.7: Παράμετροι

Παράμετροι	Επιλογές	
Περιοχή (Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά)	Διαχωρισμός λωριδών	Ναι
	Τύπος διασταυρώσεων	Ισόπεδοι κόμβοι
	Πυκνότητα ισόπεδων κόμβων	<3 intersections/km (διασταυρώσεων)
	Περιοχή σύγκρουσης	Ναι
Κυκλοφοριακά δεδομένα	Γεωμετρικά μέτρα ήπιας κυκλοφορίας	Όχι
	Κυκλοφοριακή ροή σε οχήματα ανά ημέρα	>25000
	Κυκλοφοριακά δεδομένα	Δυσκολίες στην οδήγηση
Περιβαλλοντικές και εξωτερικές επιδράσεις	Πολυπλοκότητα οπτικού πεδίου	Φυσιολογική / Υψηλή
	Υπάρχων περιβάλλοντος φωτισμός	Δεν υπάρχουν
	Καιρικές συνθήκες	Φυσιολογική
		Υπεραστικός
		Στεγνό

**Βήμα 3<sup>ο</sup>**

Επιλέγουμε μια προτεινόμενη εμβέλεια από τον περιβαλλοντικό φωτισμό από τον πίνακα Α.2 του προτύπου (Πίνακας 5.8.) για την κατηγορία Α1, από το πρώτο μέρος του EN13201-1:2004.

Πίνακας 5.8: Επιλογή προτεινόμενης εμβέλειας

Περιοχή σύγκρουσης	Πολυπλοκότητα οπτικού πεδίου	Δυσκολία οδήγησης	Περιβαλλοντικός φωτισμός		
			Χαμηλός	Μεσαίος	Υψηλός
Όχι	Κανονικό	Κανονική	←	←	○
		Μεγαλύτερη της κανονικής	○	○	→
	Υψηλή	Κανονική	←	○	○
		Μεγαλύτερη της κανονικής	○	→	→
Ναι			→		

Οπότε για τον αυτοκινητόδρομο που μελετάμε, επιλέγετε η επιλογή →

**Βήμα 4<sup>ο</sup>**

Επιλογή μίας κατηγορίας φωτισμού από τον πίνακα Α.1 του προτύπου (πίνακας 5.9.)  
προτεινόμενη κατηγορία φωτισμού των περιεχομένων για την ένδειξη «→»

Πίνακας 5.9: Επιλογή κατηγορίας φωτισμού

Καιρικές συνθήκες	Διαχωρισμός κατευθύνσεων κυκλοφορίας	Τύπος διασταυρώσεων		Ροή οχημάτων ανά ημέρα								
		Ανισόπεδοι κόμβοι	Ισόπεδοι κόμβοι	<15000			15000 έως 25000			>25000		
		Αποστάσεις μεταξύ των ανισόπεδων κόμβων	Πυκνότητα διασταυρώσεων /km	←	0	→	←	0	→	←	0	→
Στεγνό	Ναι	>3		ME5	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2	ME4a	ME3a	ME2
		≤3		ME4a	ME3a	ME2	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1
			<3	ME5	ME4a	ME3a	ME5	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2
			≥3	ME4a	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1
	Όχι	>3		ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1	ME3a	ME2	ME1
		≤3		ME3a	ME2	ME1	ME3a	ME2	ME1	ME2	ME2	ME1
			<3	ME4a	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1
			≥3	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1	ME2	ME2	ME1
Υγρό	Επιλέγεται από τα στοιχεία από πάνω αλλά ανήκει στην MEW κλάση											

Από τον παραπάνω πίνακα και με τα χαρακτηριστικά που έχουμε ως δεδομένα, επιλέγουμε την κατηγορία φωτισμού **ME2**.

**Βήμα 5<sup>ο</sup>**

Χρησιμοποιώντας τον πίνακα 1a του προτύπου από το δεύτερο μέρος του προτύπου, EN1320-2:2003, (πίνακας 5.10)

Πίνακας 5.10: Αποτελέσματα

Κλάση	$\bar{I}_v$ σε cd/m <sup>2</sup>	U <sub>0</sub> (minimum)	U <sub>1</sub> (minimum)	TI σε % <sup>a</sup> (minimum)	SR <sup>2b</sup> (minimum)
ME2	1.5	0.4	0.7	10	0.5

Δίνοντας προσοχή στα παραπάνω, παρατηρούμε ότι το threshold increment για μέτρηση της θάμβωσης είναι 10%

### 5.3 ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΥ

Αυτοκινητόδρομος με τρεις λωρίδες ανά κατεύθυνση και μία λωρίδα έκτακτης ανάγκης. Πχ Εθνική οδός Αθηνών Λαμίας.

Η περιοχή εξετάζεται συνολικά, συμπεριλαμβανομένης και της λωρίδας έκτακτης ανάγκης (ΛΕΑ)

#### Βήμα 1<sup>ο</sup>

Καθορισμός της δημόσιας περιοχής από πίνακα 5.11

Πίνακας 5.11: Περιπτώσεις καταστάσεων φωτισμού

Ταχύτητα του κύριου χρήστη km/h	Τύπος χρηστών στην σχετική περιοχή			Περιπτώσεις (Καταστάσεις) φωτισμού	
	Κύριος χρήστης	Άλλοι επιτρεπόμενοι χρήστες	Απαγορευμένοι χρήστες		
>60	Κυκλοφορία αυτοκινήτων		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες, πεζοί	A1	
			Αργά κινούμενα οχήματα	Ποδηλάτες, πεζοί	A2
			Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες		A3

Οπότε, επιλέγουμε την περίπτωση φωτισμού **A2**



**Βήμα 2<sup>ο</sup>**

Ελέγχουμε τα χαρακτηριστικά του αυτοκινητόδρομου που μελετάμε από τον πίνακα 5.12:

Πίνακας 5.12: Παράμετροι

<b>Παράμετροι</b>		<b>Επιλογές</b>
<b>Περιοχή (Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά)</b>	<b>Διαχωρισμός λωριδών</b>	<b>Ναι</b>
	<b>Τύπος διασταυρώσεων</b>	<b>Ισόπεδοι κόμβοι</b>
	<b>Αποστάσεις μεταξύ ανισόπεδων κόμβων και γεφυρών</b>	<b>≤3km</b>
	<b>Πυκνότητα ισόπεδων κόμβων</b>	<b>&lt;3 intersections/km</b>
	<b>Περιοχή σύγκρουσης</b>	<b>Ναι</b>
	<b>Γεωμετρικά μέτρα ήπιας κυκλοφορίας</b>	<b>Ναι</b>
<b>Κυκλοφοριακά δεδομένα</b>	<b>Κυκλοφοριακή ροή σε οχήματα ανά ημέρα</b>	<b>4 000 to 7 000</b>
<b>Κυκλοφοριακά δεδομένα</b>	<b>Κυκλοφοριακή ροή σε ποδήλατα</b>	<b>-</b>
	<b>Κυκλοφοριακή ροή πεζών</b>	<b>-</b>
	<b>Δυσκολίες στην οδήγηση</b>	<b>Φυσιολογική</b>
	<b>Σταθμευμένα οχήματα</b>	<b>Δεν υπάρχουν</b>
	<b>Αναγνώριση προσώπων</b>	<b>Δεν υπάρχουν</b>
	<b>Εγκληματικότητα</b>	<b>Φυσιολογική</b>
<b>Περιβαλλοντικές και λοιπές εξωτερικές επιδράσεις</b>	<b>Πολυπλοκότητα οπτικού πεδίου</b>	<b>Φυσιολογική</b>
	<b>Υπάρχων φωτισμός περιβάλλοντος</b>	<b>Υπεραστικός</b>
	<b>Καιρικές συνθήκες</b>	<b>Στεγνό</b>

**Βήμα 3<sup>ο</sup>**

Επιλέγουμε μια προτεινόμενη εμβέλεια από τον περιβαλλοντικό φωτισμό από τον πίνακα Α.3 του προτύπου (πίνακας 5.13) για την κατηγορία Α2, από το πρώτο μέρος του EN13201-1:2004.

Πίνακας 5.13: Επιλογή προτεινόμενης εμβέλειας

Περιοχή σύγκρουσης	Πολυπλοκότητα οπτικού πεδίου	Δυσκολία οδήγησης	Περιβαλλοντικός φωτισμός		
			Χαμηλός	Μεσαίος	Υψηλός
Όχι	Κανονικό	Κανονική	←	←	○
		Μεγαλύτερη της κανονικής	○	○	→
	Υψηλή	Κανονική	←	○	○
		Μεγαλύτερη της κανονικής	○	→	→
Ναι			→		

Οπότε για τον αυτοκινητόδρομο που μελετάμε, επιλέγετε η επιλογή →

**Βήμα 4<sup>ο</sup>**

Επιλογή μίας κατηγορίας φωτισμού από τον πίνακα Α.3. του προτύπου (πίνακας 5.14) προτεινόμενη κατηγορία φωτισμού των περιεχομένων για την ένδειξη «→»

Πίνακας 5.14: Επιλογή κατηγορίας φωτισμού

Καιρικές συνθήκες	Πυκνότητα διασταυρώσεων /km	Ροή οχημάτων κυκλοφορίας					
		<7.000			≥7.000		
		←	○	→	←	○	→
Στεγνό	<3	ME5	ME5	ME4a	ME4a	ME3a	ME3a
	≥3	ME5	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2
Υγρό	Επιλέγετε από τα στοιχεία από πάνω αλλά ανήκει στην MEW κλάση						

Από τον παραπάνω πίνακα και με τα χαρακτηριστικά που έχουμε ως δεδομένα, επιλέγουμε την κατηγορία φωτισμού ME4a.

**Βήμα 5<sup>ο</sup>**

Χρησιμοποιώντας τον πίνακα 1a από το δεύτερο μέρος του προτύπου, EN1320-2:2003, πίνακας 5.15 καταλήγουμε στην κλάση φωτισμού:

*Πίνακας 5.15: Αποτελέσματα*

Κλάση	$\bar{I}_x$ σε cd/m <sup>2</sup>	U <sub>0</sub> (minimum)	U <sub>1</sub> (minimum)	ΤΙ σε % <sup>a</sup> (minimum)	SR <sup>2b</sup> (minimum)
ME4a	0.75	0.4	0.6	15	0.5

Δίνοντας προσοχή στα παραπάνω, παρατηρούμε ότι το threshold increment για μέτρηση της θάμβωσης είναι 15%.

## 5.4 ΔΡΟΜΟΣ ΣΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΗΣ ΠΟΛΗΣ

Για το παρακάτω παράδειγμα σύμφωνα με την μεθοδολογία που έχει αναλυθεί παραπάνω επιλέγουμε έναν εμπορικό δρόμο εντός πόλης με **μία λωρίδα και ποδηλατοδρόμο**.

Πίνακας 5.16: Επιλογή καταστάσεων φωτισμού

Ταχύτητα του κύριου χρήστη km/h	Τύπος χρηστών στην σχετική περιοχή			Περιπτώσεις (Καταστάσεις) φωτισμού
	Κύριος χρήστης	Άλλοι επιτρεπόμενοι χρήστες	Απαγορευμένοι χρήστες	
>60	Κυκλοφορία αυτοκινήτων		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες, πεζοί	A1
		Αργά κινούμενα οχήματα	Ποδηλάτες, πεζοί	A2
		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες		A3
>30 και ≤60	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	Ποδηλάτες, πεζοί		B1
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	Πεζοί		B2
	Ποδηλάτες	Πεζοί	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα	C1
>5 και ≤30	Ποδηλάτες	Πεζοί	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα	C1
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, πεζοί		Αργά κινούμενα οχήματα, πεζοί	D1
		Αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες.		<b>D2</b>
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων ποδηλάτες	Αργά κινούμενα οχήματα, πεζοί		D3
>5 και ≤30	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες, πεζοί			D4
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες πεζοί.			D4
Ταχύτητα βαδίσματος				D4
			Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες.	E1
	Πεζοί	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες		E2

Οπότε, επιλέγουμε την περίπτωση φωτισμού **D2**

Πίνακας 5.17: Παράμετροι

Παράμετροι		Επιλογές
Περιοχή (Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά)	Διαχωρισμός λωριδών	Όχι
	Τύπος διασταυρώσεων	Ισόπεδοι κόμβοι
	Αποστάσεις μεταξύ ανισόπεδων κόμβων και γεφυρών	≤3km
	Πυκνότητα ισόπεδων κόμβων	≥3 intersection/km (διασταυρώσεων)
	Περιοχή σύγκρουσης	Ναι
	Γεωμετρικά μέτρα ήπιας κυκλοφορίας	Όχι
Κυκλοφοριακά δεδομένα	Κυκλοφοριακή ροή σε οχήματα ανά ημέρα	□ □ 4 000
Κυκλοφοριακά δεδομένα	Κυκλοφοριακή ροή σε ποδήλατα	Φυσιολογική
	Κυκλοφοριακή ροή πεζών	Φυσιολογική
	Δυσκολίες στην οδήγηση	Φυσιολογική
	Σταθμευμένα οχήματα	Υπάρχουν
	Αναγνώριση προσώπων	Δεν υπάρχουν
Περιβαλλοντικές και λοιπές εξωτερικές επιδράσεις	Εγκληματικότητα	Φυσιολογική
	Πολυπλοκότητα οπτικού πεδίου	Κέντρο πόλης
	Υπάρχων φωτισμός περιβάλλοντος	Στεγνό
	Καιρικές συνθήκες	

Πίνακας 5.18: Επιλογή κατηγορίας φωτισμού

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά ήπιας κυκλοφορίας	Κίνδυνος Εγκληματικότητας	Ανάγκη Αναγνώρισης Προσώπων	Δυσκολία Οδήγησης	Ροή πεζών					
				Φυσιολογική			Υψηλή		
				←	0	→	←	0	→
Όχι	Φυσιολογική	Όχι απαραίτητη	Υψηλή	CE 5	CE 5	CE 4	CE 5	CE 4	CE 3
			Φυσιολογική	CE 5	CE 4	CE 3	CE 4	CE 3	CE 2
		Απαραίτητη	Υψηλή	CE 4	CE 4	CE 4	CE 4	CE 4	CE 3
	Φυσιολογική		CE 4	CE 4	CE 3	CE 4	CE 3	CE 2	
	Υψηλή		CE 4	CE 4	CE 3	CE 4	CE 3	CE 3	
	Υψηλή	Φυσιολογική	CE 4	CE 3	CE 2	CE 3	CE 2	CE 2	
Ναι									

Πρόσθετες κλάσεις ES και EV συνιστώνται στις κλάσεις CE και μπορούν να βρεθούν στο Πίνακα 5

Πίνακας 5.19: Επιλογή Περιβαλλοντικού Φωτισμού

Περιβαλλοντικός φωτισμός		
Χαμηλός	Μεσαίος	Υψηλός
←	0	→

Πίνακας 5.20: Τελική επιλογή τιμών

Κλάση	Οριζόντιος φωτισμός	
	$E$ σε lx (υπό φυσιολογική λειτουργία)	$E_{min}$ σε lx (υπό συντήρηση)
<b>CE4</b>	<b>10</b>	<b>0,4</b>

## 5.5 ΕΠΑΡΧΙΑΚΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΜΕ ΜΙΑ ΛΩΡΙΔΑ ΑΝΑ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ

### Βήμα 1<sup>ο</sup>

Καθορισμός της δημόσιας περιοχής από πίνακα 5.21.

Στο δρόμο δεν υπάρχει νησίδα η ΛΕΑ, οπότε ο δρόμος εξετάζεται συνολικά.

Πίνακας 5.21: Επιλογή καταστάσεων φωτισμού

Ταχύτητα του κύριου χρήστη km/h	Τύπος χρηστών στην σχετική περιοχή			Περιπτώσεις (Καταστάσεις) φωτισμού	
	Κύριος χρήστης	Άλλοι επιτρεπόμενοι χρήστες	Απαγορευμένοι χρήστες		
<b>&gt;60</b>	<b>Κυκλοφορία αυτοκινήτων</b>		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες, πεζοί	A1	
			Αργά κινούμενα οχήματα	Ποδηλάτες, πεζοί	A2
			<b>Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες</b>		<b>A3</b>

Οπότε, επιλέγουμε την περίπτωση φωτισμού **A3**

**Βήμα 2<sup>ο</sup>**

Ελέγχουμε τα χαρακτηριστικά του αυτοκινητόδρομου που μελετάμε από τον πίνακα 5.22

Πίνακας 5.22: Παράμετροι

Παράμετροι		Επιλογές
<b>Περιοχή (Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά)</b>	<b>Διαχωρισμός λωριδών</b>	<b>Όχι</b>
	<b>Τύπος διασταυρώσεων</b>	<b>Ανισόπεδοι κόμβοι</b>
	<b>Αποστάσεις μεταξύ ανισόπεδων κόμβων και γεφυρών</b>	<b>&gt;3km</b>
	<b>Πυκνότητα ισόπεδων κόμβων</b>	<b>&lt;3 intersections/km</b>
	<b>Περιοχή σύγκρουσης</b>	<b>Ναι</b>
	<b>Γεωμετρικά μέτρα ήπιας κυκλοφορίας</b>	<b>Ναι</b>
<b>Κυκλοφοριακά δεδομένα</b>	<b>Κυκλοφοριακή ροή σε οχήματα ανά ημέρα</b>	<b>□4 000 to 7 000</b>
<b>Κυκλοφοριακά δεδομένα</b>	<b>Κυκλοφοριακή ροή σε ποδήλατα</b>	<b>Φυσιολογική</b>
	<b>Κυκλοφοριακή ροή πεζών</b>	<b>Φυσιολογική</b>
	<b>Δυσκολίες στην οδήγηση</b>	<b>Φυσιολογική</b>
	<b>Σταθμευμένα οχήματα</b>	<b>Δεν υπάρχουν</b>
	<b>Αναγνώριση προσώπων</b>	<b>Δεν υπάρχουν</b>
	<b>Εγκληματικότητα</b>	<b>Φυσιολογική</b>
<b>Περιβαλλοντικές και λοιπές εξωτερικές επιδράσεις</b>	<b>Πολυπλοκότητα οπτικού πεδίου</b>	<b>Υψηλή</b>
	<b>Υπάρχων φωτισμός περιβάλλοντος</b>	<b>Υπεραστικός</b>
	<b>Καιρικές συνθήκες</b>	<b>Στεγνό</b>

Πίνακας 5.23: Ορισμός Περιβάλλοντα Φωτισμού

Περιοχή σύγκρουσης	Πολυπλοκότητα οπτικού πεδίου	Σταθμευμένα Οχήματα	Δυσκολία οδήγησης	Περιβαλλοντικός φωτισμός		
				Χαμηλός	Μεσαίος	Υψηλός
Όχι	Κανονικό	Δεν υπάρχουν	Κανονική	←	←	0
			Μεγαλύτερη της κανονικής	0	0	→
		Υπάρχουν	Κανονική	←	0	→
			Μεγαλύτερη της κανονικής	0	→	→
	Υψηλή	Δεν υπάρχουν	Κανονική	←	0	0
			Μεγαλύτερη της κανονικής	0	→	→
		Υπάρχουν	Κανονική	0	0	→
			Μεγαλύτερη της κανονικής	→	→	→
Ναι				→		

Πίνακας 5.24: Επιλογή κλάσης δρόμου

Καρι κές συνθήκες	Διαχωρισμός λωριδών	Ποικνότητα ισόπεδων κόμβων	Ροή οχημάτων κυκλοφορίας											
			< 7000			≥ 7000 έως 15000			≥ 15000 έως 25000			≥ 25000		
			←	0	→	←	0	→	←	0	→	←	0	→
ΣΤΕΓΝΟ	ΝΑΙ	<3	ME 5	ME 5	ME 4a	ME 5	ME 5	ME 4a	ME 5	ME 4a	ME 3b	ME 4a	ME 3b	ME 3b
		≥3	ME 5	ME 4a	ME 3b	ME 5	ME 4a	ME 3b	ME 4a	ME 3b	ME 2	ME 3b	ME 2	ME 2
	ΟΧΙ	<3	ME 5	ME 4a	<b>ME 3b</b>	ME 5	ME 4a	ME 3b	ME 4a	ME 3b	ME 2	ME 3b	ME 2	ME 2
		≥3	ME 4a	ME 3b	ME 3b	ME 4a	ME 3b	ME 2	ME 3b	ME 2	ME 2	ME 3b	ME 2	ME 1
ΥΓΡΟ			Επιλέγουμε όπως και παραπάνω αλλά διαλέγουμε κλάση MEW											

Πίνακας 5.25: Τελική επιλογή τιμών

Κλάση	ξ σε cd/m <sup>2</sup>	U <sub>0</sub> (minimum)	U <sub>1</sub> (minimum)	ΤΙ σε % <sup>a</sup> (minimum)	SR <sup>2b</sup> (minimum)
ME3b	1.0	0.4	0.6	15	0.5



## 5.6 ΚΕΝΤΡΙΚΟΣ ΔΡΟΜΟΣ ΠΟΛΗΣ

Κεντρικός δρόμος με μία λωρίδα ανα κατεύθυνση σε πόλη. Πχ Κασταμονής Νεα Ιωνία

Πίνακας 5.26: Επιλογή καταστάσεων φωτισμού

Ταχύτητα του κύριου χρήστη km/h	Τύπος χρηστών στην σχετική περιοχή			Περιπτώσεις (Καταστάσεις) φωτισμού
	Κύριος χρήστης	Άλλοι επιτρεπόμενοι χρήστες	Απαγορευμένοι χρήστες	
>60	Κυκλοφορία αυτοκινήτων		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες, πεζοί	A1
		Αργά κινούμενα οχήματα	Ποδηλάτες, πεζοί	A2
		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες		A3
>30 και ≤60	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	Ποδηλάτες, πεζοί		B1
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	Πεζοί		B2
	Ποδηλάτες	Πεζοί	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα	C1
>5 και ≤30	Ποδηλάτες	Πεζοί	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα	C1
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, πεζοί		Αργά κινούμενα οχήματα, πεζοί	D1
		Αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες.		D2
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων ποδηλάτες	Αργά κινούμενα οχήματα, πεζοί		D3
>5 και ≤30	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες, πεζοί			D4
Ταχύτητα βαδίσματος	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες πεζοί.			D4
	Πεζοί		Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες.	E1
		Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες		

Πίνακας 5.27: Παράμετροι

Παράμετροι		Επιλογές
Περιοχή (Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά)	Διαχωρισμός λωριδών	Ναι
	Τύπος διασταυρώσεων	Ανισόπεδοι
	Αποστάσεις μεταξύ ανισόπεδων κόμβων και γεφυρών	$\leq 3\text{km}$
	Πυκνότητα ισόπεδων κόμβων	$\geq 3$ intersection/km (διασταυρώσεων)
	Περιοχή σύγκρουσης	Ναι
	Γεωμετρικά μέτρα ήπιας κυκλοφορίας	Όχι
Κυκλοφοριακά δεδομένα	Κυκλοφοριακή ροή σε οχήματα ανά ημέρα	$\square\square 4\ 000$ to 7 000
Κυκλοφοριακά δεδομένα	Κυκλοφοριακή ροή σε ποδήλατα	Φυσιολογική
	Κυκλοφοριακή ροή πεζών	Υψηλή
	Δυσκολίες στην οδήγηση	Φυσιολογική
	Σταθμευμένα οχήματα	Υπάρχουν
	Αναγνώριση προσώπων	Δεν υπάρχουν
	Εγκληματικότητα	Φυσιολογική
Περιβαλλοντικές και λοιπές εξωτερικές επιδράσεις	Πολυπλοκότητα οπτικού πεδίου	Φυσιολογική
	Υπάρχων φωτισμός περιβάλλοντος	Κέντρο πόλης
	Καιρικές συνθήκες	Στεγνό

Πίνακας 5.28: Περιβαλλοντικός φωτισμός

Περιβαλλοντικός φωτισμός		
Χαμηλός	Μεσαίος	Υψηλός
←	0	→

Πίνακας 5.29: Επιλογή κλάσης

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά ήπιας κυκλοφορίας	Κίνδυνος Εγκληματικότητας	Ανάγκη Αναγνώρισης Προσώπων	Δυσκολία Οδήγησης	Ροή πεζών					
				Φυσιολογική			Υψηλή		
				←	Ο	→	←	Ο	→
Όχι	Φυσιολογική	Όχι απαραίτητη	Υψηλή	CE5	<b>CE5</b>	CE4	CE5	CE4	CE3
			Φυσιολογική	CE5	CE4	CE3	CE4	CE3	CE2
		Απαραίτητη	Υψηλή	CE4	CE4	CE4	CE4	CE4	CE3
	Φυσιολογική		CE4	CE4	CE3	CE4	CE3	CE2	
	Υψηλή		CE4	CE4	CE3	CE4	CE3	CE3	
	Υψηλή	Φυσιολογική	CE4	CE3	CE2	CE3	CE2	CE2	
Ναι									
Πρόσθετες κλάσεις ES και EV συνιστώνται στις κλάσεις CE και μπορούν να βρεθούν στο Πίνακα 5									

Πίνακας 5.30: Αποτελέσματα

Κλάση	Οριζόντιος φωτισμός	
	$\bar{E}$ σε lx (υπό φυσιολογική λειτουργία)	$E_{min}$ σε lx (υπό συντήρηση)
<b>CE5</b>	<b>7,5</b>	<b>0,4</b>

## 5.7 ΥΠΟΓΕΙΑ ΔΙΑΒΑΣΗ ΠΕΖΩΝ

Πίνακας 5.31: Επιλογή καταστάσεων φωτισμού

Ταχύτητα του κύριου χρήστη km/h	Τύπος χρηστών στην σχετική περιοχή			Περιπτώσεις (Καταστάσεις) φωτισμού
	Κύριος χρήστης	Άλλοι επιτρεπόμενοι χρήστες	Απαγορευμένοι χρήστες	
>60	Κυκλοφορία αυτοκινήτων		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες, πεζοί	A1
		Αργά κινούμενα οχήματα	Ποδηλάτες, πεζοί	A2
		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες		A3
>30 και ≤60	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	Ποδηλάτες, πεζοί		B1
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	Πεζοί		B2
	Ποδηλάτες	Πεζοί	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα	C1
>5 και ≤30	Ποδηλάτες	Πεζοί	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα	C1
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, πεζοί		Αργά κινούμενα οχήματα, πεζοί	D1
		Αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες.		D2
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων ποδηλάτες	Αργά κινούμενα οχήματα, πεζοί		D3
>5 και ≤30	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες, πεζοί			D4
Ταχύτητα βαδίσματος	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες πεζοί.			D4
	Πεζοί		Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες.	E1
		Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες		

Πίνακας 5.32: Παράμετροι

Παράμετροι		Επιλογές
Κυκλοφοριακά δεδομένα	Κυκλοφοριακή ροή πεζών	Υψηλή
	Σταθμευμένα οχήματα	Δεν υπάρχουν
	Αναγνώριση προσώπων	Υπάρχουν
	Εγκληματικότητα	Υψηλή
Περιβαλλοντικές και λοιπές εξωτερικές επιδράσεις	Πολυπλοκότητα οπτικού πεδίου	Φυσιολογική

Πίνακας 5.33: Περιβαλλοντικός φωτισμός

Περιβαλλοντικός φωτισμός		
Χαμηλός	Μεσαίος	Υψηλός
←	Ο	→

Πίνακας 5.34: Ροή πεζών

Κίνδυνος Εγκληματικότητας	Ανάγκη Αναγνώρισης Προσώπων	Ροή πεζών					
		Φυσιολογική			Υψηλή		
		←	Ο	→	←	Ο	→
Φυσιολογική	Όχι απαραίτητη	S6	S5	SA <sup>a</sup>	S5	S4	S3 <sup>a</sup>
		S5	S4	S3 <sup>b</sup>	S4	S3	S2 <sup>b</sup>
Υψηλότερη απ την φυσιολογική	Απαραίτητη	S3	S2	S1 <sup>b</sup>	S2	S1	CE2 <sup>b</sup>

a Εναλλακτικές κατηγορίες A για συγκρίσιμο επίπεδο φωτισμού συνίσταται οι κατηγορίες S στον Πίνακα 4

b πρόσθετες ES και τάξεις EV να συνιστάται κατηγορίες S και CE μπορούν να βρεθούν στον Πίνακα 5.

**S2**

Πίνακας 5.35: Επιλογή κλάσης

Κλάση	Οριζόντιος φωτισμός	
	$\bar{E}$ σε lx (υπό φυσιολογική λειτουργία)	$E_{min}$ σε lx (υπό συντήρηση)
S1	15	0,4
<b>S2</b>	<b>10</b>	<b>0,4</b>
S3	7,5	0,4
S4	5	0,4
S5	3	0,4
S6	2	0,4
S7	Η απόδοση δεν καθορίζεται	Η απόδοση δεν καθορίζεται

## 5.8 ΣΤΑΘΜΟΣ ΔΙΟΔΙΩΝ

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η κατάλληλη κλάση για σταθμούς διοδίων είναι η EV, άρα η κλάση επιλέγεται από τον πίνακα 6 του δεύτερου μέρους EN 13201-2:2003.

Πίνακας 5.36: Επιλογή κλάσης για τη κατηγορία EV

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΦΩΤΙΣΜΟΥ	
Κλάση	$E_{v,min}$ in lx (maintained)
EV1	50
EV2	30
EV3	10
EV4	7,5
EV5	5
EV6	0,5

## 5.9 ΠΕΖΟΔΡΟΜΟΣ

Πίνακας 5.36: Επιλογή καταστάσεων φωτισμού

Ταχύτητα του κύριου χρήστη km/h	Τύπος χρηστών στην σχετική περιοχή			Περιπτώσεις (Καταστάσεις) φωτισμού
	Κύριος χρήστης	Άλλοι επιτρεπόμενοι χρήστες	Απαγορευμένοι χρήστες	
>60	Κυκλοφορία αυτοκινήτων		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες, πεζοί	A1
		Αργά κινούμενα οχήματα	Ποδηλάτες, πεζοί	A2
		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες		A3
>30 και ≤60	<b>Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες</b>	<b>Ποδηλάτες, πεζοί</b>		<b>B1</b>
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	Πεζοί		B2
	Ποδηλάτες	Πεζοί	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα	C1
>5 και ≤30	Ποδηλάτες	Πεζοί	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα	C1
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, πεζοί		Αργά κινούμενα οχήματα, πεζοί	D1
		Αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες.		D2
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων ποδηλάτες	Αργά κινούμενα οχήματα, πεζοί		D3
>5 και ≤30	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες, πεζοί			D4
Ταχύτητα βαδίσματος	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες πεζοί.			D4
	Πεζοί		Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες.	E1
		Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες		

Πίνακας 5.37: Παράμετροι

Παράμετροι		Επιλογές
Περιοχή (Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά)	Διαχωρισμός λωριδών	Ναι
	Αποστάσεις μεταξύ ανισόπεδων κόμβων και γεφυρών	>3km
	Πυκνότητα ισόπεδων κόμβων	≥3 intersection/km (διασταυρώσεων)
	Περιοχή σύγκρουσης	Όχι
	Γεωμετρικά μέτρα ήπιας κυκλοφορίας	Όχι
Κυκλοφοριακά δεδομένα	Κυκλοφοριακή ροή σε οχήματα ανά ημέρα	•• 4 000 to 7 000
Κυκλοφοριακά δεδομένα	Κυκλοφοριακή ροή σε ποδήλατα	Φυσιολογική
	Κυκλοφοριακή ροή πεζών	Φυσιολογική
	Δυσκολίες στην οδήγηση	Φυσιολογική
	Σταθμευμένα οχήματα	Υπάρχουν
	Αναγνώριση προσώπων	Δεν υπάρχουν
	Εγκληματικότητα	Φυσιολογική
Περιβαλλοντικές και λοιπές εξωτερικές επιδράσεις	Πολυπλοκότητα οπτικού πεδίου	Φυσιολογική
	Υπάρχων φωτισμός περιβάλλοντος	Αστικός
	Καιρικές συνθήκες	Στεγνό

Πίνακας 5.38: Επιλογή Κλάσης

Καιρικές συνθήκες	Γεωμετρικά μέτρα ήπιας κυκλοφορίας	Πυκνότητα ισόπεδων κόμβων	Δυσκολίες στην οδήγηση	Κυκλοφοριακή ροή σε οχήματα ανά ημέρα					
				<7000			>7000		
				←	0	→	←	0	→
Στεγνό	Όχι	<3	Φυσιολογική	ME6	Me5	ME4b	ME5	ME4b	ME3c
			Υψηλή	ME5	ME4b	ME3c	ME5	ME4b	ME3c
		>3	Φυσιολογική	ME5	ME4b	Me3c	ME4b	ME4b	ME3c
			Υψηλή	ME4b	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
Ναι	Επιλογή όπως επάνω αλλά επιλογή μόνο -1 στην περιοχή ήπιας κυκλοφορίας								
Υγρό	Επιλογή όπως επάνω αλλά κλάση MEW								



Πίνακας 5.39: Περιβαλλοντικές συνθήκες

Περιοχή Σύγκρουσης	Πολυπλοκότητα οπτικού πεδίου	Σταθμευμένα οχήματα	Υπάρχων φωτισμός περιβάλλοντος					
			Χαμηλός		Μεσαίος		Υψηλός	
			Κυκλοφοριακή ροή σε ποδήλατα		Κυκλοφοριακή ροή σε ποδήλατα		Κυκλοφοριακή ροή σε ποδήλατα	
			Φυσιολογική	Υψηλή	Φυσιολογική	Υψηλή	Φυσιολογική	Υψηλή
Όχι	φυσιολογική	Δεν υπάρχουν	←	○	←	○	○	○
		υπάρχουν	○	→	○	→	→	→
	υψηλή	Δεν υπάρχουν	○	○	○	○	○	○
		υπάρχουν	○	○	→	→	→	→
Ναι			→					

Πίνακας 5.40: Αποτελέσματα

Κλάση	$\bar{\xi}$ σε cd/m <sup>2</sup>	U <sub>0</sub> (minimum)	U <sub>1</sub> (minimum)	TI σε % <sup>a</sup> (minimum)	SR <sup>2b</sup> (minimum)
ME3c	1.0	0.4	0.5	15	0.5

## 5.10 ΠΕΖΟΔΡΟΜΟΣ 2

Πίνακας 5.41: Επιλογή καταστάσεων φωτισμού

Ταχύτητα του κύριου χρήστη km/h	Τύπος χρηστών στην σχετική περιοχή			Περιπτώσεις (Καταστάσεις) φωτισμού
	Κύριος χρήστης	Άλλοι επιτρεπόμενοι χρήστες	Απαγορευμένοι χρήστες	
>60	Κυκλοφορία αυτοκινήτων		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες, πεζοί	A1
		Αργά κινούμενα οχήματα	Ποδηλάτες, πεζοί	A2
		Αργά κινούμενα οχήματα ποδηλάτες		A3
>30 και ≤60	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	Ποδηλάτες, πεζοί		B1
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	Πεζοί		B2
	Ποδηλάτες	Πεζοί	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα	C1
>5 και ≤30	Ποδηλάτες	Πεζοί	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα	C1
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, πεζοί		Αργά κινούμενα οχήματα, πεζοί	D1
		Αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες.		D2
	Κυκλοφορία αυτοκινήτων ποδηλάτες	Αργά κινούμενα οχήματα, πεζοί		D3
>5 και ≤30	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες, πεζοί			D4
Ταχύτητα βαδίσματος	Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες πεζοί.			D4
	Πεζοί		Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες.	E1
		Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. Ποδηλάτες		

Πίνακας 5.42: Παράμετροι

Παράμετροι		Επιλογές
Περιοχή (Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά)	Διαχωρισμός λωριδών	Όχι
	Τύπος διασταυρώσεων	Ανισόπεδοι
	Περιοχή σύγκρουσης	Όχι
	Γεωμετρικά μέτρα ήπιας κυκλοφορίας	Όχι
Κυκλοφοριακά δεδομένα	Κυκλοφοριακή ροή σε ποδήλατα	Υψηλή
	Κυκλοφοριακή ροή πεζών	Υψηλή
	Σταθμευμένα οχήματα	Υπάρχουν
	Αναγνώριση προσώπων	Δεν υπάρχουν
	Εγκληματικότητα	Φυσιολογική
Περιβαλλοντικές και λοιπές εξωτερικές επιδράσεις	Πολυπλοκότητα οπτικού πεδίου	Φυσιολογική
	Υπάρχων φωτισμός περιβάλλοντος	Κέντρο πόλης
	Καιρικές συνθήκες	Στεγνό

Πίνακας 5.43: Ροή πεζών

Εγκληματικότητα	Αναγνώριση προσώπων	Κυκλοφοριακή ροή σε πεζούς					
		Φυσιολογική			Υψηλή		
		←	0	→	←	0	→
Φυσιολογική	Όχι αναγκαία	S5	S4	S3	S4	S3	S2
	Αναγκαία	S3	S2	S1	S3	S2	S1
Υψηλή		S2	S1	CE2	S2	S1	CE2

Πίνακας 5.44: Περιβαλλοντικός φωτισμός

Υπάρχων φωτισμός περιβάλλοντος		
Χαμηλός	Μεσαίος	Υψηλός
←	0	→

Πίνακας 5.45: Επιλογή κλάσης

Κλάση	Οριζόντιος φωτισμός	
	$\bar{E}$ σε lx (υπό φυσιολογική λειτουργία)	$E_{min}$ σε lx (υπό συντήρηση)
S2	10	3

## 6ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### ‘ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ’

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τον οδοφωτισμό είναι διάφοροι και ποικίλουν ανά κατηγορία δρόμου και φωτιστικού.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας υπάρχει ένα ευρύ φάσμα επιλογής τεχνικών χαρακτηριστικών λαμπτήρων κατάλληλα για την εκάστοτε ανάγκη φωτισμού δρόμου.

Το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201/2004 αποτελείται από τέσσερα μέρη:

- Το ΕΛΟΤ CEN/TR 13201.01.2005 **Επιλογή κατηγοριών φωτισμού**
- Το ΕΛΟΤ EN 13201.02/2004: **Απαιτήσεις επιδόσεων**
- Το ΕΛΟΤ EN 13201.03/2004: **Υπολογισμός επιδόσεων**
- Το ΕΛΟΤ EN 13201.04/2004: **Μέθοδοι μέτρησης επιδόσεων φωτισμού**

Έτσι σύμφωνα με το πρότυπο η μελέτη οδοφωτισμού μπορεί να γίνει ακριβής έτσι ώστε να επιτευχθεί το ορθό αποτέλεσμα, μιας και το πρότυπο καλύπτει σε μεγάλο βαθμό όλες τις πιθανές κατηγορίες δρόμων και τις ιδιαιτερότητές τους.

Επίσης με το πρότυπο δίνεται η δυνατότητα επαλήθευσης των αποτελεσμάτων κατόπιν της εφαρμογής της μελέτης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Φ.Β. Τοπαλής, Λάμπρος Οικονόμου, Σταυρούλα Κουρτέση «Φωτοτεχνία» Εκδόσεις Τζίολα Θεσσαλονίκη 2010.
- [2] Γεώργιος Ιωαννίδης «Σημειώσεις Εργαστηρίου Φωτοτεχνίας».
- [3] Βαλσαμάκης Μάριος «Φωτισμός Δρόμων και Εξοικονόμηση Ενέργειας» Αθήνα ΕΜΠ 2008.
- [4] ΕΛΟΤ CEN/TR 13201.01, «Φωτισμός οδών – Μέρος 1: Επιλογή κατηγοριών φωτισμού», 2004
- [5] ΕΛΟΤ CEN/TR 13201.02, «Φωτισμός οδών – Μέρος 2: Απαιτήσεις επιδόσεων», 2003
- [6] ΕΛΟΤ CEN/TR 13201.03, «Φωτισμός οδών – Μέρος 3: Υπολογισμός επιδόσεων», 2007
- [7] ΕΛΟΤ CEN/TR 13201.04, «Φωτισμός οδών – Μέρος 4: Μέθοδοι μέτρησης επιδόσεων φωτισμού», 2003
- [8] Ιστότοπος: [www.philips.com](http://www.philips.com)
- [9] Ιστότοπος: [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)
- [10] Παναγιώτης Παναγάκος «Ο οδικός φωτισμός σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN13201/2004» Δελτίο ΠΣΔΜ-Η Φεβρουάριος 2007

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Table 1 — Grouping of lighting situations

Typical speed of main user km/h	User types in the same relevant area			Sets of lighting situations
	Main user	Other allowed user	Excluded user	
> 60	Motorised traffic		Slow moving vehicles Cyclists Pedestrians	A1
		Slow moving vehicles	Cyclists Pedestrians	A2
		Slow moving vehicles Cyclists Pedestrians		A3
> 30 and ≤ 60	Motorised traffic Slow moving vehicles	Cyclists Pedestrians		B1
	Motorised traffic Slow moving vehicles Cyclists	Pedestrians		B2
	Cyclists	Pedestrians	Motorised traffic Slow moving vehicles	C1
> 5 and ≤ 30	Motorised traffic Pedestrian		Slow moving vehicles Cyclists	D1
		Slow moving vehicles Cyclists		D2
	Motorised traffic Cyclists	Slow moving vehicles Pedestrians		D3
	Motorised traffic Slow moving vehicles			D4
Walking speed	Cyclists Pedestrians			
	Pedestrians		Motorised traffic Slow moving vehicles Cyclists	E1
		Motorised traffic Slow moving vehicles Cyclists		E2

**Table 2 — Specific parameters**

Parameters		Options
<b>Area (geometry)</b>	Separation of carriageways	Yes No
	Types of junctions	Interchanges Intersections
	Interchange spacing, distance between bridges	>3 km ≤ 3 km
	Intersection density	< 3 intersections/km ≥ 3 intersections/km
	Conflict area	No Yes
	Geometric measures for traffic calming	No Yes
<b>Traffic use</b>	Traffic flow of vehicles per day	< 4 000 4 000 to 7 000 7 000 to 15 000 15 000 to 25 000 25 000 to 40 000 > 40 000
	Traffic flow of cyclists	Normal High
	Traffic flow of pedestrian	Normal High
	Difficulty of navigational task	Normal Higher than normal
	Parked vehicles	Not present Present
	Facial recognition	Unnecessary Necessary
	Crime risk	Normal Higher than normal
<b>Environmental and external influences</b>	Complexity of visual field	Normal High
	Ambient luminance	Rural Urban City centre
	Main weather type	Dry Wet

Table A.1 — Recommended range of lighting classes

Main weather type	Separation of carriageways	Type of junctions		Traffic flow vehicles per day								
		Interchanges spacing, distance between bridges km	Intersections density intersections/km	< 15 000			15 000 to 25 000			> 25 000		
				←	0	→	←	0	→	←	0	→
Dry	Yes	> 3		ME5	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2	ME4a	ME3a	ME2
		≤ 3		ME4a	ME3a	ME2	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1
			< 3	ME5	ME4a	ME3a	ME5	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2
			≥ 3	ME4a	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1
	No	> 3	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1	ME3a	ME2	ME1	
		≤ 3	ME3a	ME2	ME1	ME3a	ME2	ME1	ME2	ME2	ME1	
Wet				ME4a	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2	ME3a	ME2	ME1
				Choice as above, but select MEW classes								

Table A.2 — Recommended selection from range

Conflict area	Complexity of visual field	Difficulty of navigational task	Ambient luminance		
			low	medium	high
No	Normal	Normal	←	←	0
		Higher than normal	0	0	→
	High	Normal	←	0	0
		Higher than normal	0	→	→
Yes			→ <sup>a</sup>		

<sup>a</sup> For conflict areas, luminance is the recommended design criterion. However, where viewing distances are short and other factors prevent the use of luminance criteria, illuminance may be used. Comparable CE classes to recommended ME classes can be found in Table 3.

A.2 Lighting situations — set A2

Table A.3 — Recommended range of lighting classes

Main weather type	Intersection density Intersections/km	Traffic flow vehicles					
		< 7 000			≥ 7 000		
		←	0	→	←	0	→
Dry	< 3	ME5	ME5	ME4a	ME4a	ME3a	ME3a
	≥ 3	ME5	ME4a	ME3a	ME4a	ME3a	ME2
Wet		Choice as above, but select MEW classes.					

Table A.4 — Recommended selection from range

Conflict area	Complexity of visual field	Difficulty of navigational task	Ambient luminance		
			Low	Medium	High
No	Normal	Normal	←	←	0
		Higher than normal	0	0	→
	High	Normal	←	0	0
		Higher than normal	0	→	→
Yes			→ <sup>a</sup>		

<sup>a</sup> For conflict areas, luminance is the recommended design criterion. However, where viewing distances are short and other factors prevent the use of luminance criteria, illuminance may be used. Comparable CE classes to recommended ME classes can be found in Table 3.

A.3 Lighting situations — set A3

Table A.5 — Recommended range of lighting classes

Main weather type	Separation of carriageways	Intersection density Intersections/km	Traffic flow vehicles											
			< 7 000			≥ 7 000 and < 15 000			≥ 15 000 and < 25 000			≥ 25 000		
			←	0	→	←	0	→	←	0	→	←	0	→
Dry	Yes	< 3	ME5	ME5	ME4a	ME5	ME5	ME4a	ME5	ME4a	ME3b	ME4a	ME3b	ME3b
		≥ 3	ME5	ME4a	ME3b	ME5	ME4a	ME3b	ME4a	ME3b	ME2	ME3b	ME2	ME2
	No	< 3	ME5	ME4a	ME3b	ME5	ME4a	ME3b	ME4a	ME3b	ME2	ME3b	ME2	ME2
		≥ 3	ME4a	ME3b	ME3b	ME4a	ME3b	ME2	ME3b	ME2	ME2	ME3b	ME2	ME1
Wet		Choice as above, but select MEW classes												



Table A.6 — Recommended selection from range

Conflict area	Complexity of visual field	Parked vehicles	Difficulty of navigational task	Ambient luminance		
				Low	Medium	High
No	Normal	Not present	Normal	←	←	0
			Higher than normal	0	0	→
		Present	Normal	←	0	→
			Higher than normal	0	→	→
	High	Not present	Normal	←	0	0
			Higher than normal	0	→	→
		Present	Normal	0	0	→
			Higher than normal	→	→	→
Yes						→*

\* For conflict areas, luminance is the recommended design criterion. However, where viewing distances are short and other factors prevent the use of luminance criteria, illuminance may be used. Comparable CE classes to recommended ME classes can be found in Table 3.

A.4 Lighting situations — set B1

Table A.7 — Recommended range of lighting classes

Main weather type	Geometric measures for traffic calming	Intersection density Intersections/km	Difficulty of navigational task	Traffic flow vehicles					
				< 7 000			≥ 7 000		
				←	0	→	←	0	→
Dry	No	< 3	Normal	ME6	ME5	ME4b	ME5	ME4b	ME3c
			Higher than normal	ME5	ME4b	ME3c	ME5	ME4b	ME3c
		≥ 3	Normal	ME5	ME4b	ME3c	ME4b	ME4b	ME3c
			Higher than normal	ME4b	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
	Yes	Choice as above, but select -1 only at area of traffic calming *							
Wet	Choice as above but select MEW classes								

\* When the use of luminance criteria is impractical, illuminance may be used. Comparable CE classes to recommended ME classes can be found in Table 3.

Table A.8 — Recommended selection from range

Conflict area	Complexity of visual field	Parked vehicles	Ambient luminance					
			Low		Medium		High	
			Traffic flow cyclists		Traffic flow cyclists		Traffic flow cyclists	
			Normal	High	Normal	High	Normal	High
No	Normal	Not present	←	0	←	0	0	0
		Present	0	→	0	→	→	→
	High	Not present	0	0	0	0	0	0
		Present	0	0	→	→	→	→
Yes							→*	

\* For conflict areas, luminance is the recommended design criterion. However, where viewing distances are short and other factors prevent the use of luminance criteria, illuminance may be used. Comparable CE classes to recommended ME classes can be found in Table 3.

A.5 Lighting situations — set B2

Table A.9 — Recommended range of lighting classes

Main weather type	Geometric measures for traffic calming	Intersection density Intersections/km	Difficulty of navigational task	Traffic flow vehicles					
				< 7 000			≥ 7 000		
				←	0	→	←	0	→
Dry	No	< 3	Normal	ME5	ME5	ME4b	ME4b	ME4b	ME3c
			Higher than normal	ME4b	ME4b	ME3c	ME4b	ME4b	ME3c
		≥ 3	Normal	ME4b	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
			Higher than normal	ME3c	ME3c	ME2	ME3c	ME3c	ME2
	Yes	Choice as above, but select -1 only at area of traffic calming *							
Wet	Choice as above but select MEW classes								

\* When the use of luminance criteria is impractical, illuminance may be used. Comparable CE classes to recommended ME classes can be found in Table 3.

Table A.10 — Recommended selection from range

Conflict area	Complexity of visual field	Parked vehicles	Ambient luminance					
			Low		Medium		High	
			Traffic flow cyclists		Traffic flow cyclists		Traffic flow cyclists	
			Normal	High	Normal	High	Normal	High
No	Normal	Not present	←	0	←	0	0	0
		Present	0	→	0	→	→	→
	High	Not present	0	0	0	0	0	0
		Present	0	0	→	→	→	→
Yes			→*					

\* For conflict areas, luminance is the recommended design criterion. However, where viewing distances are short and other factors prevent the use of luminance criteria, illuminance may be used. Comparable CE classes to recommended ME classes can be found in Table 3.

A.6 Lighting situations — set C1

Table A.11 — Recommended lighting classes

Geometric measures for traffic calming	Crime risk	Facial recognition	Traffic flow cyclists					
			Normal			High		
			←	0	→	←	0	→
No	Normal	Unnecessary	S6	S5	S4	S5	S4	S3
		Necessary	S5	S4	S3	S4	S3	S2
	Higher than normal		S4	S3	S2	S3	S2	S1
			S3	S2	S1	S3	S2	S1
Yes			S3	S2	S1	S3	S2	S1

Alternative A classes of comparable lighting level to recommended S classes can be found in Table 4. Additional ES and EV classes to recommended S classes can be found in Table 5.

Table A.12 Recommended selection from range

Ambient luminance		
Low	Medium	High
←	0	→

A.7 Lighting situations — sets D1 and D2

Table A.13 — Recommended lighting classes

Geometric measures for traffic calming	Crime risk	Facial recognition	Difficulty of navigational task	Traffic flow pedestrians					
				Normal			High		
				←	0	→	←	0	→
No	Normal	Unnecessary	Normal	CE5	CE5	CE4	CE5	CE4	CE3
			Higher than normal	CE5	CE4	CE3	CE4	CE3	CE2
		Necessary	Normal	CE4	CE4	CE4	CE4	CE4	CE3
			Higher than normal	CE4	CE4	CE3	CE4	CE3	CE2
	Higher than normal	Normal	CE4	CE4	CE3	CE4	CE3	CE3	
		Higher than normal	CE4	CE3	CE2	CE3	CE2	CE2	
Yes				Choice as above, but select ≤ 4 only at area of traffic calming					

Additional ES and EV classes to recommended CE classes can be found in Table 5

Table A.14 Recommended selection from range

Ambient luminance		
Low	Medium	High
←	0	→

A.8 Lighting situations – sets D3 and D4

Table A.15— Recommended lighting classes

Geometric measures for traffic calming	Parked vehicles	Difficulty of navigational task	Traffic flow pedestrians and cyclists					
			Normal			High		
			←	0	→	←	0	→
No	Not present	Normal	S6	S5	S4	S5	S4	S3
		Higher than normal	S5	S4	S3	S4	S3	S2
	Present	Normal	S5	S4	S3	S4	S3	S2
		Higher than normal	S4	S3	S2	S3	S2	S1
Yes			Choice as above, but select ≤ 4 only at area of traffic calming					

Alternative A classes of comparable lighting level to recommended S classes can be found in Table 4. Additional ES and EV classes to recommended S classes can be found in Table 5.

Table A.16 — Recommended selection from range

Complexity of visual field	Crime risk	Facial recognition	Ambient luminance		
			Low	Medium	High
Normal	Normal	Unnecessary	←	0	0
		Necessary	←	0	→
	Higher than normal		0	→	→
High	Normal	Unnecessary	0	0	0
		Necessary	0	→	→
	Higher than normal		→	→	→

A.9 Lighting situations — set E1

Table A.17 — Recommended lighting classes

Crime risk	Facial recognition	Traffic flow pedestrians					
		Normal			High		
		←	0	→	←	0	→
Normal	Unnecessary	S6	S5	S4 <sup>a</sup>	S5	S4	S3 <sup>a</sup>
	Necessary	S5	S4	S3 <sup>b</sup>	S4	S3	S2 <sup>b</sup>
Higher than normal		S3	S2	S1 <sup>b</sup>	S2	S1	CE2 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Alternative A classes of comparable lighting level to recommended S classes can be found in Table 4.  
<sup>b</sup> Additional ES and EV classes to recommended S and CE classes can be found in Table 5.

Table A.18 — Recommended selection from range

Ambient luminance		
Low	Medium	High
←	0	→

A.10 Lighting situations — set E2

Table A.19 — Recommended lighting classes

Crime risk	Facial recognition	Traffic flow pedestrians					
		Normal			High		
		←	0	→	←	0	→
Normal	Unnecessary	S5	S4	S3 <sup>a</sup>	S4	S3	S2 <sup>a</sup>
	Necessary	S3	S2	S1 <sup>b</sup>	S3	S2	S1 <sup>b</sup>
Higher than normal		S2	S1	CE2 <sup>b</sup>	S2	S1	CE2 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Alternative A classes of comparable lighting level to recommended S classes can be found in Table 4.  
<sup>b</sup> Additional ES and EV classes to recommended S and CE classes can be found in Table 5.

Table A.20 — Recommended selection from range

Ambient luminance		
Low	Medium	High
←	0	→

Table A.16 — Recommended selection from range

Complexity of visual field	Crime risk	Facial recognition	Ambient luminance		
			Low	Medium	High
Normal	Normal	Unnecessary	←	0	0
		Necessary	←	0	→
	Higher than normal		0	→	→
High	Normal	Unnecessary	0	0	0
		Necessary	0	→	→
	Higher than normal		→	→	→

A.9 Lighting situations — set E1

Table A.17 — Recommended lighting classes

Crime risk	Facial recognition	Traffic flow pedestrians					
		Normal			High		
		←	0	→	←	0	→
Normal	Unnecessary	S6	S5	S4 <sup>a</sup>	S5	S4	S3 <sup>a</sup>
	Necessary	S5	S4	S3 <sup>b</sup>	S4	S3	S2 <sup>b</sup>
Higher than normal		S3	S2	S1 <sup>b</sup>	S2	S1	CE2 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Alternative A classes of comparable lighting level to recommended S classes can be found in Table 4.  
<sup>b</sup> Additional ES and EV classes to recommended S and CE classes can be found in Table 5.

Table A.18 — Recommended selection from range

Ambient luminance		
Low	Medium	High
←	0	→

A.10 Lighting situations — set E2

Table A.19 — Recommended lighting classes

Crime risk	Facial recognition	Traffic flow pedestrians					
		Normal			High		
		←	0	→	←	0	→
Normal	Unnecessary	S5	S4	S3 <sup>a</sup>	S4	S3	S2 <sup>a</sup>
	Necessary	S3	S2	S1 <sup>b</sup>	S3	S2	S1 <sup>b</sup>
Higher than normal		S2	S1	CE2 <sup>b</sup>	S2	S1	CE2 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Alternative A classes of comparable lighting level to recommended S classes can be found in Table 4.  
<sup>b</sup> Additional ES and EV classes to recommended S and CE classes can be found in Table 5.

Table A.20 — Recommended selection from range

Ambient luminance		
Low	Medium	High
←	0	→

**Table 1a — ME-series of lighting classes**

Class	Luminance of the road surface of the carriageway for the dry road surface condition			Disability glare	Lighting of surroundings
	$\bar{L}$ in cd/m <sup>2</sup> [minimum maintained]	$U_0$ [minimum]	$U_1$ [minimum]	$Tl$ in % <sup>a</sup> [maximum]	$SR$ <sup>b</sup> [minimum]
ME1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
ME2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
ME3a	1,0	0,4	0,7	15	0,5
ME3b	1,0	0,4	0,6	15	0,5
ME3c	1,0	0,4	0,5	15	0,5
ME4a	0,75	0,4	0,6	15	0,5
ME4b	0,75	0,4	0,5	15	0,5
ME5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
ME6	0,3	0,35	0,4	15	no requirement

<sup>a</sup> An increase of 5 percentage points in  $Tl$  can be permitted where low luminance light sources are used. (see note 6)

<sup>b</sup> This criterion can be applied only where there are no traffic areas with their own requirements adjacent to the carriageway.

**Table 1b — MEW-series of lighting classes**

Class	Luminance of the road surface of the carriageway for the dry and wet road surface condition				Disability glare	Lighting of surroundings
	Dry condition			Wet		
	$\bar{L}$ in cd/m <sup>2</sup> [minimum maintained]	$U_0$ [minimum]	$U_1$ <sup>a</sup> [minimum]	$U_0$ [minimum]	$Tl$ in % <sup>b</sup> [maximum]	$SR$ <sup>c</sup> [minimum]
MEW1	2,0	0,4	0,6	0,15	10	0,5
MEW2	1,5	0,4	0,6	0,15	10	0,5
MEW3	1,0	0,4	0,6	0,15	15	0,5
MEW4	0,75	0,4	no requirement	0,15	15	0,5
MEW5	0,5	0,35	no requirement	0,15	15	0,5

<sup>a</sup> The application of this criterion is voluntary, but it can be applied on motorways.

<sup>b</sup> An increase of 5 percentage points in  $Tl$  can be permitted where low luminance light sources are used. (see note 6)

<sup>c</sup> This criterion can only be applied where there are no traffic areas with their own requirements adjacent to the carriageway.

**Table 2 — CE-series of lighting classes**

Class	Horizontal illuminance	
	$\bar{E}$ in lx [minimum maintained]	$U_0$ [minimum]
CE0	50	0,4
CE1	30	0,4
CE2	20	0,4
CE3	15	0,4
CE4	10	0,4
CE5	7,5	0,4

**Table 3 — S-series of lighting classes**

Class	Horizontal illuminance	
	$\overline{E}$ in lx <sup>a</sup> [minimum maintained]	$E_{\min}$ in lx [maintained]
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,6
S7	performance not determined	performance not determined

<sup>a</sup> To provide for uniformity, the actual value of the maintained average illuminance may not exceed 1,5 times the minimum  $\overline{E}$  value indicated for the class.

**Table 4 — A-series of lighting classes**

Class	Hemispherical illuminance	
	$\overline{E}_{hs}$ in lx [minimum maintained]	$U_0$ [minimum]
A1	5	0,15
A2	3	0,15
A3	2	0,15
A4	1,5	0,15
A5	1	0,15
A6	performance not determined	performance not determined

**Table 5 — ES-series of lighting classes**

Semi-cylindrical illuminance	
Class	$E_{sc,\min}$ in lx [maintained]
ES1	10
ES2	7,5
ES3	5
ES4	3
ES5	2
ES6	1,5
ES7	1
ES8	0,75
ES9	0,5

**Αθήνα**

**Σεπτέμβριος - 2016**