

## ΗΛΕΚΤΡΟΦΩΤΙΣΜΟΣ ΟΔΩΝ

### 7.1 Εισαγωγή - Πεδίο εφαρμογής

Η οδήγηση κατά τις νυκτερινές ώρες είναι μία από τις δυσκολότερες συνθήκες στις οποίες καλείται να ανταπεξέλθει ένας οδηγός. Το περιορισμένο βάθος ορατότητας, η ανικανότητα διάκρισης του περιβάλλοντος χώρου, η φτωχή αντίθεση του φωτιζόμενου τμήματος, η δυσκολία διάκρισης της οριζόντιας και κατακόρυφης σήμανσης, η θάμβωση και η συνεχής εναλλαγή των φανών του οχήματος, είναι μερικές μόνο από τις καταστάσεις που καθορίζουν το πρόβλημα της νυκτερινής οδήγησης.

Για την αντιμετώπιση του εν λόγω προβλήματος επιστρατεύεται ο τεχνητός ηλεκτροφωτισμός, η συμβολή του οποίου στην αναβάθμιση της οδικής ασφάλειας είναι δεδομένη και αποδεδειγμένη από συνεχείς στατιστικές έρευνες και δεν πρόκειται να παρουσιαστεί στο παρόν Κεφάλαιο. Έτσι, ο σωστός φωτισμός εξασφαλίζει ένα επιθυμητό επίπεδο ορατότητας που επιτρέπει στους χρήστες της οδού να διακρίνουν έγκαιρα, με καθαρότητα και σαφήνεια όλες τις απαραίτητες λεπτομέρειες για την ασφαλή τους κίνηση, και κυρίως την τροχιά και το περιβάλλον της οδού, τα εμπόδια στο δρόμο και την κίνηση που βρίσκεται επάνω στην οδό, ή που προτίθεται να εισέλθει σε αυτήν. Επίσης, ο φωτισμός βρίσκει εφαρμογή και κατά τη διάρκεια της ημέρας, στην περίπτωση των σηράγγων, ενώ, τέλος, δευτερευόντως διευκολύνει την κίνηση των πεζών και την ανάπτυξη εμπορικών δραστηριοτήτων παρά την οδό, σε αστικό περιβάλλον.

Μία εγκατάσταση φωτισμού πρέπει να παρέχει στον οδηγό τη δυνατότητα να καθορίζει:

- την κατάσταση της οδού στο τμήμα που πρόκειται να διανύσει στα επόμενα 5 έως 10 sec
- τη θέση του οχήματός του και την κίνησή του στο εν λόγω τμήμα
- την αντίστοιχη θέση και κίνηση των λοιπών οχημάτων
- την ύπαρξη τυχόν εμποδίων επάνω στο οδόστρωμα
- τη σήμανση της οδού, κάθετη και οριζόντια

Πρέπει να σημειωθεί ότι αν και σε κάθε περίπτωση ο φωτισμός είναι επιθυμητός, σπανίως δικαιολογείται οικονομικά σε τμήματα υπεραστικών οδών, πλην αυτών με μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους. Έτσι, περιορίζεται σε συγκεκριμένα κρίσιμα σημεία, για τα οποία οι έρευνες δείχνουν σαφή βελτίωση της οδικής ασφάλειας με την εφαρμογή του, ή σε διάφορες άλλες περιπτώσεις που είναι ευνόητα απαραίτητος. Τα σημεία αυτά είναι:

- *Οδοί με υψηλό κυκλοφοριακό φόρτο ( $EMHK > 30.000$  ΜΕΑ/ημ.)*
- *Σημεία οδών με έντονες αλλαγές χάραξης ή με φτωχά γεωμετρικά χαρακτηριστικά*
- *Κόμβοι με αξιόλογη κίνηση ή με διαρρύθμιση, καθώς και κυκλικοί κόμβοι*

- *Ανισόπεδοι κόμβοι αυτοκινητοδρόμων*
- *Μακρές γέφυρες*
- *Σήραγγες και υπόγεια τμήματα*
- *Περιοχές στάθμευσης και εξυπηρέτησης αυτοκινητιστών*
- *Σταθμοί διόδων*
- *Αστικές οδοί με αξιόλογη κίνηση ή παράπλευρη εμπορική δραστηριότητα*
- *Επικίνδυνες κατασκευές, όπως μεσόβαθρα και στενές γέφυρες*
- *Πινακίδες σήμανσης*
- *Τμήματα με αξιόλογη κυκλοφορία πεζών*
- *Γενικώς, σημεία στα οποία απαιτείται η τεταμένη προσοχή του οδηγού, όπως θέσεις μετατροπής οδών ταχείας κυκλοφορίας σε συμβατικές οδούς ή σημεία συχνής διάσχισης πεζών έξω από πόλεις*

Ακριβείς προϋποθέσεις για την εφαρμογή φωτισμού σε κάθε περίπτωση μπορούν να βρεθούν σε πλήθος κανονισμών και προδιαγραφών φωτισμού.

Αυτό που θα πρέπει να καταστεί σαφές είναι πως σε κάθε περίπτωση απαιτείται η σοβαρή αντιμετώπιση του προβλήματος του φωτισμού. Κακώς σχεδιασμένος φωτισμός μπορεί να έχει τα αντίθετα από τα επιθυμητά αποτελέσματα, δυσχεραίνοντας την ορατότητα του οδηγού, ή και προκαλώντας τη θάμβωσή του.

## 7.2 Ορολογία φωτομετρικών στοιχείων

Αν και σκοπός του παρόντος Κεφαλαίου δεν είναι η εκτεταμένη ανάλυση των φωτομετρικών χαρακτηριστικών του οδικού φωτισμού, ούτε η εμβάθυνση στις μεθόδους υπολογισμού του, στις επόμενες Παραγράφους θα παρουσιαστούν κάποια σχετικά στοιχεία, οπότε κρίνεται σκόπιμο να δοθούν μερικοί βασικοί ορισμοί χαρακτηριστικών φωτομετρικών στοιχείων. Έτσι, μερικά μεγέθη έχουν ως ακολούθως:

- **Φωτεινή Ένταση (Luminous Intensity,  $I$ ):** Είναι η φωτεινή ροή ανά μονάδα στερεάς γωνίας, από μία δεδομένη πηγή σε μία δεδομένη κατεύθυνση. Περιγράφει τη δύναμη μίας πηγής να παρέχει φως (δύναμη κεριού) προς κάθε κατεύθυνση, ενώ υπάρχει και η μέση ένταση προς ένα σύνολο κατευθύνσεων. Η μονάδα μέτρησης είναι το **candela (cd)**, όπου  $1 \text{ cd} = 1 \text{ lumen/steradian}$ .
- **Φωτεινή Ροή (Luminous Flux):** Είναι η ακτινοβολούμενη ενέργεια (φως) που εκπέμπεται από μία φωτεινή πηγή ή λαμβάνεται από μία επιφάνεια, ασχέτως των διευθύνσεων κατά τις οποίες αυτό κατανέμεται. Η μονάδα μέτρησης είναι το **lumen (lm)**, το οποίο ορίζεται ως η ροή που εκπέμπεται μέσω στερεάς γωνίας 1 steradian από μία σημειακή πηγή ομοιόμορφης φωτεινής έντασης 1 cd.
- **Φωτισμός ή Ισχύς Φωτισμού (Illuminance,  $E$ ):** Ορίζεται ως η πυκνότητα της φωτεινής ροής, δηλαδή η φωτεινή ροή ανά μονάδα επιφάνειας. Η μονάδα μέτρησης είναι το **lux (lx)**, όπου  $1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen/m}^2$ . Είναι το μέτρο της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο οδόστρωμα.
- **Λαμπρότητα (Luminance,  $L$ ):** Ορίζεται ως το πηλίκο  $L=I/S$ , όπου  $I$  η ένταση της φωτεινής πηγής και  $S$  η επιφάνειά της. Είναι η φωτεινή ένταση που ανακλάται από μία μοναδιαία επιφάνεια σε μία καθορισμένη διεύθυνση. Η μονάδα μέτρησης είναι το **cd/m<sup>2</sup>**. Ουσιαστικά η λαμπρότητα θεωρείται το αντικειμενικό μέτρο και το πιο σημαντικό κριτήριο για τον οδικό φωτισμό,

καθώς περιγράφει την κατάσταση ενός φωτιζόμενου οδοστρώματος εξετάζοντας την ακτινοβολία που προέρχεται από ανάκλαση στο οδόστρωμα και κατευθύνεται προς το μάτι του οδηγού, καθιστώντας το οδόστρωμα ορατό.

- **Ομοιομορφία Λαμπρότητας (Uniformity, U):** Για να είναι ένα αντικείμενο ορατό επάνω στο οδόστρωμα, πρέπει η κατανομή της λαμπρότητας στο οδόστρωμα να είναι ομοιόμορφη. Η ομοιομορφία εκφράζεται είτε για διεύθυνση κάθετη στη διεύθυνση του παρατηρητή (εγκάρσια ομοιομορφία), είτε για την ίδια τη διεύθυνση του παρατηρητή (διαμήκης ομοιομορφία) και εκφράζεται ως λόγος μεταξύ των  $L_{min}$ ,  $L_{max}$ ,  $L_{av}$ , ελάχιστης, μέγιστης και μέσης, αντίστοιχα, λαμπρότητας στο σύνολο του οδοστρώματος.
- **Αντίθεση Λαμπρότητας (Contrast, C):** Η αναγνώριση των αντικειμένων βασίζεται στη διαφορά λαμπρότητας μεταξύ αυτών και του περιβάλλοντός τους. Αυτή η διαφορά λαμπρότητας αποτελεί την Αντίθεση Λαμπρότητας και δίδεται από την εξίσωση  $C=(L_o-L_b)/L_b$ , όπου  $L_o$  η λαμπρότητα του αντικειμένου και  $L_b$  η λαμπρότητα του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο γίνεται αυτό ορατό. Η τιμή της αντίθεσης κυμαίνεται από -1 έως  $+\infty$ . Στις θετικές τιμές το αντικείμενο εμφανίζεται σαν φωτεινή εικόνα μέσα σε σκοτεινό περιβάλλον, ενώ συνήθως ο οδηγός αναγνωρίζει ένα αντικείμενο σαν σκοτεινή φιγούρα μέσα στο φωτεινό περιβάλλον της επιφάνειας του οδοστρώματος, δηλαδή η αντίθεση λαμβάνει αρνητικές τιμές.
- **Φωτεινότητα (Luminosity):** Είναι η οπτική αίσθηση που υποδεικνύει ότι μία περιοχή φαίνεται ότι εκπέμπει περισσότερο ή λιγότερο φως.
- **Ακτινοβολία (Beam):** Είναι το τμήμα της φωτεινής ροής που εκπέμπεται από μία πηγή φωτός, όταν αυτή περιέχεται σε μία στερεά γωνία. Η στερεά γωνία εκτείνεται ως το λειτουργικό κέντρο του φωτός της πηγής, συμπεριλαμβανομένης της μέγιστης έντασης.
- **Φωτεινή Απόδοση:** Ορίζεται ως ο λόγος της συνολικής φωτεινής ροής που εκπέμπεται από ένα ηλεκτρικό φωτιστικό σώμα, προς τη συνολική ηλεκτρική ισχύ της πηγής. Μονάδα μέτρησης είναι το **lumen/Watt**.
- **Συντελεστής Χρησιμοποίησης:** Είναι το ποσοστό της φωτεινής ροής ενός φωτιστικού σώματος που χρησιμοποιείται για το φωτισμό του οδοστρώματος.
- **Συντελεστής Συντήρησης:** Είναι ο λόγος της τρέχουσας φωτεινής απόδοσης σε lumens του συστήματος φωτισμού προς την αντίστοιχη αρχική, μετά από απώλεια φωτός από διάφορους παράγοντες, όπως η συσσώρευση σκόνης, η βλάβη κάποιων λαμπτήρων, η ρύπανση των τοιχωμάτων της σήραγγας κλπ.
- **Στάθμη Φωτισμού:** Είναι η φωτεινή ροή που δέχεται το οδόστρωμα ανά μονάδα επιφάνειάς του.
- **Θάμβωση:** Θάμβωση δημιουργείται όταν οι συνθήκες ορατότητας είναι τέτοιες ώστε να προκαλείται ενόχληση και μείωση της ικανότητας του παρατηρητή να διακρίνει αντικείμενα, εξαιτίας ακατάλληλης κατανομής της λαμπρότητας ή εξαιτίας υπερβολικών αντιθέσεων. Ένα από τα είδη θάμβωσης είναι η «φυσιολογική» θάμβωση, που προκαλείται από τη δημιουργία ενός ομοιόμορφου πέπλου φωτός στο οπτικό πεδίο, μειώνοντας την αντίθεση μεταξύ αντικειμένου και περιβάλλοντος. Δείκτης της εν λόγω μορφής θάμβωσης είναι το ποσοστό κατά το οποίο πρέπει να αυξηθεί η λαμπρότητα του περιβάλλοντος για να αποκατασταθεί η ορατότητα του αντικειμένου (Threshold Increment, TI).

### 7.3 Απαιτήσεις σε φωτομετρικά χαρακτηριστικά

Για το σωστό φωτισμό ενός οδικού σημείου απαιτείται να πληρούνται σε αυτό ορισμένες μέγιστες και ελάχιστες τιμές φωτομετρικών στοιχείων του εφαρμοζόμενου φωτισμού. Διάφοροι κανονισμοί δίνουν πίνακες με τα απαιτούμενα αυτά στοιχεία, τα οποία εξαρτώνται από το είδος του φωτιζόμενου τμήματος.

Κατά τα βρετανικά πρότυπα (BS 5489) διαμόρφωνονται κλάσεις οδικού φωτισμού, ανάλογα με το είδος και την κατάσταση της οδού, **Πίνακας 7.1**. Τα στοιχεία του εν λόγω Πίνακα αφορούν μόνο διαμήκη τμήματα οδών.

**Πίνακας 7.1:** Κλάσεις φωτισμού για διάφορα επίπεδα οδών [20].

<b>ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΙ</b>	
<b>Πυκνότητα και πολυπλοκότητα κυκλοφορίας</b>	<b>Κλάση Φωτισμού</b>
Υψηλή	M1
Μέση	M2
Χαμηλή	M3
<b>ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΕΝΕΣ ΟΔΟΙ ΤΑΧΕΙΑΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ</b>	
<b>Έλεγχος κυκλοφορίας και διαχωρισμός χρηστών</b>	<b>Κλάση Φωτισμού</b>
Φτωχός	M1
Καλός	M2
<b>ΚΥΡΙΕΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΕΣ ΑΣΤΙΚΕΣ ΑΡΤΗΡΙΕΣ</b>	
<b>Έλεγχος κυκλοφορίας και διαχωρισμός χρηστών</b>	<b>Κλάση Φωτισμού</b>
Φτωχός	M2
Καλός	M3
<b>ΣΥΛΛΕΚΤΗΡΙΕΣ ΚΑΙ ΤΟΠΙΚΕΣ ΑΣΤΙΚΕΣ ΟΔΟΙ</b>	
<b>Έλεγχος κυκλοφορίας και διαχωρισμός χρηστών</b>	<b>Κλάση Φωτισμού</b>
Φτωχός	M4
Καλός	M5

Με βάση την κλάση φωτισμού που αντιστοιχεί στην οδό ορίζονται τα απαιτούμενα φωτομετρικά χαρακτηριστικά, **Πίνακας 7.2**.

**Πίνακας 7.2:** Απαιτήσεις φωτισμού κατά Κλάση Φωτισμού του Πίνακα 7.1 [20].

<b>Κλάση Φωτισμού</b>	<b>Μέση Λαμπρότητα <math>L_{av}</math> (cd/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Συνολική Ομοιομορφία <math>U_o</math> (<math>L_{min}/L_{av}</math>)</b>	<b>Αρχικό ΤΙ (θάμβωση)</b>	<b>Διαμήκης Ομοιομορφία <math>U_L</math> (<math>L_{min}/L_{max}</math>)</b>	<b>Λαμπρότητα περιβάλλοντος χώρου SR</b>
	για όλες τις οδούς	για όλες τις οδούς	για όλες τις οδούς	για οδούς χωρίς, ή με λίγους κόμβους	για οδούς με διαβάσεις πεζών
M1	>2,0	>0,4	<10 %	>0,7	>0,5
M2	>1,5	>0,4	<10 %	>0,7	>0,5
M3	>1,0	>0,4	<10 %	>0,5	>0,5
M4	>0,75	>0,4	<15 %	-	-
M5	>0,5	>0,4	<15 %	-	-

Ανάλογα στοιχεία δίνονται και κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές του AASHTO, **Πίνακας 7.3**. Στον εν λόγω Πίνακα δίνονται οι απαιτήσεις φωτισμού διαμήκων τμημάτων οδών, βάσει του είδους της οδού και της πυκνότητας κίνησης πεζών και οχημάτων και σε σχέση με χρήσεις γης, **για ασφαλτικό οδόστρωμα**.

**Πίνακας 7.3:** Απαιτήσεις φωτισμού για ασφαλτικό οδόστρωμα, κατά AASHTO [22].

Είδος οδού	Πυκνότητα κίνησης	Φωτισμός (lux)	Συνολική Ομοιομορφία $U_o (L_{min}/L_{av})$
Αυτοκινητόδρομος		9	1:3
Ταχείας κυκλοφορίας	Μεγάλη	14	1:3
	Μέτρια	12	
	Περιοχή Κατοικίας	9	
Κύρια	Μεγάλη	17	1:3
	Μέτρια	13	
	Περιοχή Κατοικίας	9	
Συλλεκτήρια	Μεγάλη	12	1:4
	Μέτρια	9	
	Περιοχή Κατοικίας	6	
Τοπική	Μεγάλη	9	1:6
	Μέτρια	7	
	Περιοχή Κατοικίας	4	

## 7.4 Τεχνικά στοιχεία φωτιστικών συνόλων

Ως φωτιστικό σύνολο νοείται η όλη διάταξη που περιλαμβάνει τη συσκευή ή τις συσκευές φωτισμού, μαζί με τη διάταξη στήριξης και προσανατολισμού τους, καθώς επίσης και την καλωδίωση και τα λοιπά ηλεκτρολογικά στοιχεία. Σε ένα δίκτυο φωτισμού υπάρχει, ακόμη, και το κουτί ελέγχου του δικτύου.

### 7.4.1 Πηγές φωτισμού

Οι πηγές φωτισμού αποτελούν ουσιαστικά το πιο σημαντικό στοιχείο ενός συστήματος ηλεκτροφωτισμού, καθώς καθορίζουν στο μεγαλύτερο βαθμό την οπτική ποιότητα του φωτισμού, την οικονομία, την απόδοση, και γενικά την ενεργειακή θεώρηση του εφαρμοζόμενου συστήματος φωτισμού. Ως πηγές φωτισμού σε ένα σύστημα ηλεκτροφωτισμού χρησιμοποιούνται διαφόρων ειδών ηλεκτρικοί λαμπτήρες. Σήμερα έχουν απομείνει ή χρησιμοποιούνται σε νέες εφαρμογές, λαμπτήρες *πυρακτώσεως, φθορισμού και εκκένωσης*.

Αναλυτικότερα, όλα τα χρησιμοποιούμενα είδη λαμπτήρων έχουν ως εξής:

- **Λαμπτήρες Πυρακτώσεως (Incandescent):** Οι λαμπτήρες αυτού του είδους ήταν κάποτε οι πιο δημοφιλείς, καθώς ήταν απλοί, φθηνοί και εύκολα εγκαταστάσιμοι. Αναπαρήγαγαν σωστά τα χρώματα και το μικρό τους μέγεθος επέτρεπε εύκολο έλεγχο του φωτός. Ωστόσο, η χαμηλή τους φωτεινή απόδοση και ο περιορισμένος τους χρόνος ζωής τις έχουν θέσει, πλέον, ανεπιθύμητες σε νέες εγκαταστάσεις.
- **Λαμπτήρες Φθορισμού (Fluorescent):** Ομοίως, δεν χρησιμοποιούνται πλέον ούτε αυτοί σε νέες εγκαταστάσεις, εξακολουθούν, ωστόσο, να χρησιμοποιούνται για φωτισμό σιηράγγων και πινακίδων. Το μεγάλο τους μέγεθος δυσκολεύει τον έλεγχο του φωτισμού. Οι λαμπτήρες φθορισμού απαιτούν επιπλέον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό ελέγχου της τάσης, η δε φωτεινή τους απόδοση επηρεάζεται από τις χαμηλές θερμοκρασίες περισσότερο από κάθε άλλο τύπο λαμπτήρα. Πλεονέκτημά τους είναι η απόδοση του φωτός τους επάνω σε βρεγμένο οδόστρωμα.

- **Λαμπτήρες Υδραργύρου (Mercury):** Οι λαμπτήρες υδραργύρου υποσκέλισαν τους λαμπτήρες πυρακτώσεως στις περισσότερες περιπτώσεις. Αν και το αρχικό τους κόστος είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των λαμπτήρων πυρακτώσεως, καθότι είναι ακριβότεροι και απαιτούν και ελεγκτές τάσης, η πολύ καλή τους απόδοση και η μεγάλη διάρκεια ζωής τους καθιστούν πολύ πιο συμφέροντες. Το ελαφρά κυανό χρώμα που παράγουν είναι γενικά αποδεκτό, ενώ το μέγεθός τους επιτρέπει ικανοποιητικό φωτεινό έλεγχο. Μία πιο βελτιωμένη εκδοχή αυτού του τύπου είναι οι λαμπτήρες με επικάλυψη φωσφόρου.
- **Λαμπτήρες Μετάλλων Αλογονιδίων (Metal Halide):** Είναι μία μορφή λαμπτήρων υδραργύρου όπου μαζί με τον υδράργυρο συνυπάρχουν και στοιχεία ιωδίου, που αναβαθμίζουν τόσο τη φωτεινή απόδοση, όσο και τη χρωματική απόδοση των επιφανειών, ενώ οι λαμπτήρες αυτού του είδους επιτρέπουν και ικανοποιητικό φωτεινό έλεγχο. Μειονέκτημά τους είναι η σχετικά περιορισμένη διάρκεια ζωής.
- **Λαμπτήρες Νατρίου Υψηλής Πίεσης (High Pressure Sodium):** Υποσκέλισαν τους λαμπτήρες υδραργύρου. Χαρακτηρίζονται από το λευκόχρυσο φως που αποδίδουν, ενώ η χρωματική απόδοση των επιφανειών είναι μέτρια. Χρειάζονται συσκευές ελέγχου τάσης. Μερικοί κατασκευαστές παρέχουν διατάξεις με αναβαθμισμένη χρωματική απόδοση και βοηθητικούς λαμπτήρες που λειτουργούν μετά από στιγμιαίες πτώσεις τάσης, μέχρι να αποκατασταθεί ποσοστό της πλήρους λειτουργίας του κανονικού λαμπτήρα.
- **Λαμπτήρες Νατρίου Χαμηλής Πίεσης (Low Pressure Sodium):** Κύριο τους χαρακτηριστικό αποτελεί το έντονο φως που παράγουν, και στο οποίο οφείλεται και η φτωχή χρωματική απόδοση των επιφανειών, ωστόσο είναι ιδανικό για περιπτώσεις ομίχλης. Βασικό τους μειονέκτημα είναι το μεγάλο μήκος τους, που τους καθιστά δύσχρηστους.

Στον Πίνακα 7.4 δίνονται μερικά χαρακτηριστικά των χρησιμοποιούμενων, σήμερα, τύπων λαμπτήρων για οδικό φωτισμό.

Πίνακας 7.4: Χαρακτηριστικά απόδοσης λαμπτήρων οδικού φωτισμού [22].

Τύπος Λαμπτήρα	Αρχική Φωτεινή Ροή (lumens)	Φωτεινή Απόδοση (lumens/Watt)	Διάρκεια ζωής (ώρες)
Υδραργύρου	3.700-57.000	37-57	18.000-28.000
Υδραργύρου με επικάλυψη Φωσφόρου	4.000-63.000	40-63	18.000-28.000
Μετάλλων Αλογονιδίων	34.000-100.000	85-100	10.000-15.000
Νατρίου Υψηλής Πίεσης	9.500-140.000	95-140	15.000-28.000
Νατρίου Χαμηλής Πίεσης	1.800-33.000	100-183	10.000-18.000

Οι παράγοντες που συντελούν στην επιλογή του κατάλληλου τύπου λαμπτήρα είναι η φωτεινή απόδοση, δηλαδή ο βαθμός αξιοποίησης της ηλεκτρικής ενέργειας, η ικανότητα του λαμπτήρα να διατηρεί τα φωτεινά του χαρακτηριστικά σε βάθος χρόνου, η διάρκεια ζωής, το χρώμα και η διασπορά του φωτός.

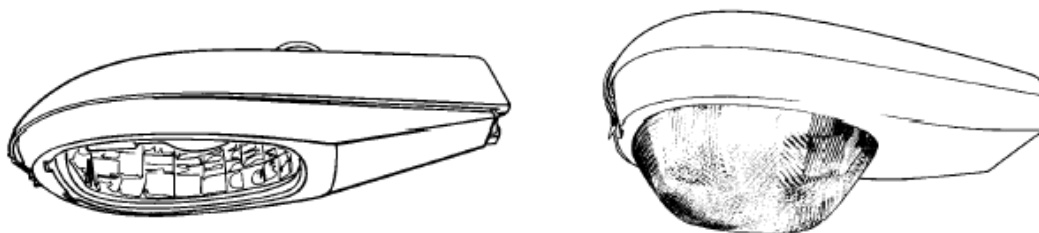
Στην Ελλάδα χρησιμοποιούνται κυρίως λαμπτήρες *Νατρίου Υψηλής Πίεσης*, και σε μικρότερο βαθμό *Νατρίου Χαμηλής Πίεσης* και *Υδραργύρου*, ενώ δεν αποκλείονται περιπτώσεις άλλων τύπων που απέμειναν από το παρελθόν.

### 7.4.2 Φωτιστικά σώματα

Το φωτιστικό σώμα αποτελεί ουσιαστικά τη συσκευή φωτισμού, καθώς περιέχει τη φωτεινή πηγή, όπως και διατάξεις υποβοήθησης των οπτικών χαρακτηριστικών. Τα βασικά στοιχεία που αποτελούν το φωτιστικό σώμα είναι η φωτεινή πηγή, στοιχείο που αναλύθηκε στην προηγούμενη Υποπαράγραφο, ο ανακλαστήρας, το διαφανές κάλυμμα της διάταξης και το σώμα. Οι λαμπτήρες εκκένωσης και φθορισμού 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), και μπορεί να είναι επίπεδου (cutoff), ημιεξέχοντος (semi-cutoff), ή εξέχοντος (non-cutoff) τύπου, ανάλογα με το αν επιθυμείται διασπορά του φωτός και επάνω από τη γωνία των 90°, δηλαδή επάνω από το ύψος του σώματος. Όταν κάτι τέτοιο δεν αποτελεί πρόβλημα, το διαφανές κάλυμμα είναι εξέχοντος τύπου, δηλαδή επεκτείνεται προς τα κάτω, και μπορεί να είναι πρισματικό, ώστε να λειτουργεί σαν διαθλαστήρας για έλεγχο και ανακατανομή του φωτός. Όταν η διασπορά άνω των 90° είναι ανεπιθύμητη, εφαρμόζεται επίπεδο κάλυμμα από καθαρά διαφανές υλικό. Στην **Εικόνα 7.1** φαίνονται δύο τύποι φωτιστικών σωμάτων, με καλύμματα επίπεδου και εξέχοντος τύπου, αντίστοιχα.



**Εικόνα 7.1:** Αριστερά κάλυμμα επίπεδου (cutoff) τύπου. Δεξιά κάλυμμα εξέχοντος τύπου (non-cutoff).

Μερικά είδη λαμπτήρων, όπως οι λαμπτήρες εκκένωσης και φθορισμού, από τη φύση τους απαιτούν, επιπλέον, και ειδικές *συσκευές ελέγχου της τάσης* του ρεύματος. Οι συσκευές αυτές παρέχουν την απαιτούμενη υψηλή αρχική τάση για την έναρξη λειτουργίας της συσκευής και επιτρέπουν τη λειτουργία του λαμπτήρα στα επιθυμητά επίπεδα ισχύος. Συνήθως τοποθετούνται και αυτές μέσα στο φωτιστικό σώμα.

Τέλος, το *σώμα* που περικλείει την όλη διάταξη κατασκευάζεται από διάφορα υλικά, συνήθεστερα, δε, από αλουμίνιο επικαλυμμένο από ηλεκτροστατική βαφή.

Τα είδη φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιούνται στον οδικό φωτισμό είναι κυρίως τα οριζόντιου (“cobra head”) και κατακόρυφου τύπου, όπως και τα φωτιστικά σώματα για υψηλούς ιστούς. Υπάρχουν, επίσης, φωτιστικά σώματα για σήραγγες και υπόγεια περάσματα, προβολείς για φωτισμό πινακίδων σήμανσης και μεμονωμένων σημείων, καθώς και διακοσμητικού τύπου φωτιστικά. Διάφορες περιπτώσεις φωτιστικών σωμάτων δίνονται στις **Εικόνες 7.2 έως 7.7**.



**Εικόνα 7.2:** Φωτιστικό σώμα οριζόντιας διάταξης.



**Εικόνα 7.3:** Φωτιστικό σώμα κατακόρυφης διάταξης.



**Εικόνα 7.4:** Φωτιστικά σώματα υψηλού ιστού.



**Εικόνα 7.5:** Φωτιστικό σώμα διακοσμητικού τύπου.



**Εικόνα 7.6:** Φωτιστικό σώμα χώρου στάθμευσης.

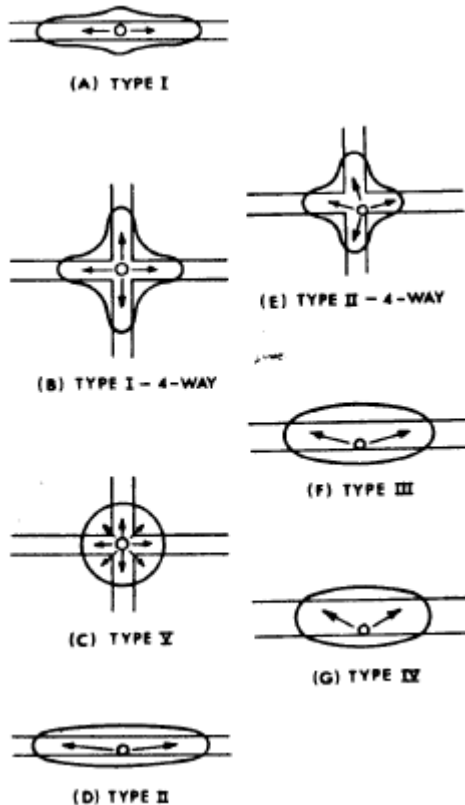


**Εικόνα 7.7:** Φωτιστικό σώμα για σήραγγα.



Με την ύπαρξη των οπτικών βοηθημάτων που προαναφέρθηκαν γίνεται πλέον σαφές ότι η ολική απόδοση και τα χαρακτηριστικά του παραγόμενου φωτισμού δεν εξαρτώνται μόνο από τη φωτεινή πηγή, αλλά και από το σχεδιασμό ολόκληρου του φωτιστικού σώματος, που λειτουργεί ως ενιαίο σύνολο. Τα βασικά φωτομετρικά χαρακτηριστικά και στοιχεία φωτιστικής λειτουργίας των σωμάτων δίνονται από τους κατασκευαστές, και τα πιο συνήθη από αυτά είναι τα εξής:

- **Συντελεστής Χρήσης (Coefficient of Utilization, CU):** Είναι το ποσοστό της συνολικής φωτεινής ροής (lumens) που φτάνει στην εξεταζόμενη επιφάνεια του οδοστρώματος (π.χ. λωρίδες κυκλοφορίας ή έρεισμα).
- **Διάγραμμα καμπυλών ίσου φωτισμού (Isofootcandle chart):** Χρησιμεύει στην περιγραφή του φωτεινού αποτελέσματος επάνω στο οδόστρωμα, ενός φωτιστικού σώματος τοποθετημένου σε δεδομένο ύψος.
- **Κατακόρυφη διασπορά:** Χαρακτηρίζεται ως βραχεία, μέση ή μακρά, βάσει της απόστασης από το φωτιστικό σώμα που προσπίπτει η ακτίνα μέγιστης φωτεινής έντασης. Με βάση την κατάταξη του φωτιστικού σώματος ως προς την κατακόρυφη διασπορά, υπολογίζεται η μέγιστη απόσταση μεταξύ των φωτιστικών σωμάτων.
- **Πλευρική διασπορά:** Με βάση την πλευρική διασπορά, τα φωτιστικά σώματα διακρίνονται σε πέντε τύπους, οι οποίοι αναφέρονται, κυρίως, στο πλάτος της οδού και στην τοποθέτηση των σωμάτων, **Εικόνα 7.8**. Σε γενικές γραμμές, οι Τύποι I και V περιλαμβάνουν τα σώματα που τοποθετούνται στο κέντρο της φωτιζόμενης περιοχής, με τον Τύπο I, διαμήκους κατανομής, να εφαρμόζεται σε στενές οδούς και τον Τύπο V για φωτισμό προς κάθε κατεύθυνση. Οι Τύποι V και τροποποιημένος I εφαρμόζονται σε υψηλούς ιστούς. Οι Τύποι II, III, και IV αναφέρονται σε σώματα που τοποθετούνται κοντά στην ακμή της φωτιζόμενης περιοχής, με τον Τύπο II να εφαρμόζεται σε στενές οδούς, τον Τύπο III σε οδούς μέτριου πλάτους, και τον Τύπο IV σε φαρδιές.



**Εικόνα 7.8:** Διάκριση φωτιστικών σωμάτων βάσει της πλευρικής διασποράς φωτός.

- **Συντελεστές απαξίωσης φωτισμού:** Περιγράφουν την απώλεια των φωτεινών χαρακτηριστικών του σώματος με το πέρασ του χρόνου. Η απαξίωση αυτή προέρχεται από διάφορους παράγοντες, εσωτερικούς ή εξωτερικούς.

### 7.4.3 Διατάξεις στήριξης φωτιστικών σωμάτων

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 στύλους ή κατασκευές, με τη χρήση απλώς ενός βραχίονα, είτε απευθείας, χωρίς βραχίονα, όπως σε σήραγγες. Στις περιπτώσεις ολοκληρωμένης διάταξης στήριξης, αυτή αποτελείται συνήθως από δύο επιμέρους τμήματα, **το στύλο** και **το βραχίονα**.

Τα **υλικά κατασκευής** ενός συνήθους **στύλου** ηλεκτροφωτισμού είναι το αλουμίνιο και ο γαλβανισμένος ή ανοξείδωτος χάλυβας. Για την προστασία του υλικού πολλές φορές ο στύλος βάφεται ή επικαλύπτεται από ειδικές πλαστικές επικαλύψεις. Επίσης, πολλές φορές χρησιμοποιείται και το οπλισμένο σκυρόδεμα, το οποίο, όμως, αντιμετωπίζει προβλήματα διάβρωσης, ειδικά σε παραθαλάσσιες περιοχές. Οι **διατομές** των στύλων μπορεί να είναι κυκλικές, σταθερής ή μεταβλητής διαμέτρου, ή πολυγωνικές, εκτός των στύλων από σκυρόδεμα που είναι πάντα κυκλικής διατομής. Για τη **στήριξή** τους, οι στύλοι από σκυρόδεμα εμπύγνυνται στο έδαφος, ενώ οι μεταλλικοί κοχλιώνονται σε βάση από σκυρόδεμα.

Το ύψος τοποθέτησης του φωτιστικού σώματος, και κατ' επέκταση το ύψος του στύλου, επηρεάζει τα φωτεινά χαρακτηριστικά του παραγόμενου φωτισμού, καθώς και το εύρος της φωτιζόμενης περιοχής. Μεγαλύτερα ύψη προσφέρουν μεγαλύτερη και πιο ομοιόμορφη κάλυψη, καθώς και μείωση της θάμβωσης, αλλά χαμηλότερη φωτεινότητα. Χαμηλότερα ύψη οδηγούν σε μεγαλύτερο πλήθος φωτιστικών σωμάτων και σε τοποθέτηση πιο κοντά στο οδόστρωμα. Το σύνηθες **ύψος** των στύλων 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 ωφέλειας, παράπλευρα αεροδρόμια και η τοποθέτηση μέσα σε κατοικημένες περιοχές.

Οι προαναφερθέντες **υψηλοί ιστοί** δεν είναι απλώς πολύ ψηλά τοποθετημένα φωτιστικά σώματα, αλλά μία διαφορετική αντίληψη φωτισμού. Με τη χρήση τέτοιων ιστών αρκεί η τοποθέτηση λίγων στύλων, και όχι απαραίτητα κοντά στο οδόστρωμα, για τον ομοιόμορφο φωτισμό μίας 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 μίας εκτεταμένων διαστάσεων περιοχής, ενώ αντενδείκνυται για κατοικημένες περιοχές, όπου μπορεί να είναι ενοχλητικός.

Ο **βραχίονας στήριξης** του φωτιστικού σώματος αποτελεί, συνήθως, ξεχωριστό τεμάχιο από το στύλο, και στηρίζεται στην κορυφή του. Μπορεί να είναι ευθύγραμμος ή με καμπύλη, οριζόντιος ή ελαφρά κεκλιμένος. Το μήκος του κυμαίνεται από 1,2-4,5 m, ανάλογα με την απόσταση του στύλου από το οδόστρωμα και την επιθυμητή θέση του φωτιστικού σώματος σε σχέση με αυτό. Τέλος, οι βραχίονες μπορεί να είναι μονοί ή διπλοί (μονοπροέχοντες ή αμφιπροέχοντες).

Στις **Εικόνες 7.9 έως 7.12** δίνονται διάφορα είδη διατάξεων στήριξης φωτιστικών σωμάτων.



**Εικόνα 7.9:** Στύλος φωτισμού με καμπύλο βραχίονα.



**Εικόνα 7.10:** Στύλος φωτισμού με ευθύγραμμο βραχίονα.



**Εικόνα 7.11:** Στύλος φωτισμού με διπλό βραχίονα.



**Εικόνα 7.12:** Φωτισμός επί υψηλών ιστών.

## 7.5 Εγκάρσια και διαμήκης τοποθέτηση στύλων

### 7.5.1 Εγκάρσια τοποθέτηση

Πέρα από τη χρησιμότητά τους για τη στήριξη των σωμάτων φωτισμού, οι στύλοι παραπλεύρως του οδοστρώματος αποτελούν ένα πρόβλημα για την κυκλοφορία, καθώς περιορίζουν την ορατότητα και μπορεί να αποδειχθούν επικίνδυνοι για οχήματα που εκτρέπονται από την πορεία τους.

Έτσι, οι στύλοι θα πρέπει να τοποθετούνται όσο το δυνατόν μακρύτερα από την οριογραμμή της διερχόμενης κυκλοφορίας, σε συνάρτηση, βέβαια, και με τα διαθέσιμα μήκη βραχιόνων και τα απαιτούμενα φωτομετρικά χαρακτηριστικά. Από εκεί και πέρα, σε οδούς με μεγάλες ταχύτητες οι στύλοι ηλεκτροφωτισμού θα πρέπει να προστατεύονται από στηθαία ασφαλείας, εκτεταμένα σε όλο το μήκος

τοποθέτησης στύλων. Οι στύλοι θα πρέπει να βρίσκονται σε τέτοια απόσταση από το στηθαίο, ώστε να μπορεί αυτό να παραμορφώνεται ελεύθερα. Η ελάχιστη αυτή απόσταση είναι 0,6 m, ενώ για συνήθεις περιπτώσεις προτείνεται απόσταση 2,0 m.

Σε τμήματα με πεζοδρόμια, η ελάχιστη απόσταση των στύλων από την ακμή του πεζοδρομίου θα πρέπει να είναι 0,8 m, και όχι μικρότερη από την αντίστοιχη απόσταση λοιπών στύλων δικτύων κοινής ωφέλειας.

Κατά τους αμερικανικούς κανονισμούς, οι στύλοι επιτρέπεται και να μην προστατεύονται από στηθαίο, σε αυτήν, όμως, την περίπτωση θα πρέπει να εφαρμόζονται ειδικά μελετημένες διατάξεις στήριξης, που έχουν τη δυνατότητα να καταλύονται μετά από σύγκρουση οχήματος.

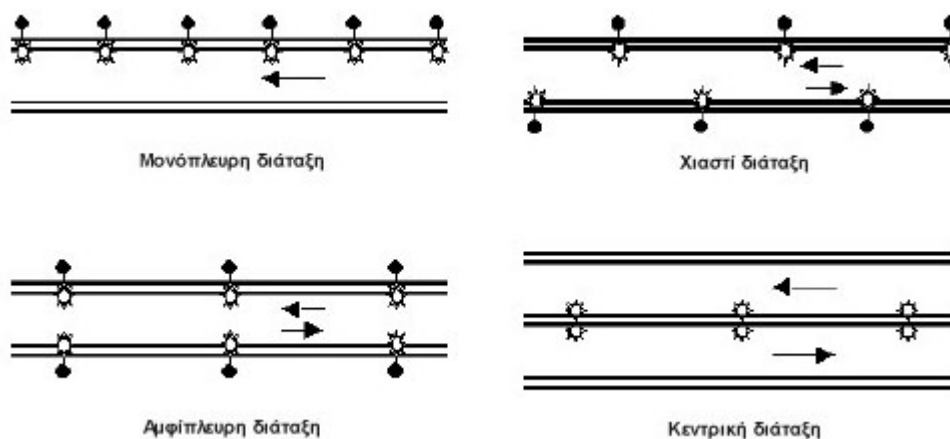
Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα στηθαία, ο αναγνώστης παραπέμπεται στο Κεφάλαιο 1 του παρόντος.

### 7.5.2. Διαμήκης τοποθέτηση

Σχετικά με τη διαμήκη τοποθέτηση τίθενται δύο ζητήματα, το *είδος της διάταξης* των φωτιστικών σωμάτων και η *απόσταση επανάληψής* τους.

Τα *είδη διάταξης* δίνονται στην **Εικόνα 7.13** και έχουν ως εξής:

- **Μονόπλευρη διάταξη:** Όλα τα φωτιστικά σώματα βρίσκονται στην ίδια πλευρά της οδού.
- **Χιαστί διάταξη:** Τα φωτιστικά τοποθετούνται και στις δύο πλευρές, σε εναλλάξ θέσεις.
- **Αμφίπλευρη διάταξη:** Τα φωτιστικά τοποθετούνται και στις δύο πλευρές της οδού, γενικά σε απέναντι θέσεις.
- **Κεντρική διάταξη:** Οι στύλοι τοποθετούνται στον ενδιάμεσο χώρο διαιρεμένων οδών και διαθέτουν διπλούς βραχίονες.



**Εικόνα 7.13:** Είδη διατάξεων φωτιστικών σωμάτων.

Η επιλογή της διάταξης που θα εφαρμοστεί εξαρτάται κυρίως από το είδος και πλάτος της οδού, καθώς και από το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού. Η μονόπλευρη διάταξη εφαρμόζεται κυρίως σε οδούς μικρού πλάτους ( $< 1,5 \times \text{Ύψος Ανάρτησης}$ ), ωστόσο πρέπει να σημειωθεί ότι πολλές φορές το απέναντι άκρο μπορεί να μην είναι επαρκώς ορατό. Η χιαστί διάταξη δίνει πολύ καλή φωτεινή κατανομή σε οδούς με μέτριο πλάτος ( $1,5-2 \times \text{Ύψος Ανάρτησης}$ ), χρειάζεται, όμως, έλεγχο για αποφυγή σχηματισμού σκοτεινών κυματοειδών κηλίδων. Η αμφίπλευρη διάταξη εφαρμόζεται σε οδούς με μεγάλα πλάτη, ενώ η κεντρική βρίσκει εφαρμογή σε διαχωρισμένες

οδούς, όπου επιτυγχάνεται ελάττωση του αριθμού στύλων και του μήκους της καλωδίωσης. Επίσης, η κεντρική διάταξη μπορεί να συνδυαστεί και με αμφίπλευρη, για μεγάλα πλάτη των εκατέρωθεν οδοστρωμάτων, ενώ για μεγάλους ενδιάμεσους χώρους, όπου οι κεντρικά τοποθετημένοι στύλοι θα βρίσκονταν πολύ μακριά από τα δύο οδοστρώματα, οι δύο κλάδοι φωτίζονται θεωρούμενοι ως ξεχωριστές οδοί, συνήθως με αμφίπλευρη διάταξη έκαστος.

Τέλος, το **μήκος επανάληψης** των φωτιστικών σωμάτων, δηλαδή η μεταξύ των στύλων απόσταση, είναι ένα μέγεθος που καθορίζεται με βάση τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά της εγκατάστασης. Οι αμερικανικές προδιαγραφές δίνουν τον εξής τύπο [22]:

$$S = \frac{LL \cdot CU \cdot LLD \cdot LDD}{Eh \cdot W} \quad (\text{m})$$

όπου:

- LL (Lamp Lumens): η αρχική φωτεινή ροή του φωτιστικού σώματος, που δίνεται από τον κατασκευαστή (σε lumens)
- CU (Coefficient of Utilization): ο συντελεστής χρήσης
- LLD (Lamp Lumen Depreciation factor): ο συντελεστής απαξίωσης του φωτισμού, που μπορεί να ληφθεί ίσος με 0,80 κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές
- LDD (Luminaire Dirt Depreciation factor): ο συντελεστής απαξίωσης λόγω ρύπανσης και σκόνης, ίσος με 0,90 κατά τις αμερικανικές προδιαγραφές
- Eh: το επιθυμητό επίπεδο φωτισμού, κατά την Παράγραφο 7.3 (σε lux)
- W: το πλάτος της οδού, μαζί με τα ερείσματα (σε m)

Τυπικές αποστάσεις προκύπτουν στα 50-80 m για υπεραστικές οδούς.

## 7.6 Γενικές αρχές εφαρμογής

Σε αυτήν την Παράγραφο παρουσιάζονται μερικές γενικές αρχές για την εφαρμογή φωτισμού σε διάφορα σημεία που απαιτείται.

### 7.6.1 Ισόπεδοι κόμβοι

Ο φωτισμός ισόπεδων κόμβων είναι γενικά επιθυμητός σε περιπτώσεις κόμβων με μεγάλους κυκλοφοριακούς φόρτους, με ιστορικό ατυχημάτων σε νυχτερινές ώρες, με μεγάλη κίνηση πεζών, καθώς και σε κόμβους με περιορισμούς στην ορατότητα, με σύνθετη χάραξη και με διαρρύθμιση. Σε κυκλικούς κόμβους ο φωτισμός είναι επιβεβλημένος.

Ο φωτισμός των κόμβων θα πρέπει να αποκαλύπτει όλη τη διασταύρωση, τις θέσεις των κρασπέδων, τη σήμανση, τις κατευθύνσεις των οδών και την παρουσία κάθε οχήματος που προσεγγίζει στο χώρο. Μερικές γενικές αρχές έχουν ως εξής:

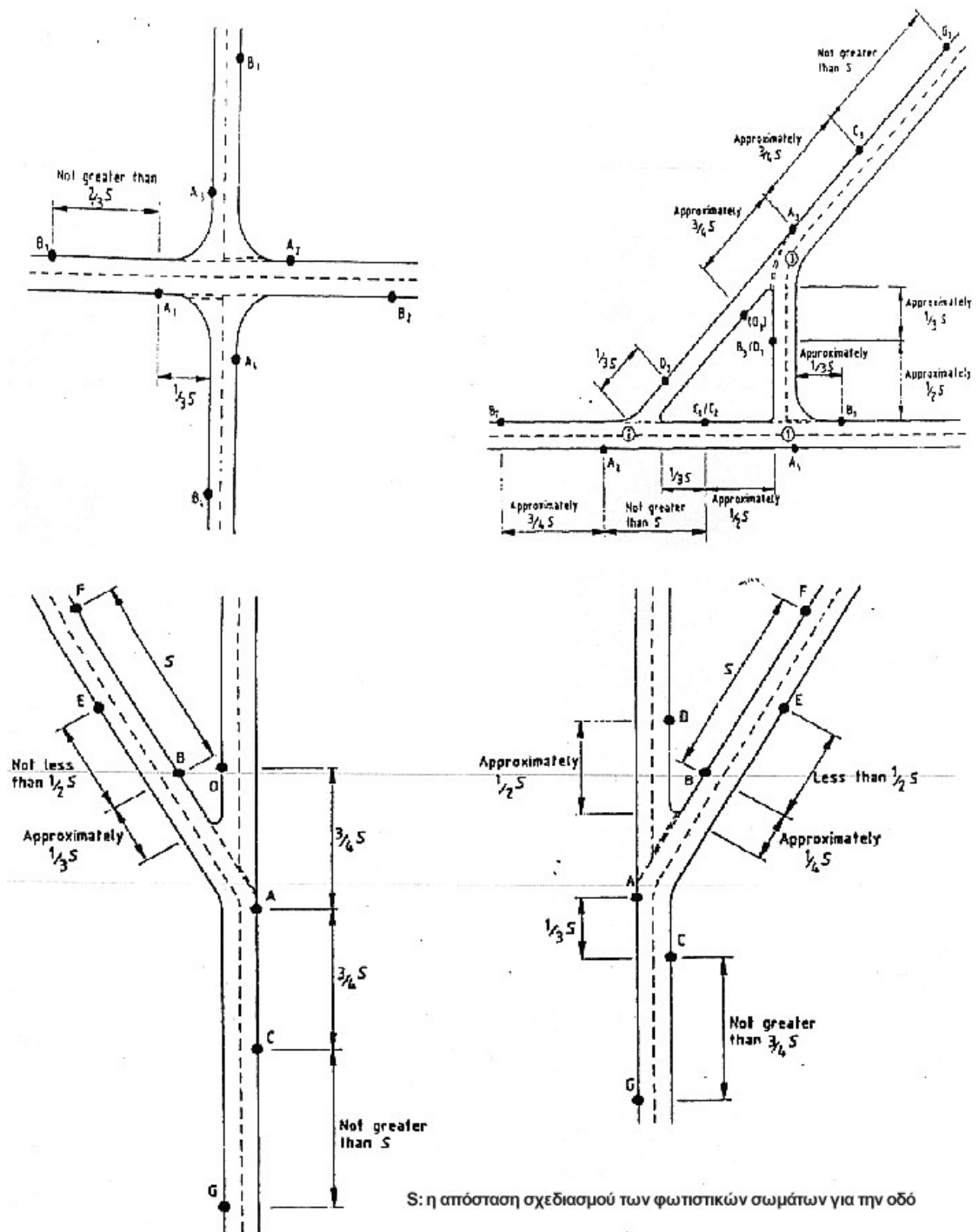
-Βασικός παράγοντας σχεδιασμού είναι οι ταχύτητες των προσβάσεων.

-Ο σχεδιασμός και η ποιότητα του φωτισμού θα πρέπει να συνδέεται με την κυκλοφοριακή σημασία του κόμβου.

-Η λαμπρότητα του οδοστρώματος στην περιοχή του κόμβου δεν θα πρέπει να είναι μικρότερη από την αντίστοιχη των κύριων οδών προσέγγισης του κόμβου.

-Μετά από κάθε κόμβο απαιτείται ένα φωτιστικό σώμα στη αριστερή πλευρά κάθε πρόσβασης. Για οδούς μικρής σημασίας, αυτή μπορεί να είναι και η μοναδική απαίτηση φωτισμού.

-Όπου υπάρχει κίνηση στροφής από οδό προσέγγισης είναι επιθυμητή η τοποθέτηση φωτιστικού σώματος απέναντι από την προσεγγίζουσα κυκλοφορία.  
 Στην **Εικόνα 7.14** δίνονται παραδείγματα φωτισμού ισόπεδων κόμβων.



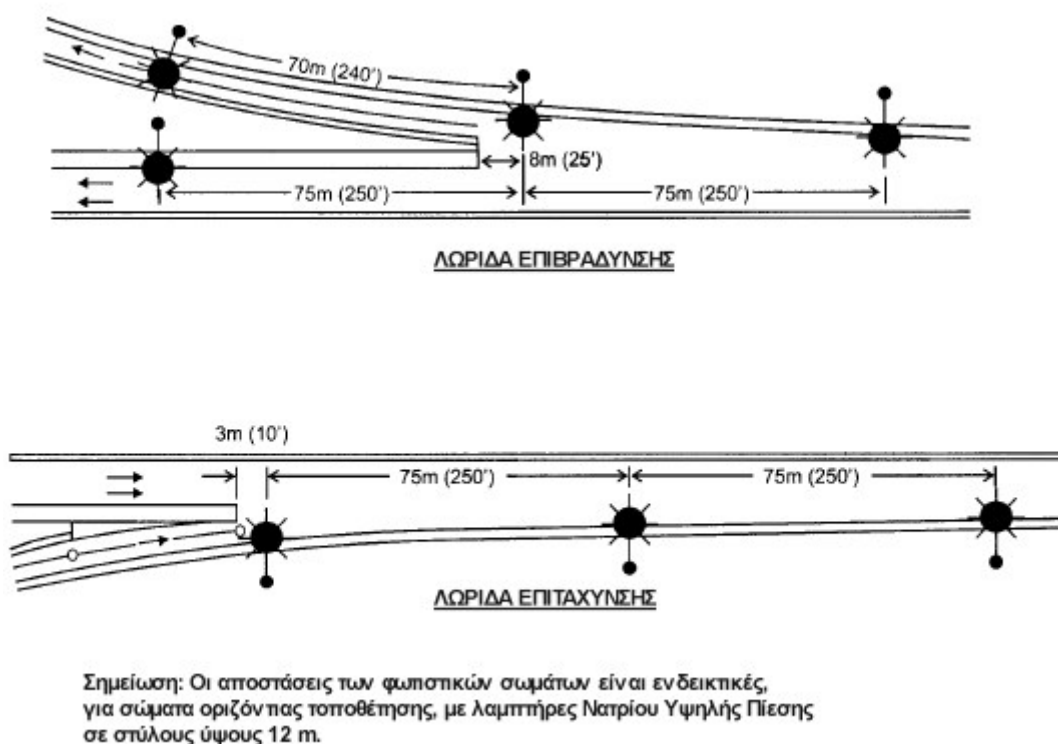
**Εικόνα 7.14:** Τυπικά παραδείγματα θέσεων φωτιστικών σωμάτων σε ισόπεδους κόμβους.

7.6.2 Ανισόπεδοι κόμβοι

Σε σχετικά απλούς ανισόπεδους κόμβους, για να αποκτήσει ο οδηγός εικόνα της μορφής του κόμβου και των κρίσιμων σημείων αρκεί ο φωτισμός των εν λόγω σημείων, όπως οι λωρίδες επιτάχυνσης και επιβράδυνσης και οι τυχόν ισόπεδες

διασταυρώσεις των συνδετήριων οδών στη δευτερεύουσα οδό. Σε πιο σύνθετες μορφές κόμβου, ενδεχομένως απαιτείται πλήρης φωτισμός όλων των οδικών τμημάτων για να σχηματίσει ο οδηγός πλήρη εικόνα του κόμβου. Πολλές φορές, για το σκοπό αυτό εφαρμόζεται και φωτισμός επί υψηλών ιστών.

Ο σχεδιασμός του συστήματος φωτισμού ενός ανισόπεδου κόμβου σύμφωνα με τα βρετανικά πρότυπα, στηρίζεται στον υπολογισμό της λαμπρότητας, όπου αυτή μπορεί να υπολογιστεί για έναν περιορισμένο αριθμό προκαθορισμένων θέσεων παρατήρησης. Για περιοχές, όμως, όπως οι οξείες καμπύλες, οι διασταυρώσεις και οι αλλαγές στην κλίση, θα πρέπει ο σχεδιασμός να γίνεται με βάση το φωτισμό. Σε περιπτώσεις που οι διασταυρούμενες οδοί είναι πλατιές, ο φωτισμός θα πρέπει να καλύπτει όλη την περιοχή του κόμβου. Βασική αρχή είναι πως τα επίπεδα λαμπρότητας ή φωτισμού της περιοχής του κόμβου δεν πρέπει να είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα των διασταυρούμενων οδών. Επίσης, η διάταξη των φωτιστικών σωμάτων θα πρέπει να αποκλείει τη σύγχυση μεταξύ των πηγών φωτός στα διάφορα επίπεδα και γωνίες προσέγγισης, ενώ στις θέσεις των γεφυρών θα πρέπει να ληφθεί πρόνοια για την αποφυγή θάμβωσης από τις πηγές φωτισμού της κατώτερης οδού, στους χρήστες της άνω οδού.



**Εικόνα 7.15:** Προτεινόμενος φωτισμός σε λωρίδες επιτάχυνσης και επιβράδυνσης ανισόπεδων κόμβων, για περίπτωση μερικού φωτισμού [22].

### 7.6.3 Φωτισμός γεφυρών

Γενικά ο φωτισμός των γεφυρών αντιμετωπίζεται παρόμοια με το λοιπό οδικό τμήμα. Αν δεν υπάρχει φωτισμός στο λοιπό οδικό τμήμα στο οποίο ανήκει η γέφυρα, δεν υφίσταται ανάγκη φωτισμού ούτε στη γέφυρα, με εξαίρεση ειδικές περιπτώσεις γεφυρών, όπως οι μεγάλοι μήκους. Επίσης, επωφελής είναι ο φωτισμός γεφυρών όπου το οπτικό υπόβαθρο του οδηγού είναι κατά μεγάλο ποσοστό ουρανός ή νερό.

Κατά την εφαρμογή φωτισμού σε γέφυρες με έντονη κατακόρυφη καμπυλότητα θα πρέπει να δίνεται προσοχή στην ενδεχόμενη θάμβωση. Τέλος, ο φωτισμός συνεχίζεται και σε μήκος 60-70 m τουλάχιστον, εκατέρωθεν της γέφυρας.

#### 7.6.4 Σήραγγες

Οι σήραγγες έχουν την ιδιομορφία της απαίτησης φωτισμού καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, ενώ ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στα ακραία τμήματα προσέγγισής της, για τον περιορισμό της ενόχλησης των οδηγών. Παράγοντες που επηρεάζουν το φωτισμό των σηράγγων είναι τα χαρακτηριστικά της οδού και της κυκλοφορίας, το είδος και η επικάλυψη των τοιχωμάτων, η μορφή της περιβάλλουσας περιοχής, οι ατμοσφαιρικές και περιβαλλοντικές συνθήκες και ο προσανατολισμός της σήραγγας σε σχέση με τον ουρανό και τον ήλιο. Σήραγγες μήκους μικρότερου των 90 m ενδεχομένως να μην απαιτούν φωτισμό κατά την ημέρα, πρέπει, όμως, να έχουν κατάλληλη επικάλυψη στα τοιχώματά τους.

Κατά τη διάρκεια της ημέρας, για την ομαλή μετάβαση από τον έντονο φωτισμό της ημέρας στον ηπιότερο εντός της σήραγγας και αντίστροφα, τα ακραία τμήματα της σήραγγας θα πρέπει να φωτίζονται ισχυρότερα σε σχέση με το υπόλοιπο εσωτερικό. Παρόμοιο πρόβλημα, αλλά στην αντίστροφή του μορφή, υφίσταται και κατά τη νύχτα, όπου ο οδηγός πρέπει να μεταβεί από το σκότος, στο φως εντός της σήραγγας και αντίστροφα. Για το συγκεκριμένο ζήτημα, οι περισσότερες διεθνείς οδηγίες οδικού φωτισμού υποδεικνύουν την εφαρμογή φωτισμού στα εκατέρωθεν της σήραγγας τμήματα των ανοιχτών προσβάσεων κατά τη διάρκεια της νύχτας. Έτσι, κατά τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού (CIE) τα τμήματα εκατέρωθεν της σήραγγας θα πρέπει να φωτίζονται σε μήκος που αντιστοιχεί σε χρόνο τουλάχιστον 5 sec, ενώ κατά τα βρετανικά πρότυπα το μήκος αυτό πρέπει να είναι τουλάχιστον 200 m. Επιπλέον, η λαμπρότητα σε αυτά τα τμήματα δεν πρέπει να είναι μικρότερη από το 1/3 της λαμπρότητας της σήραγγας.

Τέλος, σε περιπτώσεις συνεχόμενων σηράγγων η συνεχής διαδοχή φωτισμένων και σκοτεινών τμημάτων μπορεί να καταστεί κουραστική και ενοχλητική για τον οδηγό. Για το λόγο αυτό συνιστάται να εξασφαλίζεται ένα μη φωτισμένο τμήμα τουλάχιστον 200 m, οπότε δεδομένου ότι τα εκατέρωθεν των σηράγγων τμήματα έχουν ελάχιστο μήκος περί τα 200 m, οδικά τμήματα έως 600 m μεταξύ σηράγγων θα πρέπει να φωτίζονται σε όλο τους το μήκος, με τις ίδιες συνθήκες που υποδείχθηκαν για τα εκατέρωθεν της σήραγγας τμήματα. Το ίδιο ισχύει και σε διαδοχή σηράγγων-γεφυρών ή κόμβων.

#### 7.6.5 Σταθμοί διοδίων

Καθώς τα διόδια αποτελούν περιοχές αυξημένης δραστηριότητας και αποφάσεων, είναι απαραίτητος ο φωτισμός σε υψηλά επίπεδα, ώστε να αυξηθεί η ασφάλεια και το επίπεδο προειδοποίησης των οδηγών. Το μέγεθος και η θέση της εγκατάστασης, σε συνάρτηση με την ύπαρξη παρακείμενων κατοικημένων περιοχών και άλλων ευαίσθητων αποδεκτών, αποτελούν παραμέτρους καθορισμού του φωτισμού της περιοχής των διοδίων.

Στις ζώνες προσέγγισης και αναχώρησης των σταθμών μπορούν να χρησιμοποιηθούν συνήθη φωτιστικά σώματα γραμμικού φωτισμού, ενώ για την ανοιχτή περιοχή του σταθμού ενδείκνυται ο φωτισμός επί υψηλών ιστών, που μπορεί να καλύψει ικανοποιητικά μία ευρεία περιοχή με περιορισμό του πλήθους των



στύλων. Ο φωτισμός του υπόστεγου χώρου και των θαλάμων βοηθάει στον καθορισμό των λωρίδων και βελτιώνει την οπτική αντίληψη των οδηγών.

Καθώς η πολυπλοκότητα της γεωμετρίας και του περιβάλλοντος αυξάνεται σε ένα σταθμό διοδίων, η οπτική πληροφορία που αφορά σε οχήματα, ανθρώπους και κατασκευές, γίνεται πιο κρίσιμη. Ο φωτισμός βελτιώνει την ικανότητα διάκρισης του οδηγού, η θάμβωση, όμως, μπορεί να έχει τα αντίθετα αποτελέσματα. Οι συνθήκες αυτές θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στο σχεδιασμό, όπως επίσης και η ανάγκη προσαρμογής στο έντονο φως της περιοχής του σταθμού.

## 7.7 Συστήματα διαχείρισης φωτισμού

Ως *σύστημα διαχείρισης φωτισμού* μίας οδού νοείται ένα σύστημα που παρέχει τη δυνατότητα για άμεση δυναμική ρύθμιση στα φωτεινά χαρακτηριστικά του παρεχόμενου φωτισμού, καθώς και για απομακρυσμένη παρακολούθηση της λειτουργίας του. Η ανάγκη για την υλοποίηση τέτοιων συστημάτων υπαγορεύεται από τις απαιτήσεις διαρκούς βελτίωσης των παρεχόμενων υπηρεσιών και ελέγχου του κόστους λειτουργίας, καθώς και από την περιβαλλοντικής και ενεργειακής θεώρησης ώθηση για υιοθέτηση ελαστικότερων συνθηκών λειτουργίας του ενεργοβόρου και δύσκαμπτου αυτού στοιχείου εξοπλισμού της οδού.

Στην πιο απλή του μορφή, ένα σύστημα διαχείρισης φωτισμού παρέχει τη δυνατότητα επιτόπου ρύθμισης του επιπέδου φωτισμού της εγκατάστασης από τη διάταξη ελέγχου, βάσει συγκεκριμένων δεδομένων όπως η φωτεινότητα του περιβάλλοντος, οι καιρικές συνθήκες και ο κυκλοφοριακός φόρτος, με χρήση ανάλογων διατάξεων ανίχνευσης και μέτρησης. Παλιότερα η ρύθμιση του επιπέδου φωτισμού ήταν μακροσκοπική, δηλαδή επιτυγχάνονταν με το σβήσιμο ενός αριθμού λαμπτήρων μετά από μία χρονική στιγμή, έργο το οποίο ήταν εύκολο όταν χρησιμοποιούνταν στύλοι διπλού βραχίονα. Η εγκατάσταση αυτού του είδους, όμως, δεν ήταν αποδοτική, καθώς με το σβήσιμο κάθε δεύτερου λαμπτήρα (για εναλλάξ σβήσιμο λαμπτήρων) ο φωτισμός γινόταν άνισος, ενώ σε περίπτωση αστοχίας ενός λαμπτήρα θα μπορούσε να δημιουργηθεί ένα μεγάλο κενό σκότους. Σήμερα εφαρμόζεται πλέον η τεχνική του “dimming”, όπου η μείωση της φωτεινής απόδοσης πραγματοποιείται με ελαστικό τρόπο, μειώνοντας την τάση του ρεύματος στα φωτιστικά σώματα με τη βοήθεια ειδικών διατάξεων. Η μεταβολή της φωτεινότητας γίνεται ομαλά, για την αποφυγή ενόχλησης των οδηγών που κινούνται μέσα στο φωτιζόμενο τμήμα.

Η λογική της ρύθμισης του φωτισμού βάσει, πρωτίστως, των κυκλοφοριακών συνθηκών γίνεται κατανοητή αν αναλογιστεί κανείς ότι το απαιτούμενο επίπεδο φωτεινότητας μίας συνήθους εγκατάστασης σταθερού φωτισμού καθορίζεται βάσει ακριβώς αυτών των συνθηκών, και σε ώρες αιχμής, όπου είναι και πιο απαιτητικό το οπτικό έργο του οδηγού. Πέρα από αυτές τις συνθήκες, όμως, όταν οι κυκλοφοριακοί φόρτοι είναι λιγότερο ή περισσότερο χαμηλοί, το οριακό αυτό επίπεδο φωτισμού καθίσταται μάλλον υπερβολικό, συνοδευόμενο από αυξημένο ενεργειακό, οικονομικό και περιβαλλοντικό (φωτορύπανση) κόστος, χωρίς ουσιαστικό αντίκρισμα στην ασφάλεια και λειτουργικότητα της οδού (καθώς θεωρείται ότι αυτές συμβαδίζουν με το φόρτο). Έτσι, ένα σύστημα διαχείρισης φωτισμού μπορεί να μειώνει το επίπεδο φωτισμού μέχρι και στο 20~30% της πλήρους λειτουργίας, αναλόγως των τρεχόντων κυκλοφοριακών φόρτων, με αντίστοιχα ενεργειακά, οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Επίσης, άλλοι παράγοντες που μπορεί να καθορίζουν τη ρύθμιση αυτή είναι οι καιρικές συνθήκες και το επίπεδο φωτισμού του περιβάλλοντος, οπότε είναι δυνατή η ενεργοποίηση του φωτισμού σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες, ή η συγκράτηση της

φωτεινότητας σε χαμηλά επίπεδα νωρίς κατά τη δύση του ηλίου ή αργά κατά την ανατολή. Στην **Εικόνα 7.16** φαίνεται ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα μείωσης του επιπέδου φωτισμού με την ελάττωση του κυκλοφοριακού φόρτου.



**Εικόνα 7.16:** Παράδειγμα ρύθμισης φωτισμού αναλόγως των κυκλοφοριακών συνθηκών στην οδό.

Τα τελευταία χρόνια η ανάπτυξη της τεχνολογίας και της τηλεματικής επέτρεψε στον τομέα της διαχείρισης οδικού φωτισμού να πραγματοποιήσει ένα ακόμη μεγάλο βήμα, με την υλοποίηση *συστημάτων καθολικής διαχείρισης*. Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν, πλέον, όχι μόνο την επιτόπου δυναμική ρύθμιση των φωτεινών χαρακτηριστικών, αλλά την πλήρη διαχείριση της εγκατάστασης από απόσταση, τόσο με ρύθμιση, όσο και με εκτενή παρακολούθησή της.

Κατά τη λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος, το απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου έχει τη δυνατότητα για:

- *Καθορισμό προγραμμάτων λειτουργίας του φωτισμού*
- *Καθορισμό του χρόνου λειτουργίας*
- *Καθορισμό των όρων λειτουργίας του συστήματος “dimming” από την εγκατάσταση, ή και άμεση διαχείρισή του από το απομακρυσμένο κέντρο*
- *Αποστολή κυκλοφοριακών και καιρικών δεδομένων στην εγκατάσταση, σε πραγματικό χρόνο*
- *Προβολή χαρακτηριστικών μεγεθών λειτουργίας της εγκατάστασης, όπως κατανάλωση ενέργειας, τάση και ένταση ρεύματος, ενεργειακή απόδοση*
- *Αναλυτική προβολή κατάστασης κάθε φωτιστικού σώματος και συνολικού χρόνου λειτουργίας κάθε λαμπτήρα, με διατήρηση βάσης δεδομένων συντήρησης*
- *Άμεση ειδοποίηση σε περίπτωση απώλειας λαμπτήρα ή οποιασδήποτε δυσλειτουργίας*

Ο εξοπλισμός που απαιτείται για την υλοποίηση ενός συστήματος καθολικής διαχείρισης συνίσταται σε μία σειρά από **συσκευές ελέγχου των λαμπτήρων**, στο **κουτί ελέγχου της εγκατάστασης**, στο **δίαιλο επικοινωνίας** με το απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου και, βέβαια, στον αντίστοιχο ηλεκτρονικό εξοπλισμό **υλισμικού και λογισμικού** του κέντρου. Οι συσκευές ελέγχου των λαμπτήρων, **Εικόνα 7.17**, είναι διατάξεις που τοποθετούνται στους στύλους του ηλεκτροφωτισμού και κάθε μία από αυτές έχει τη δυνατότητα να ελέγχει ταυτόχρονα πολλούς λαμπτήρες γειτονικών στύλων. Οι συσκευές αυτές αναλαμβάνουν το έργο της ρύθμισης του επιπέδου φωτισμού και της παρακολούθησης της κατάστασης κάθε λαμπτήρα που τους αναλογεί, επικοινωνώντας με το κουτί ελέγχου της εγκατάστασης. Το κουτί ελέγχου, **Εικόνα 7.18**, αποτελεί την καρδιά του συστήματος διαχείρισης, αναλαμβάνοντας την παρακολούθηση και ρύθμιση της εγκατάστασης βάσει των στοιχείων που συλ-

λέγονται. Η επικοινωνία του με το απομακρυσμένο κέντρο ελέγχου πραγματοποιείται από κάποιο διαθέσιμο δίαυλο επικοινωνίας, επίγειο ή ασύρματο.



**Εικόνα 7.17:** Συσκευή ελέγχου λαμπτήρων.



**Εικόνα 7.18:** Κουτί ελέγχου εγκατάστασης συστήματος διαχείρισης φωτισμού.

Τα πλεονεκτήματα από τη λειτουργία ενός συστήματος καθολικής διαχείρισης φωτισμού είναι φανερά. Εκτός από τα προαναφερθέντα οικονομικά, ενεργειακά και περιβαλλοντικά οφέλη της ρύθμισης του φωτισμού, η στενή παρακολούθηση της εγκατάστασης δίνει τη δυνατότητα για βελτιστοποίηση των διαδικασιών συντήρησης, με πληρέστερη αξιοποίηση του χρόνου ζωής των λαμπτήρων και αποδέσμευση από την ανάγκη για επί τόπου επιθεωρήσεις της εγκατάστασης. Επίσης, η άμεση ειδοποίηση σε περίπτωση απώλειας οποιουδήποτε λαμπτήρα παρέχει τη δυνατότητα για άμεση αντικατάστασή του, τη στιγμή που στα κλασικά συστήματα φωτισμού ένας καμένος λαμπτήρας παραμένει στη θέση του μέχρι την επόμενη επιθεώρηση, με τις ανάλογες συνέπειες στην ποιότητα του φωτισμού και στο επίπεδο της οδικής ασφάλειας. Η δε αναγκαιότητα των εν λόγω συστημάτων φαίνεται ιδιαίτερα στην περίπτωση των σηράγγων, όπου απαιτείται συνεχής ρύθμιση καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου και όπου το ζήτημα της ασφάλειας είναι πρωτεύον.

**BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. **Wright P., “Highway Engineering”**, John Willey, New York 1996
2. **Natzschka H., “Strassenbau, Entwurf und Bautechnik”**, B.G. Teubner, Stuttgart 1997
3. **American Association of State Highway Officials, “A Policy On Geometric Design Of Rural Highways”**, 1970
4. **Νικηφοριάδης Α., «Συστήματα αναχαίτισης οχημάτων σε Οδούς-Πεδίο εφαρμογής και κριτήρια επιλογής»**, 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Λάρισα, 4-7 Οκτωβρίου 1995
5. **Δρυμαλίτου Δ., «Αντιμετώπιση προβλημάτων σήμανσης και ασφάλισης αυτοκινητοδρόμων»**, 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδοποιίας, Λάρισα, 4-7 Οκτωβρίου 1995
6. **“Richtlinien für passive Schutzrichtungen an Straßen”**, Ausgabe 1989
7. **Φραντζεσκάκης Ι.Μ., Γιαννόπουλος Γ.Α., «Σχεδιασμός Των Μεταφορών Και Κυκλοφοριακή Τεχνική»**, Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη 1986
8. **U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, “Manual On Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways - Millenium Edition”**, December 2000
9. **Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών, «Σχέδιο του νέου Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας»**, Αθήνα 2001
10. **Connecticut Department of Transportation, Bureau of Engineering and Highway Operations, Division of Traffic Engineering, “Manual of Traffic Control Signal Design”**, 2001
11. **State of California, Business, Transportation and Housing Agency, Department of Transportation, “Traffic Manual”**, July 1996
12. **Υπουργείον Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνσις Δημοσίων Έργων, Τμήμα Κυκλοφορίας (Α6), «Διαγραμμίσεις Οδοστρωμάτων»**, Δεκέμβριος 1975
13. **“Richtlinien für die Markierung von Straßen, RMS-1”**
14. **Μουρατίδης Α., «Διαχείριση Οδικών Έργων»**, Θεσσαλονίκη 1994
15. **Harlow A., The NZ Roadmarkers Federation Inc, “Roadmarking Performance Criteria ‘Meeting the needs of drivers’”**, 2000
16. **Υπουργείον Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνσις Δημοσίων Έργων, Τμήμα Κυκλοφορίας (Α6), «Πινακίδες Σημάνσεως Οδών»**, Ιανουάριος 1974
17. **«Αντανακλάσεις»**, Περιοδική έκδοση 3Μ, Φύλλο 2/97, Μάιος-Ιούνιος 1997
18. **Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνση Δημοσίων Έργων, «Προσωρινή Προδιαγραφή Ανακλαστήρων Οδοστρώματος (Μάτια Γάτας)»**, Ιανουάριος 1988
19. **Νικηφοριάδης Α., «Βελτίωση της οδικής ασφάλειας κατά τη νύχτα με τη βοήθεια ανάγλυφων διαγραμμίσεων οδών»**, 1<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συνέδριο Οδικής Ασφάλειας, Θεσσαλονίκη, 28-29 Μαρτίου 1994
20. **Κόκκινος Β., «Σχεδιασμός οδικής υποδομής και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, Ανάλυση κόστους-ωφελειών στην περίπτωση του οδικού φωτισμού»**,

- Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Οκτώβριος 2001
21. **Μπαλόγλου Κ.**, «Συσχετισμός οδικής ασφάλειας και οδικού φωτισμού στην αστική περιοχή Θεσσαλονίκης», Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ., Οκτώβριος 2000
  22. **Minnesota Department of Transportation, Office of Traffic Engineering**, “**Roadway Lighting Design Manual**”, June 2001
  23. **Τσώχος Γ.**, «Περιβαλλοντική Οδοποιία», University Studio Press, 1997
  24. **Kotzen B., English C.**, “**Environmental noise barriers: A guide to their acoustic and visual design**”, E&FN SPON, 1999
  25. **Watts G. R.**, “**Traffic Noise Barriers**”, TRL Annual Review, 1995
  26. **Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων, Γενική Διεύθυνση Δημοσίων Έργων**, «Προσωρινή Προδιαγραφή Οριοδεικτών Από Πολυμερές Υλικό», Ιούνιος 1988
  27. **Υπουργείο Μεταφορών και Επικοινωνιών**, «**Θεωρητική Εκπαίδευση Υποψήφιων Οδηγών Αυτοκινήτων**», Εκδόσεις Ιδρύματος Ευγενίδου, Αθήνα 2001
  28. **U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration**, “**Improving Traffic Signal Operations**”, November 1995
  29. **Main Roads Western Australia**, “**Guide to the Design of Emergency Telephones**”, Document No. 67-08-6, January 2002
  30. **Walton J., Barrett M., Crabtree J.**, “**Management and Effective Use of Changeable Message Signs (Final Report)**”, Kentucky Transportation Center, June 2001
  31. **Wisconsin Department of Transportation**, “**Intelligent Transportation Systems (ITS) Design Manual - Chapter 6: Variable Message Signs**”, December 2000
  32. **Dudek et al.**, “**Improving Dynamic Message Sign Operations**”, Texas Transportation Institute, February 2001
  33. **Oregon Department of Transportation, Highway Division, Traffic Management Section**, “**Guidelines for the Use of Portable Variable Message Signs on State Highways**”, March 2002
  34. **Finnish National Road Administration**, “**The Traffic Management Policy of Variable Message Signs for Weather-Controlled Road**”, June 1995
  35. **National Technical University of Athens, Department of Transportation Planning and Engineering**, “**Road Work Zone Safety Practical Handbook, Annex I to Final Report for Publication**”, November 1998
  36. **Virginia Department of Transportation**, “**Virginia Work Area Protection Manual**”, January 2003
  37. **Oregon Department of Transportation**, “**Traffic Control on State Highways for Short Term Work Zones**”, 1998 Revised Edition
  38. **Pflugfelder R. P.**, “**Visual Traffic Surveillance Using Real-time Tracking**”, Technical University of Wien, January 2002
  39. **Collins A. et al.**, “**Dynamic Dimming: The Future of Motorway Lighting?**”, The Lighting Journal, September/October 2002
  40. **Minsk L. D.**, “**Snow and ice control manual for transportation facilities**”, McGraw-Hill, 1998
  41. **Lund J.**, “**Pavement Snow Melting**”, Oregon Institute of Technology, 2001
  42. **Yehia S., Tuan C.**, “**Bridge Deck Deicing**”, 1998 Transportation Conference Proceedings