



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΚΑΙ  
ΒΙΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ  
ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΝΥΧΤΕΡΙΝΟΥ ΦΩΤΙΣΜΟΥ  
ΙΣΤΟΡΙΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΛΕΩΝ :  
ΠΟΣΟΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ  
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΤΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΤΣΙΝΑΡΗ

Αρχιτέκτονα Μηχανικού-Πολεοδόμου

**ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:**

**Αναπλ. Καθηγητής ΘΕΟΧΑΡΗΣ**

**ΤΣΟΥΤΣΟΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)**

**Δρ. ΜΑΡΙΑ ΜΑΝΔΑΛΑΚΗ**

**Καθηγητής ΜΙΧΑΗΛ ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ**

**ΧΑΝΙΑ, 2015**



Copyright © Πάνος Τσινάρης, 2015

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 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 τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης.

**«... το μεγαλύτερο μέρος της γνώσης μας για τον κόσμο εξασφαλίζεται χάρη στο φως».** Αναφέρεται στην ανακοίνωση της απονομής του βραβείου Νόμπελ Φυσικής, το 2005, από τη Σουηδική Ακαδημία Επιστημών στους επιστήμονες R. Glauber, J. Hall και Th. Hannsch για την εργασία τους σχετικά με τη φύση του φωτός.

**2015: Έτος αφιερωμένο στο φως και τις τεχνολογίες του**



**INTERNATIONAL  
YEAR OF LIGHT  
2015**

*Πηγή : <http://www.light2015.org/Home.html>*

Θα ήθελα να εκφράσω τις πιο θερμές μου ευχαριστίες στον αναπληρωτή καθηγητή κ. Θεοχάρη Τσούτσο για τη βοήθεια που μου προσέφερε στην επιλογή ενός τόσο ενδιαφέροντος θέματος καθώς και για την πολύτιμη εποπτεία και καθοδήγησή του κατά την εκπόνηση της ερευνητικής αυτής εργασίας. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τη Δρ. Μαρία Μανδαλάκη για την άψογη και επικοινωνιακή συνεργασία μας, για την συνεχή καθοδήγησή της σε όλες τις φάσεις της εργασίας, καθώς και για την αμείωτη και αδιάλειπτη ηθική συμπαράστασή της. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον αναπληρωτή καθηγητή του Τμήματος Αρχιτεκτόνων-Μηχανικών Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κ. Άρη Τσαγκρασούλη για την παροχή πληροφοριών που αποδείχτηκαν καταλύτης ώστε η εργασία αυτή να πάρει την τελική της μορφή.

Μεγάλες ευχαριστίες οφείλω στους φίλους μου στη Θεσσαλονίκη, την ιδιαίτερη πατρίδα μου, για την υπομονή και κατανόηση που έδειξαν σε κάθε μου επίσκεψη στη Θεσσαλονίκη και για την εμπύχωση που μου έκαναν. Ειδικότερα, ευχαριστώ τον καλό μου φίλο Τριαντάφυλλο Μπουχούνα Δασολόγο - Περιβαλλοντολόγο για την βοήθεια που μου πρόσφερε με το λογισμικό ArcGIS χωρίς την οποία ένα μέρος της διπλωματικής αυτής δεν θα ήταν εφικτό, καθώς και τον φίλο μου Σπύρο Τσιολάκη ιδιοκτήτη της εταιρείας TECHLUMEN LED LIGHTING, ο οποίος παρά τον φόρτο της εργασίας του ήταν πάντα πρόθυμος να με διευκολύνει με απορίες που σχετίζονταν με τη λειτουργία λαμπτήρων. Ένα ευχαριστώ το χρωστάω στους νέους μου φίλους Γιάννη Μαράκη και τις φοιτήτριες της Αρχιτεκτονικής Κωνσταντίνα Γιαννάκη και Αθηνά Μπάντη, που με βοήθησαν στη συλλογή πληροφοριών μέσω των ερωτηματολογίων. Επίσης ευχαριστώ την Αλεξάνδρα Σαράντη, η οποία με βοήθησε στη δημιουργία των τρισδιάστατων για



το υπόβαθρο της μελέτης με το Relux. Επίσης, η συνάδερφος και φίλη μου από Ρέθυμνο Στέλλα Κουτλάκη με βοήθησε με την παροχή στοιχείων σχετικά με το Ρέθυμνο και τις μετρήσεις με το λουξόμετρο και την ευχαριστώ για αυτό.

Ένα ιδιαίτερο ευχαριστώ το χρωστάω στο Βαγγέλη, για τη συνεχή ενθάρρυνση και ηθική συμπαράσταση από την αρχή του μεταπτυχιακού.

Θα ήθελα, ακόμα, να ευχαριστήσω θερμά τους γονείς μου Θανάση Τσινάρη και Ιωάννα Αγγελοπούλου καθώς και τον αδερφό μου Άγγελο με τους οποίους μοιράστηκα τις δυσκολίες, τις αγωνίες αλλά και τις χαρές που βίωσα στην πορεία εκπόνησης της ερευνητικής αυτής εργασίας. Δίχως την ενθάρρυνση και την υποστήριξή τους η εργασία αυτή δε θα μπορούσε να είχε πραγματοποιηθεί. Τέλος, αφιερώνω τη διπλωματική αυτή εργασία στην αείμνηστη γιαγιά μου Μαίρη Αγγελοπούλου, η οποία μου μετάδωσε την αγάπη για τη γνώση και μου έμαθε ότι ποτέ δεν πρέπει να τα παρατάω.

**Πάνος Τσινάρης**

## Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια άρχισε να αναπτύσσεται νέα φιλοσοφία σχετικά με το δημόσιο υπαίθριο φωτισμό ώστε αυτός να είναι περισσότερο αποδοτικός, οικονομικός, φιλικός προς το φυσικό περιβάλλον και προϊόν συνεργασίας με το αρχιτεκτονικό περιβάλλον. Σε αυτό συνέβαλαν η επέκταση των δραστηριοτήτων των κατοίκων της πόλης μέχρι αργά τη νύχτα, η συνειδητοποίηση ολοένα και περισσότερων δήμων ότι ο φωτισμός μπορεί να συμβάλει στην τουριστική προβολή των ιστορικών τους κέντρων μέσω αναβάθμισης του νυχτερινού τοπίου, η μέχρι σήμερα υψηλή κατανάλωση ενέργειας για το φωτισμό ανοιχτών χώρων καθώς και η εισαγωγή της νέας καινοτομίας λαμπτήρων LED με τα ενεργειακά και οικονομικά οφέλη που αυτή συνεπάγεται.

Στη χώρα μας απουσιάζουν εκείνες οι φωτοτεχνικές μελέτες, οι οποίες ικανοποιούν τρεις βασικές αρχές: εξοικονόμηση ενέργειας, επίτευξη ιδανικών τιμών φωτισμού για την ασφάλεια και την οπτική άνεση των πεζών και ανάδειξη τοπόσημων ιστορικού ενδιαφέροντος ώστε να καθίσταται το ιστορικό κέντρο μιας πόλης ελκυστικό τουριστικό προϊόν.

Η παρούσα έρευνα εστιάζεται σε μια πιλοτική μελέτη φωτισμού μιας πλατείας και ενός δρόμου στο ιστορικό κέντρο του Ρεθύμνου. Αρχικά προσεγγίστηκε η ενεργειακή αναβάθμιση της πλατείας Μικρασιατών, ειδικότερα στο φωτισμό-ανάδειξη των ιστορικών κτιρίων χωρίς να παραλείπεται το τεχνικό σκέλος της εξοικονόμησης ενέργειας. Στη συνέχεια μελετάται η ενεργειακή αναβάθμιση της εμπορικής οδού Εθνικής Αντιστάσεως αναλύοντας μέσω ερωτηματολογίων και μετρήσεων την υφιστάμενη κατάσταση ώστε να διαπιστωθούν οι αδυναμίες και τα προβλήματα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η οδός Εθνικής Αντιστάσεως δεν μπορεί να θεωρηθεί ως επαρκώς και ομοιόμορφα

φωτισμένη καθώς στο συνολικό της φωτισμό συμβάλλουν ο ανεπαρκής δημοτικός φωτισμός από τα φωτιστικά του δρόμου και κατά κύριο λόγο ο ανομοιόμορφος φωτισμός των προβολέων και των διακοσμήσεων των βιτρινών των καταστημάτων. Διαπιστώθηκε ότι έπρεπε να καταργηθεί ο φωτισμός της οδού μέσω βιτρινών και να γίνει σωστή μελέτη δημοσίου φωτισμού. Ειδικότερα, μέσα από τη μελέτη συσχετίστηκαν οι βασικές παράμετροι χαρακτηριστικών και χωροθέτησης φωτιστικών σωμάτων (ύψος φωτιστικών σωμάτων, μεταξύ τους απόσταση και εύρος κατανομής φωτός) με τα κριτήρια φωτισμού (εξοικονόμηση ενέργειας, ομοιομορφία και ένταση) όπως αυτά διαμορφώνονται βάση ευρωπαϊκών οδηγιών, ώστε να δημιουργηθεί ένα «επαναλήψιμο» πρότυπο φωτισμού για δρόμους μεσογειακών πόλεων με παρόμοια χαρακτηριστικά.

Με τις προτάσεις επιτυγχάνεται τόσο η αναβάθμιση/ εξορθολογισμός του νυχτερινού φωτισμού, όσο και η μείωση κατανάλωσης ενέργειας/ λειτουργικού κόστους στην πλατεία και το δρόμο.

**Λέξεις κλειδιά :** ενεργειακή αναβάθμιση, δημόσιος υπαίθριος φωτισμός, εξοικονόμηση ενέργειας, φωτιστικά σώματα.

## **Abstract**

Recently a new philosophy of outdoor public lighting began to develop so that it becomes more efficient, economical, eco-friendly to natural environment and collaborating with the architectural environment. The expansion of the activities of city residents late into the night, the realization of municipalities that lighting can contribute to tourist promotion of their historic centers through upgrading the night landscape, the high energy consumption for open space lighting and the introduction of new innovative LED lamps with energy and economic benefits that this entails have contributed to this philosophy.

In our country, there are no the photo-technical studies that satisfy the three basic principles: energy saving, achievement of ideal lighting values for safety and visual comfort of pedestrians and highlighting landmarks of historical interest, in order to render the historic center of a town into an attractive tourist product.

This research focuses on a pilot illumination study of a square and a street in the historic center of Rethymnon. Initially, the energy upgrade of the Micrasiatou square was approached, especially in the lighting of historical buildings without leaving out the technical aspect of energy saving. Energy upgrade of the commercial street Ethnikis Antistaseos was then studied, analyzing through questionnaires and measurements the current situation in order to identify its weaknesses and problems. The results showed that the Ethnikis Antistaseos street cannot be regarded as sufficiently and uniformly illuminated since in its total lighting contribute inadequate lighting of the municipal street-lamps and mainly the uneven lighting of spotlights and shop window lights. It was found that the illumination of the street through shop windows should be abolished and replaced

by a proper study of public lighting. Through the present study, the basic characteristics and parameters of location lighting fixtures (luminaires height, spacing, light distribution range) were correlated with the lighting criteria (energy saving, uniformity and intensity) according to the European directives, in order to create a "repeatable" lighting standard for roads of Mediterranean cities with similar characteristics.

The proposals achieved both upgrading of night lighting, and reducing energy consumption / operating costs in the square and the street.

**Keywords:** energy upgrade, public outdoor lighting, energy saving lights.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κατάλογος Εικόνων.....	13
Κατάλογος Πινάκων.....	17
Ακρωνύμια και συντομογραφίες.....	18
1. Εισαγωγή.....	19
2.Βασικές έννοιες, μεγέθη και τεχνικές που σχετίζονται με τον τεχνητό φωτισμό.....	23
3. Διεθνής Εμπειρία.....	29
3.1 Eindhoven Ολλανδίας.....	30
3.2 Le Mans Métropole.....	39
3.3 Οι αντιλήψεις των ανθρώπων από υπαίθριους χώρους που φωτίζονται με LED.....	46
3.4 Μειονεκτήματα λαμπτήρων LED.....	61
4. Από τη διεθνή εμπειρία στις ιδιαιτερότητες της Μεσογείου.....	66
4.1 Πολεοδομικά χαρακτηριστικά μεσογειακών πόλεων.....	66
4.2 Ρέθυμνο - Μια μεσογειακή πόλη.....	68
4.3 Περιγραφή περιοχή μελέτης.....	70
5. Κριτήρια φωτισμού για πεζόδρομους και δρόμους μικρής κυκλοφορίας με βάση τις τεχνικές εκθέσεις της Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού και του Ευρωπαϊκού Πρότυπο.....	76
5.1 Φωτισμός οριζόντιων επιφανειών.....	84
5.2 Φωτισμός κάθετων επιφανειών.....	88
6. Μεθοδολογία.....	95
6.1 Επιλογή του τύπου διεξαγωγής της έρευνας.....	95
6.2 Διάρθρωση εργασίας και μέθοδοι έρευνας.....	96
6.2.1. Στο εμπειρικό επίπεδο.....	98
6.2.2. Στο υπολογιστικό επίπεδο.....	99
6.2.3 Δημιουργία πρότυπου.....	100

<b>7. Μελέτη φωτισμού Πλατείας Μικρασιατών Ρεθύμνου.....</b>	<b>102</b>
7.1 Ανάδειξη στοιχείων (αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά των κτιρίων και του περιβάλλοντος χώρου) μέσω φωτοτεχνικής μελέτης.....	102
7.2 Περιγραφή υφιστάμενης κατάστασης φωτισμού της Πλατείας Μικρασιατών.....	107
7.3 Πρόταση ενεργειακής και ποιοτικής αναβάθμισης νυχτερινού τοπίου.....	111
7.4 Σύγκριση υπάρχουσας κατάστασης με πρόταση μελέτης.....	113
7.4.1 Ενεργειακά και οικονομικά οφέλη πρότασης.....	125
7.4.2. Ποιοτική αναβάθμιση νυχτερινού φωτισμού πρότασης.....	128
7.5 Συμπεράσματα.....	130
 <b>8. Υφιστάμενη κατάσταση φωτισμού οδού Εθν. Αντιστάσεως Ρεθύμνου....</b>	<b>134</b>
8.1 . Αξιολόγηση και κατηγοριοποίηση της οδού Εθνικής Αντιστάσεως με βάση τη χρήση και τον κυκλοφοριακό φόρτο.....	134
8.1.1 Εφαρμόζοντας το Ευρωπαϊκό Πρότυπο 13201/2004 στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως.....	136
8.1.2 Βασικές παράμετροι φωτισμού για την οδό Εθνικής Αντιστάσεως Ρεθύμνου και γενικά για εμπορικούς πεζοδρομημένους δρόμους μικρών ιστορικών πόλεων της Μεσογείου.....	141
8.2 Αξιολόγηση υφιστάμενης κατάστασης με υποκειμενικά κριτήρια.....	143
8.2.1 Γενικά συμπεράσματα από τα ερωτηματολόγια.....	158
8.3 Αξιολόγηση υφιστάμενης κατάστασης φωτισμού με επιτόπιες φωτομετρικές μετρήσεις.....	162
8.4 Συμπεράσματα αξιολόγησης.....	172
 <b>9. Δημιουργία προτύπου.....</b>	<b>173</b>

<b>10. Γενική συζήτηση.....</b>	<b>182</b>
10.1 Γενικές διατυπώσεις.....	182
10.2 Γενικά συμπεράσματα από τη μελέτη και έρευνα.....	184
10.3 Συμβολή και περιορισμοί της έρευνας-Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	186
<b>Παράρτημα 1 (ερωτηματολόγιο).....</b>	<b>189</b>
<b>Παράρτημα 2 (χάρτες).....</b>	<b>193</b>
<b>Παράρτημα 3 (προσομοιώσεις).....</b>	<b>198</b>
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>220</b>



## Κατάλογος Εικόνων

<b>Εικ 1:</b> Φωτεινή Ροή.....	23
<b>Εικ 2:</b> Φωτεινή Ροή (πηγή : Τσαγκρασούλης,2004).....	23
<b>Εικ 3:</b> Φωτεινή ένταση.....	24
<b>Εικ 4:</b> Φωτεινή ένταση (Πηγή : Τσαγκρασούλης,2004).....	24
<b>Εικ. 5 :</b> Φωτομετρική καμπύλη φωτιστικού.....	24
<b>Εικ 6:</b> Ένταση φωτισμού.....	25
<b>Εικ 7 κ 8:</b> Ένταση φωτισμού. (Πηγή : Τσαγκρασούλης,2004).....	25
<b>Εικ 9 κ 10:</b> Λαμπρότητα (Πηγή : Τσαγκρασούλης,2004).....	25
<b>Εικ. 11i :</b> φωτομετρική καμπύλη πηγής φωτισμού που έχει συμμετρία ως προς τον κατακόρυφο άξονα (Πηγή: Erco).....	28
<b>Εικ. 11ii :</b> φωτομετρική καμπύλη πηγής φωτισμού που έχει διαφορετική συμμετρία σε κάθε άξονα (Πηγή: Erco).....	28
<b>Εικ. 12 :</b> Το Eindhoven φωτισμένο τη νύχτα (Πηγή : <a href="https://www.behance.net/gallery/1197443/Eindhoven-by-night">https://www.behance.net/gallery/1197443/Eindhoven-by-night</a> ).....	31
<b>Εικ 13 κ 14:</b> Η πρώην «απαγορευμένη βιομηχανική πόλη» (αριστερά) και τα νέα της αναπτυξιακά σχέδια (δεξιά) της Strijp-S. (Πηγή: <a href="http://www.sustainable-procurement.org/fileadmin/template/scripts/sp_resources/_tools/put_file.php?uid=a6ecca8e">http://www.sustainable-procurement.org/fileadmin/template/scripts/sp_resources/_tools/put_file.php?uid=a6ecca8e</a> ).....	37
<b>Εικ 15,16 κ 17 :</b> Δημόσιος φωτισμός σε διάφορα σημεία της περιοχής STRISP - S στο Eindhoven Ολλανδίας (Πηγή : <a href="http://lightingforpeople.eu/wp-content/uploads/2014/09/CityofEindhoven_Presentation-SSL-ERATE-Copenhagen.pdf">http://lightingforpeople.eu/wp-content/uploads/2014/09/CityofEindhoven_Presentation-SSL-ERATE-Copenhagen.pdf</a> ).....	38
<b>Εικ 18,19,20,21,22κ23 :</b> Τα παλιά φωτιστικά της περιοχής (Πηγή : Life, 2014) .....	41
<b>Εικ 24, 25, 26 κ 27:</b> Τα νέα φωτιστικά της περιοχής (Πηγή : Life, 2014) .....	42
<b>Εικ 28 κ 29:</b> Πάνω ο χριστουγεννιάτικος φωτισμός-διάκοσμος της πόλης πριν την εφαρμογή των LED κάτω μετά την εφαρμογή (Πηγή : Life, 2014) .....	43
<b>Εικ 30:</b> Πίνακας ελέγχου(Πηγή : Life, 2014) .....	44
<b>Εικ 31:</b> Σχέδιο θέσεων(Πηγή : Life, 2014) .....	44
<b>Εικ 32:</b> Το σχέδιο των δυο εγκαταστάσεων φωτισμού (Πηγή : Kostic et al.,2014).....	50
<b>Εικ 33:</b> Φωτιστικό που χρησιμοποιήθηκε για την πιλοτική εγκατάσταση (είτε με λάμπα μεταλλικών αλογονιδίων (MH) είτε με LED) - Χορηγία του Minel-Schreder, Βελιγράδι (Πηγή : Kostic et al.,2014).....	51
<b>Εικ 34:</b> Ο φωτισμένος χώρος έρευνας (Πηγή : Kostic et al.,2014).....	52

<b>Εικ 35 κ 36:</b> Πάνω η περιοχή 1 (Helinsborg) και κάτω η περιοχή 2 (Lulea). Με τρίγωνα και με κύκλους που έχουν εγγεγραμμένους σταυρούς απεικονίζονται οι εκ των υστέρων τοποθετήσεις με λυχνίες LED. Οι θέσεις με σημειωμένο Χ είναι τα σημεία όπου οι ερωτηθέντες συμπλήρωσαν τα ερωτηματολόγια (Πηγή : Kuhn et al., 2013).....	56
<b>Εικ 37:</b> Φωτιστικά εισόδων και εσωτερικών διαδρομών αυλής(Πηγή : Kuhn et al., 2013).....	57
<b>Εικ 38:</b> Η οδός Εθν. Αντιστάσεως στο Ρέθυμνο (Πηγή: Google earth, ίδια επεξεργασία) .....	73
<b>Εικ 39:</b> Η οδός Ερμού στο κέντρο της Μυτιλήνης Λέσβου (Πηγή: Google earth, ίδια επεξεργασία).....	73
<b>Εικ 40:</b> Η οδός Λήδρας στη Λευκωσία Κύπρος (Πηγή: Google earth, ίδια επεξεργασία).....	73
<b>Εικ 41:</b> Η Carrer d'Avinyo στη Βαρκελώνη Ισπανίας(Πηγή: Google earth, ίδια επεξεργασία).....	74
<b>Εικ 42:</b> Η Via Lomellini στη Γένοβα Ιταλίας(Πηγή: Google earth, ίδια επεξεργασία) .....	74
<b>Εικ 43:</b> Η οδός Σταμάτη Πρωίου στην Ερμούπολη Σύρου Κυκλάδων(Πηγή: Google earth, ίδια επεξεργασία).....	74
<b>Εικ. 44:</b> Σχηματική αναπαράσταση κριτηρίων φωτισμού σε πεζοδρόμους. (Πηγή: <a href="http://www.schreder.com/been/LearningCentre/HowToLight/Pages/HowtolightPedestrianAreas.aspx">http://www.schreder.com/been/LearningCentre/HowToLight/Pages/HowtolightPedestrianAreas.aspx</a> .....	80
<b>Εικ 45:</b> Χάρτης ευρύτερης περιοχής Παλιάς Πόλης Ρέθυμνου. Με πράσινο σημειώνεται η περιοχή μελέτης (Πλατεία Μικρασιατών και η Εθν. Αντιστάσεως) (Πηγή : <a href="http://www.rethymno.gr/Rethymno_Public/">http://www.rethymno.gr/Rethymno_Public/</a> , ίδια επεξεργασία).....	95
<b>Εικ 46:</b> Άνοψη Πλατείας Μικρασιατών Ρέθυμνου. Με κόκκινα βέλη σημειώνονται οι θέσεις των τοποσήμων της (Πηγή : Γραφείο Παλιάς Πόλης, ίδια επεξεργασία).....	106
<b>Εικ. 47 κ 48:</b> Τα φωτιστικά σώματα τύπου Disano 1555 Brera που βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα της Πλατείας Μικρασιατών Ρεθύμνου.....	107
<b>Εικ. 49 κ 50:</b> Φωτιστικά σώματα στην παιδική χαρά και στο χώρο έξω από τις δημοτικές τουαλέτες, όπου έχουν καταστραφεί από βανδαλισμούς.....	108
<b>Εικ 51:</b> Άνοψη Πλ. Μικρασιατών με τα αποτελέσματα της έντασης του φωτισμού όπως δημιουργήθηκαν μετά τις προσομοιώσεις με τα υφιστάμενα φωτιστικά σώματα στο Relux.....	110
<b>Εικ 52:</b> Άνοψη Πλ. Μικρασιατών με τα αποτελέσματα της έντασης του φωτισμού όπως δημιουργήθηκαν μετά τις προσομοιώσεις με τα νέα φωτιστικά σώματα πρότασης στο Relux.....	113
<b>Εικ 53:</b> Τύποι έντασης φωτισμού (Πηγή : Urban Image Lighting) .....	114

<b>Εικ 54 :</b> Κάτοψη πλατείας με ενσωματωμένη την απεικόνιση των επίπεδων Ιx σε ύψος 0.20μ από το έδαφος.....	116
<b>Εικ.55 :</b> Κάτοψη πλατείας με ενσωματωμένη την απεικόνιση των επίπεδων Ιx σε ύψος 0.40μ από το έδαφος.....	117
<b>Εικ. 56 :</b> Επίπεδα φωτισμού Ιx στο Semi – Cylindrical (Esc).....	118
<b>Εικ. 57, 58, 59 κ 60:</b> Τρισδιάστατες απεικονίσεις των αποτελεσμάτων προσομοίωσης της πλατείας Μικρασιατών. Αριστερά η υπάρχουσα κατάσταση και δεξιά η πρόταση. Στην πρόταση φαίνεται ότι ο φωτισμός είναι κατανεμημένος πιο ομοιόμορφα στο κεντρικό τμήμα της πλατείας και της τάξεως 7,5-10 Ιx. Διακρίνεται ο έντονος φωτισμός του γηπέδου μπάσκετ μέσα στο προαύλιο του σχολείου. Η παιδική χαρά έχει μια μικρή αυξημένη ένταση φωτισμού της τάξεως 20Ιx για λόγους ασφάλειας. Οι φοίνικες αναδεικνύονται πιο σωστά, καθώς και οι τρούλοι και ο μιναρές του Νερατζέ τζαμί (ωδείο). Γενικά το παιχνίδι φωτός και σκιάς τονίζει την θεατρικότητα της πλατείας.....	120
<b>Εικ. 61, 62, 63 κ 64:</b> Τρισδιάστατες απεικονίσεις των αποτελεσμάτων προσομοίωσης της πλατείας Μικρασιατών. Αριστερά η υπάρχουσα κατάσταση και δεξιά η πρόταση. Στην πρόταση φαίνεται ότι ο φωτισμός είναι κατανεμημένος πιο ομοιόμορφα στο κεντρικό τμήμα της πλατείας και της τάξεως 7,5-10 Ιx. Ο τοίχος δυτικά που περικλείει την πλατεία φωτίζεται περιμετρικά με ενδοδαπέδια φωτιστικά για την ανάδειξη του.....	121
<b>Εικ. 65, 66, 67 κ 68:</b> Τρισδιάστατες απεικονίσεις των αποτελεσμάτων προσομοίωσης της πλατείας Μικρασιατών. Αριστερά η υπάρχουσα κατάσταση και δεξιά η πρόταση.....	122
<b>Εικ. 69, 70, 71 κ 72:</b> Τρισδιάστατες απεικονίσεις των αποτελεσμάτων προσομοίωσης της πλατείας Μικρασιατών. Αριστερά η υπάρχουσα κατάσταση και δεξιά η πρόταση. Το σιντριβάνι φωτίζεται διακριτικά αλλά ταυτόχρονα καταφέρνει και αναδεικνύεται.....	123
<b>Εικ. 73, 74, 75 κ 76:</b> Τρισδιάστατες απεικονίσεις των αποτελεσμάτων προσομοίωσης της πλατείας Μικρασιατών. Αριστερά η υπάρχουσα κατάσταση και δεξιά η πρόταση. Ο μιναρές και οι τρούλοι φωτίζονται προβάλλοντας το τοπόσημο της πλατείας και γενικά της παλιάς πόλης του Ρεθύμνου.....	124
<b>Εικ. 77:</b> Ο ευρύτερος χώρος της πλατείας Μικρασιατών με τους προβολείς του σχολείου κλειστούς. Ο κεντρικός χώρος με το απαλό διάχυτο φωτισμό (curtain wall) δεν κλέβει την προσοχή από τα φωτισμένα μνημεία - τοπόσημα της πλατείας.....	131
<b>Εικ. 78:</b> Το Τούρκικο σχολείο με φωτισμένα τα τοξωτά του επαναλαμβανόμενα παράθυρα δημιουργεί μια αντίθεση και σκηνογραφική σύνθεση με το σκοτεινό του περίγυρο μετά τις 12 το βράδυ που οι προβολείς του σχολείου θα κλείνουν.....	132
<b>Εικ 79:</b> Η είσοδος από την Εθνική Αντίσταση προς τη πλατεία. Τα χωνευτά ενδοδαπέδια φωτιστικά "οδηγούν" τον επισκέπτη προς τη πλατεία και ταυτόχρονα αναδεικνύουν το ναό του Αγ.	

Φραγκίσκου. Η καμάρα φωτίζεται και αυτή με ενδοδαπέδια φωτιστικά ως σηματοδότηση της εισόδου.....	133
<b>Εικ. 80:</b> Πινακίδα δακτύλιου ιστορικού κέντρου Ρεθύμνου (Πηγή : <a href="http://www.flashnews.gr/page.ashx?pid=3&amp;aid=118855&amp;cid=305">http://www.flashnews.gr/page.ashx?pid=3&amp;aid=118855&amp;cid=305</a> ).....	135
<b>Εικ. 81 :</b> Φύλο ερωτηθέντων.....	144
<b>Εικ 82. :</b> Ηλικία ερωτηθέντων.....	145
<b>Εικ.83 :</b> Ασχολία ερωτηθέντων.....	145
<b>Εικ.84 :</b> Περιοχή κατοικίας.....	146
<b>Εικ. 85 :</b> Συχνότητα χρήσης της οδού Εθν. Αντιστάσεως.....	147
<b>Εικ.86 :</b> Αίσθημα άνεσης γενικά.....	148
<b>Εικ.87:</b> Αίσθημα άνεσης αφού σκοτεινιάσει.....	148
<b>Εικ.88 :</b> Ένταση φωτισμού.....	150
<b>Εικ.89 :</b> Ομοιομορφία φωτισμού.....	150
<b>Εικ.90 :</b> Χρώμα φωτισμού.....	151
<b>Εικ.91 :</b> Αξιολόγηση φωτισμού για τη μετακίνηση.....	152
<b>Εικ.92 :</b> Αξιολόγηση φωτισμού για το αίσθημα ασφάλειας .....	152
<b>Εικ.93 :</b> Φωτισμός και αναγνώριση προσώπων.....	153
<b>Εικ.94 :</b> Απόσταση και αναγνώριση προσώπων.....	154
<b>Εικ.95 :</b> Φωτισμός και αίσθημα άνεσης κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου.....	156
<b>Εικ.96 :</b> Προτεραιότητες παροχών κατάλληλου φωτισμού.....	156
<b>Εικ.97 :</b> Σημεία δειγματοληψίας.....	162
<b>Εικ 98 κ 99:</b> Η Κατανομή της υφιστάμενης έντασης του φωτισμού της οδού Εθν. Αντιστάσεως (αριστερά) και η αντίστοιχη λαμπρότητα.(δεξιά).....	164
<b>Εικ 100:</b> Η κατά προσέγγιση απεικόνιση της υφιστάμενης κατάστασης έντασης φωτισμού μέσω του λογισμικού Relux.....	171
<b>Εικ 101:</b> Η κατάσταση έντασης φωτισμού όπως θα ήταν αν τα φωτιστικά σώματα διάθεταν καινούργιους λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων πριν αρχίσει η μείωση της απόδοσης τους λόγω του χρόνου.....	171

**Εικ.102 :** Αποτελέσματα προσομοίωσης οριζόντιου φωτισμού επί του οδοστρώματος της οδού Εθν, Αντιστάσεως για το φωτιστικό G. Αριστερά για ύψος φωτιστικού 4μ και απόσταση μεταξύ φωτιστικών 10μ και δεξιά για ύψος 5μ και απόσταση 15m.....180

## Κατάλογος Πινάκων

**Πίνακας 1:** Βασικά κριτήρια φωτισμού πεζοδρόμων.....77

**Πίνακας 2:** Οι επτά κατηγορίες φωτισμού δρόμων ανάλογα τον όγκο κυκλοφορίας οχημάτων και πεζών.....79

**Πίνακας 3** Ο Συνιστώμενος μέσος οριζόντιος φωτισμός ( $E_h$ , av) και ελάχιστος οριζόντιος φωτισμός ( $E_h$ , min) με βάση τις CIE και CEN δημοσιεύσεις

\*Mixed: μικτή χρήση από οχήματα και πεζούς \*\*Ped.: αποκλειστικά πεζοί.....85

**Πίνακας 4.** Οι συνιστώμενες μέσες τιμές οριζόντιου φωτισμού σύμφωνα με τη μελέτη του Wei Luo, 2014.....87-88

**Πίνακας 5.** Ο συνιστώμενος ελάχιστος ημισφαιρικός φωτισμός ( $E_{hs}$ , min) και η συνολική ομοιομορφία του ( $U_o$ ), με βάση την δημοσίευση EN13201-1: 2003.....89

**Πίνακας 6.** Ο συνιστώμενος μέσος κατακόρυφος φωτισμός ( $E_v$ , av) με βάση τις δημοσιεύσεις CEN και CIE.....90

**Πίνακας 7.** Τέσσερα επίπεδα φωτισμού για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του προσώπου και τις συνθήκες ορατότητας (κατά Fischer).....91

**Πίνακας 8.** Ο συνιστώμενος ελάχιστος ημι-κυλινδρικός φωτισμός ( $E_{sc}$ , min) για τον φωτισμό πεζοδρόμων με βάση τις δημοσιεύσεις CIE και CEN

\*Mixed: μικτή χρήση από οχήματα και πεζούς \*\*Ped.: αποκλειστικά πεζοί.....93

**Πίν. 9 :** Οι τρεις επιφάνειες μέτρησης έντασης φωτισμού για τη μελέτη φωτισμού της Πλ. Μικρασιατών.....115

**Πίνακας 10 :** Φωτομετρικά μεγέθη υφιστάμενης κατάστασης Πλατείας Μικρασιατών και πρότασης μελέτης.....125

**Πίνακας 11 :** Οικονομική σύγκριση υφισταμένης κατάστασης και προτεινομένης βελτίωσης.....126

**Πίνακας 12 :** Οφέλη από την πρόταση.....126

**Πίνακας 13 :** Σενάρια κυκλοφορίας για τις Κλάσεις Φωτισμού **S** (της EN 13201).....138

**Πίνακας 14 :** Κατηγορίες φωτισμού **S** για το σύνολο καταστάσεων **E1** και **E2**.....139

**Πίνακας 15 :** Ειδικές παράμετροι για τα επίπεδα φωτισμού E1 και E2.....139

**Πίνακας 16 :** Συνθήκες κίνησης οχημάτων και πεζών στην οδό Εθν. Αντιστάσεως.....141

**Πίνακας 17 :** Γενικότερες περιβαλλοντικές συνθήκες στην οδό Εθν. Αντιστάσεως.....141

**Πίνακας 18** Φωτοτεχνικές απαιτήσεις του δρόμου Εθν.Αντιστάσεως - Κριτήρια Φωτισμού.....142

**Πίνακας 19. :** Σχέση αισθήματος ασφάλειας με την αναγνώριση προσώπων και την ευκολία μετακίνησης.....160

**Πίνακας 20 :** Μετρήσεις έντασης και λαμπρότητας κάτω από τα φωτιστικά σώματα της οδού Εθν. Αντίστασης.....168-169

**Πίνακας 21** Αποτελέσματα προσομοιώσεων.....175

## **Ακρωνύμια και συντομογραφίες**

**CIE** : International Commission on Illumination, Commission Internationale de l'Eclairage, Διεθνής Επιτροπή Φωτισμού.

**CEN** : European Committee for Standardization, Ευρωπαϊκό Πρότυπο

**Life** : Χρηματοδοτικό μέσο της ΕΕ για τη στήριξη σχεδίων δράσης περιβάλλοντος για τη διατήρηση της φύσης και το κλίμα σε ολόκληρη την ΕΕ.

**Urban Light Plan** : Σχέδιο διαχείρισης τεχνητού υπαίθριου φωτός σε αστική περιοχή.

**SSL** : Solid State Lighting.

**Zhaga** : Διεθνής οργανισμός για τη θέσπιση προτύπων της βιομηχανίας εναλλάξιμων πηγών φωτός LED.

**HPL** : High Performance Lamp : Λαμπτήρες υψηλής αποδόσεως.

**HPS** : High Pressure Sodium : Λαμπτήρες υψηλής πίεσεως Νατρίου.

**MHL** : Metal Halide Lighting : Λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων.

**CFL** : Compact Fluorescent Lamps : Συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού.

## 1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η έντονη αστικοποίηση έχει σαν αποτέλεσμα τη μεγιστοποίηση της έντασης του δημοσίου φωτισμού. Δορυφορικές εικόνες δείχνουν ότι η ποσότητα του εξωτερικού φωτισμού στην Ευρώπη αυξάνεται, με τις πόλεις να παρουσιάζουν την μεγαλύτερη ένταση μιας και το 72% του πληθυσμού στην Ευρώπη ζει σε αστικές περιοχές με σημαντική χρονικά επέκταση των δραστηριοτήτων του μετά τη δύση του ηλίου. (E.C Europe, 2014). Ο εξωτερικός φωτισμός παρέχει ευκαιρίες για κοινωνική χρήση των δημοσίων χώρων τη νύχτα και μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και της πρόληψης της εγκληματικότητας. Εντούτοις, πειραματικές έρευνες έχουν δείξει ότι το τεχνητό φως μπορεί να επηρεάσει τον βιορυθμό των ανθρώπων και να έχει σωματικές και ψυχολογικές επιπτώσεις, όπως το jet lag, καθώς και επιπτώσεις στην εγκεφαλική δραστηριότητα. Για παράδειγμα, οι άνθρωποι που ζουν κοντά σε θερμοκήπια ή αθλητικά γήπεδα που φωτίζονται όλη τη νύχτα αισθάνονται ενοχλημένοι από τον φωτισμό. (The European Environment Agency, 2010). Ο εξωτερικός φωτισμός, επίσης, καταναλώνει σημαντικές ποσότητες ενέργειας. Αυτό δεν είναι μόνο ένα οικονομικό κόστος για τις τοπικές αρχές, αφού αντιπροσωπεύει το 60% της δαπάνης ηλεκτρισμού στις πόλεις, αλλά συμβάλλει επίσης σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, επειδή παράγει 110g CO<sub>2</sub> για κάθε kWh που καταναλώνεται. Η ADEME (Γαλλική υπηρεσία για το περιβάλλον και τη διαχείριση ενέργειας) εκτιμά ότι το 30% έως 50% του φωτός από το δημόσιο φωτισμό στη Γαλλία δαπανάται άσκοπα και στο ποσό αυτό της καταναλισκόμενης ενέργειας οφείλεται το 4% των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου στη Γαλλία και σχεδόν το 50% του ενεργειακού κόστους των δήμων (Life 10 ENV/ FR/ 000207 - Urban Light

Plan). Στις ελληνικές πόλεις, ο φωτισμός έχει διαπιστωθεί ότι, κατά κανόνα, είναι πολλαπλάσιος από τον καθορισμένο στο σχετικό πρότυπο ΕΛΟΤ/EN 13201-4 (θέματα οδικού φωτισμού) και συχνά η μη ομοιόμορφη κατανομή του δημιουργεί την ανάγκη για αύξηση του οδηγώντας σε φαύλο κύκλο νέας σπατάλης, σύμφωνα με μετρήσεις της Ελληνικής Επιτροπής Φωτισμού (ΕΦΕ), (Παϊσίδης, 2013).

Υπάρχουν περισσότερα από 90 εκατομμύρια παραδοσιακοί δρόμοι στην Ευρώπη, με πάνω από το 75% των εγκαταστάσεων φωτισμού τους να είναι άνω των 25 ετών, με αποτέλεσμα τα τελευταία χρόνια οι δήμοι της Ευρωπαϊκής Ένωσης να στρέφονται όλο και περισσότερο προς τη βελτίωση της αποδοτικότητας και τη μείωση του κόστους για την παροχή υπηρεσιών προς τους πολίτες, θέτοντας ένα φιλόδοξο στόχο: από το 2020 η ενέργεια που χρησιμοποιείται για γενικό φωτισμό να μειωθεί κατά τουλάχιστον 20%. (E.C, 2013)

Οι τρόποι για να επιτευχθεί μεγάλο ποσοστό εξοικονόμησης ενέργειας στον υπαίθριο φωτισμό, τόσο στον αστικό ιστό όσο και στις αρτηρίες μεγάλης κυκλοφορίας, με το ανάλογο ποιοτικό αποτέλεσμα, είναι οι κατάλληλες φωτοτεχνικές μελέτες, που θα δίνουν έμφαση στην ορθή χωροθέτηση των φωτιστικών σωμάτων και την κάλυψη των πραγματικών αναγκών φωτισμού καθώς και στην εφαρμογή της καλύτερης εξελισσόμενης τεχνολογίας.

Από την άλλη η εξοικονόμηση ενέργειας δεν θα πρέπει να είναι ο μοναδικός στόχος μίας πρότασης φωτισμού. Επιλογές που προάγουν τον κατάλληλο και κομψό σχεδιασμό που αρμόζει στην "αισθητική" του έργου θα πρέπει πάντοτε να υπερισχύουν. Άλλωστε, ο χρήστης του χώρου είναι υπεύθυνος για το 40% της εξοικονόμησης ενέργειας από μία εγκατάσταση. Είναι λογικό ένας δυσαρεστημένος χρήστης να μην την προάγει σε ένα περιβάλλον με μειωμένα επίπεδα διαβίωσης, τόσο αισθητικά όσο και περιβαλλοντικά. (Φατσέας, 2014).



Η ενεργειακή αναβάθμιση συνδυάζει ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά. Τα ποσοτικά χαρακτηριστικά είναι η εξοικονόμηση ενέργειας, η μείωση του CO<sub>2</sub> και το οικονομικό όφελος ενώ ποιοτικά χαρακτηριστικά, θεωρείται το επιθυμητό αισθητικό αποτέλεσμα του νυχτερινού τοπίου, με την αρμονική ενσωμάτωση του φωτισμού στην αρχιτεκτονική του έργου, στην ανάδειξη του ιδιαίτερου χαρακτήρα του χώρου και τη δημιουργία της κατάλληλης ατμόσφαιρας για τους χρήστες του χώρου με σκοπό τη μέγιστη ικανοποίηση των αναγκών τους, όπως ξεκούραση, αναψυχή, κοινωνικές δραστηριότητες, προσανατολισμός και αποφυγή εμποδίων, αίσθημα άνεσης και ασφάλειας.

Οι ανάγκες αστικού νυχτερινού φωτισμού αλλάζουν. Δεν πρόκειται πλέον απλώς για την παροχή επαρκούς φωτισμού στις πόλεις, προκειμένου να διασφαλίζεται η ορατότητα και η ασφάλεια. Σήμερα, ο φωτισμός χρησιμοποιείται ολοένα περισσότερο για τη δημιουργία ενός νυχτερινού περιβάλλοντος μέσω του οποίου η πόλη αποκτά νέα ταυτότητα, γίνεται πιο ελκυστική και επαναπροσδιορίζεται η σχέση της με τους κατοίκους.

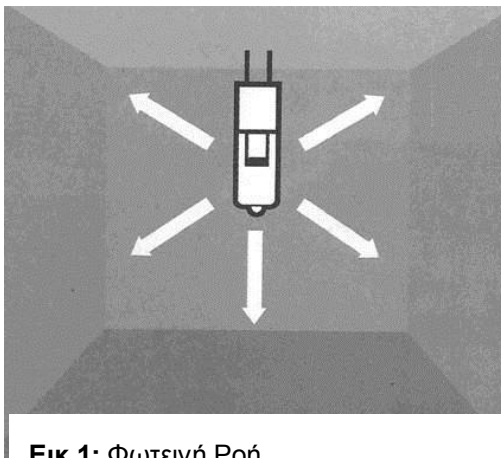
Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, η παρούσα έρευνα φιλοδοξεί να εφαρμόσει το τρίπτυχο εξοικονόμηση ενέργειας, αισθητική-ποιοτική αναβάθμιση και επίτευξη ιδανικών τιμών έντασης φωτισμού για την ικανοποίηση των αισθημάτων ασφάλειας και άνεσης των πολιτών σε μια πλατεία και ένα δρόμο μιας ιστορικής μεσογειακής πόλης. Στην εν λόγω περίπτωση αναφερόμαστε στην πλατεία Μικρασιατών και την οδό Εθνικής Αντιστάσεως στο Ρέθυμνο. Επίσης, φιλοδοξεί να εντοπίσει τα χαρακτηριστικά, τις προτεραιότητες, τις ιδιαιτερότητες, τις αδυναμίες και τα προβλήματα αναφορικά με τον υπαίθριο δημόσιο φωτισμό στη πλατεία και την οδό. Ειδικά, για την οδό εστιάζεται στην εξής υπόθεση - προβληματισμό : *Κατά πόσο βασικές παράμετροι χωροθέτησης και*

**χαρακτηριστικών των φωτιστικών σωμάτων**, ανταποκρίνονται σε ποιοτικά και ποσοτικά **κριτήρια φωτισμού** φωτομετρικής φύσεως για πεζοδρομήσεις όπως αυτά ορίζονται από ευρωπαϊκές οδηγίες και οδηγούς καλής εφαρμογής με σκοπό την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος ενεργειακής αναβάθμισης. Πιο συγκεκριμένα, θα ασχοληθούμε με ένα παραδοσιακό δρόμο ιστορικού κέντρου πόλεως της Κρήτης, που έχει τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (πλάτος, μορφή, υλικά, κτλ) ενός δρόμου μιας μεσογειακής πόλης.

## 2.Βασικές έννοιες, μεγέθη και τεχνικές που σχετίζονται με τον τεχνητό φωτισμό.

Προκειμένου να γίνει κατανοητή η εργασία χρειάζεται να αναφερθούν εν συντομία οι βασικές μονάδες της φωτομετρίας που περιγράφουν τα χαρακτηριστικά του φωτός, φυσικού ή τεχνητού, όπως αυτά γίνονται αντιληπτά από το ανθρώπινο οπτικό δέκτη, το μάτι.

### • Φωτεινή Ισχύς ή Φωτεινή Ροή ( $\Phi$ ) (Luminous flux) [Lm]



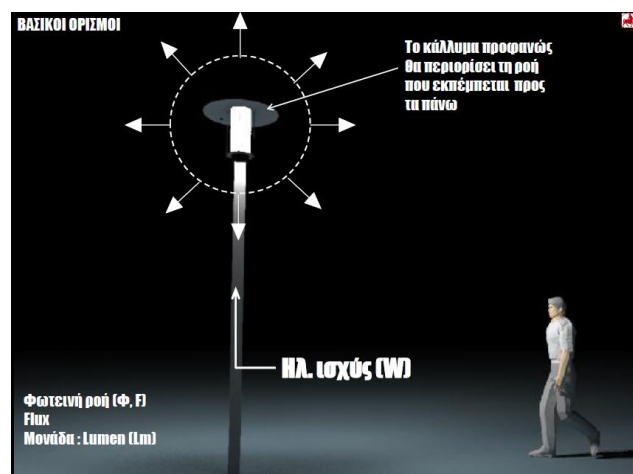
Εικ 1: Φωτεινή Ροή

Εκφράζει τη συνολική ποσότητα φωτός που εκπέμπεται ανά δευτερόλεπτο από μία πηγή φωτός. Οι λαμπτήρες χρησιμεύουν για την μετατροπή της ηλεκτρικής ισχύος σε φωτεινή. Η μονάδα μέτρησης της είναι το Lumen (lm).

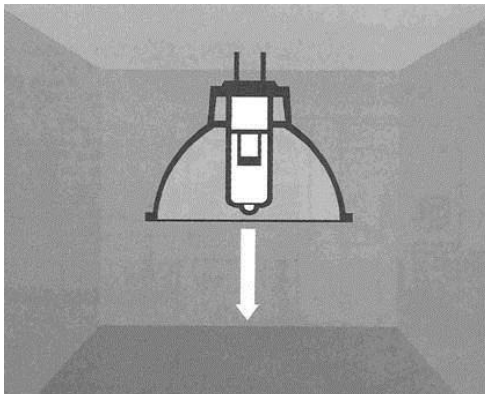
Γενικά η φωτεινή ροή δεν ακτινοβολείται ομοιόμορφα προς όλες τις διευθύνσεις, αλλά με μικρότερη ή μεγαλύτερη πυκνότητα. Μόνο οι σημειακές πηγές ακτινοβολούν ομοιόμορφα προς όλες τις διευθύνσεις.

Εικ 2: Φωτεινή Ροή

(Πηγή : Τσαγκρασούλης, 2004)



• Φωτεινή Ένταση  $I$  (Luminous intensity) [Cd]

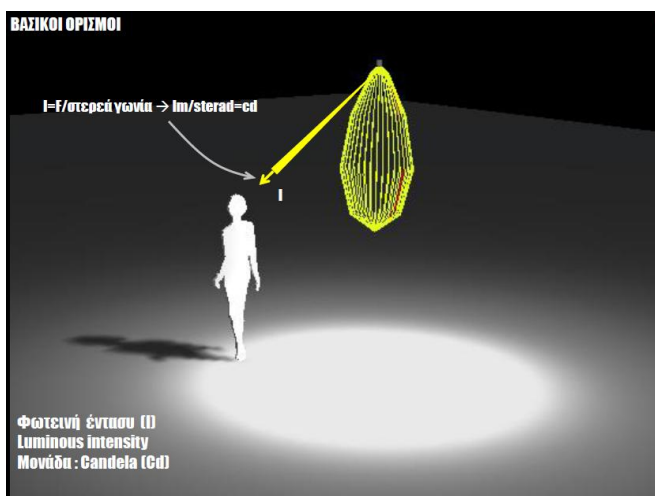


Εικ 3: Φωτεινή ένταση

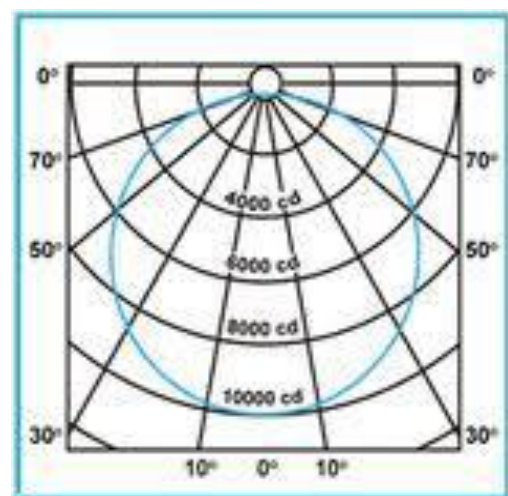
Λόγω μη ομοιόμορφης εκπομπής φωτός ορίστηκε ένα νέο μέγεθος που θα καθορίζει προς κάθε συγκεκριμένη κατεύθυνση του στερεού χώρου, το ποσό της Φωτεινής Ροής  $\Phi$  που εκπέμπει η φωτεινή πηγή. Η φωτεινή ένταση  $I$  προς μία κατεύθυνση παρατηρήσεως είναι ο λόγος της

εξερχόμενης φωτεινής ροής  $\Phi$  από κάποια φωτεινή πηγή (ή στοιχείο της φωτεινής πηγής) διαμέσου ενός κοίλου κώνου απείρων μικρού ανοίγματος, προς την τιμή της στερεάς γωνίας δια της οποίας διέρχεται η ροή αυτή, δηλ  $\text{lm/srd}$ . Η μονάδα της είναι η cd (candela) =  $1 \text{ lm /sterad}$ .

Αν η πηγή φωτός δεν παρουσιάζει την ίδια διανομή της φωτεινής εντάσεως προς όλες τις κατευθύνσεις (δεν είναι συμμετρική), τότε δίνεται η διανομή σε περισσότερα από ένα επίπεδα που περνούν από ένα ή περισσότερους άξονες συμμετρίας του φωτιστικού σώματος. Αυτό το δείχνει η φωτομετρική καμπύλη των φωτιστικών.

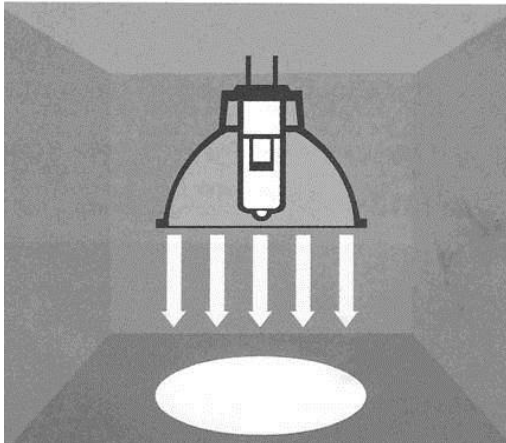


Εικ 4: Φωτεινή ένταση (Πηγή : Τσαγκρασούλης, 2004)



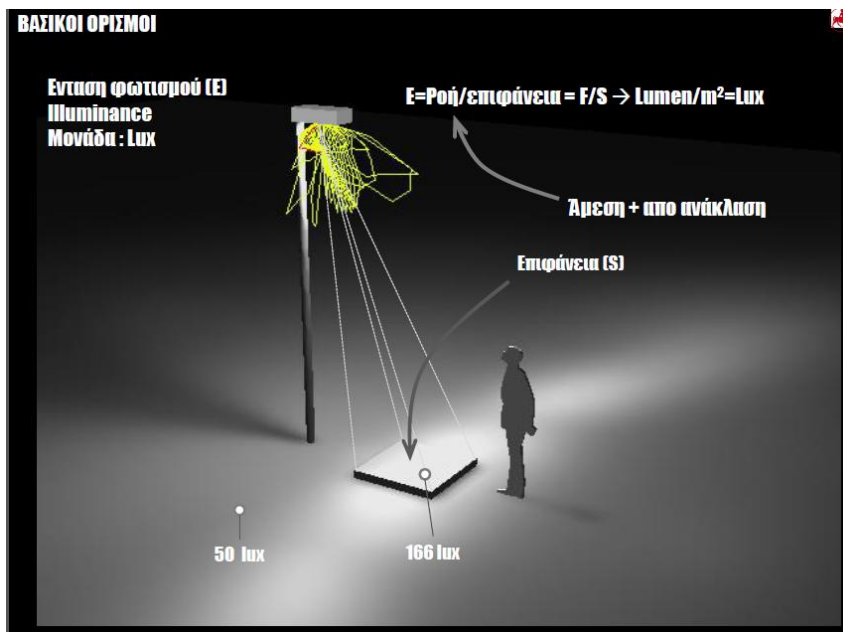
Εικ. 5 : Φωτομετρική καμπύλη φωτιστικού

• Ένταση Φωτισμού Επιφάνειας  $E$  (Illuminance) [Lux]



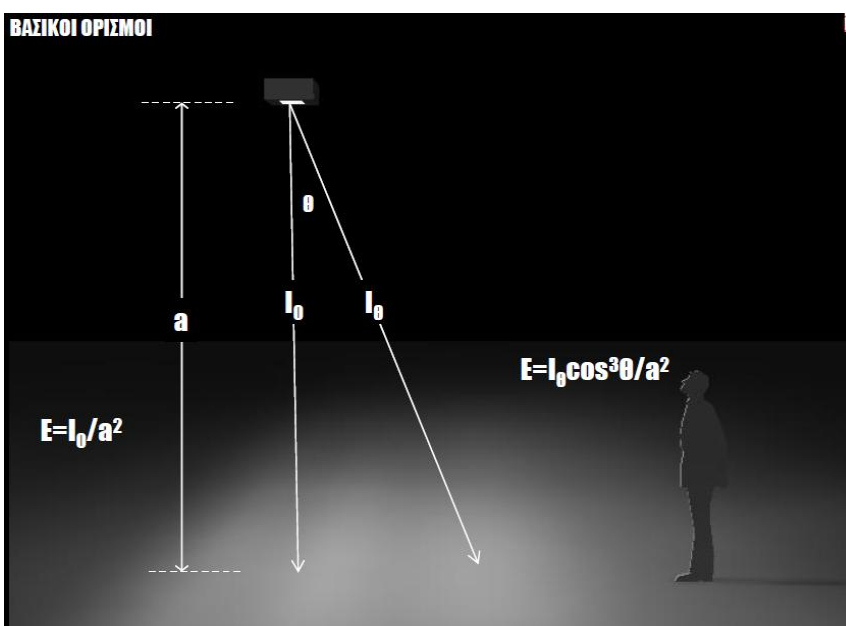
Η ένταση φωτισμού μιας ετερόφωτης επιφάνειας είναι η φωτεινή ροή που πέφτει στη μονάδα επιφάνειας, δηλ.  $\text{Lm}/\text{m}^2$ . Είναι ο λόγος της φωτεινής ροής την οποία δέχεται κάποια επιφάνεια προς το εμβαδόν της επιφάνειας αυτής. Η μονάδα μέτρησης είναι

Εικ 6: Ένταση φωτισμού.

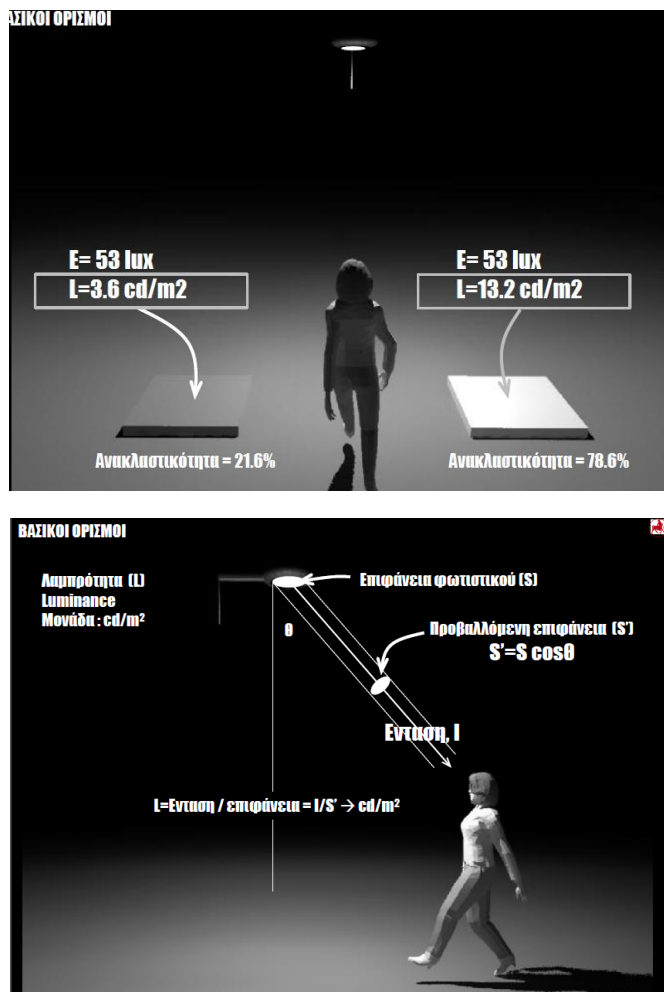


το  $\text{lx} = \text{lm}/\text{m}^2$ . Η μέτρηση της έντασης φωτισμού  $E$  μιας επιφάνειας γίνεται με το φωτόμετρο (λουξόμετρο).

Εικ 7 κ 8: Ένταση φωτισμού. (Πηγή : Τσαγκρασούλης, 2004)



• Λαμπρότητα (Luminance) [Cd/m<sup>2</sup>]



Εικ 9 κ 10: Λαμπρότητα (Πηγή : Τσαγκρασούλης, 2004)

Ως λαμπρότητα ορίζεται η ποσότητα φωτισμού που γίνεται αντιληπτή από το μάτι ενός παρατηρητή, ύστερα από την ανάκλαση σε συγκεκριμένη επιφάνεια. Η λαμπρότητα αποτελεί βασικό μέγεθος της φωτοτεχνίας καθώς προκαλεί στο ανθρώπινο μάτι το αίσθημα της φωτεινότητας των διαφόρων αντικειμένων. Τα διάφορα αντικείμενα διακρίνονται από την λαμπρότητα με την οποία ακτινοβολούν το φως προς την κατεύθυνση του παρατηρητή. Με

άλλα λόγια, αυτό που αντιλαμβανόμαστε σε κάποιο χώρο είναι η κατανομή της λαμπρότητας και όχι η κατανομή φωτισμού. Ο φωτισμός είναι φωτεινή ενέργεια που προσπίπτει σε επιφάνεια ενώ για να μετατραπεί σε λαμπρότητα πρέπει να ανακλαστεί στην επιφάνεια. Συνεπώς στην παραπάνω μετατροπή υπεισέρχεται και η ανακλαστικότητα της επιφάνειας. Για ματ επιφάνειες, ο τύπος που συνδέει την ένταση φωτισμού επιφάνειας με τη λαμπρότητα είναι:  $L = E\rho/\pi$  (όπου  $\rho$  ο συντελεστής ανάκλασης (0-1) του υλικού της επιφάνειας και  $\pi=3,14$ ). Υψηλές τιμές

λαμπρότητας προκαλούν θάμβωση (glare), η οποία επηρεάζει την ικανότητα της όρασης.

• Απόδοση ηλεκτρικής Φωτεινής Πηγής (Luminous efficiency) [Lm/W]

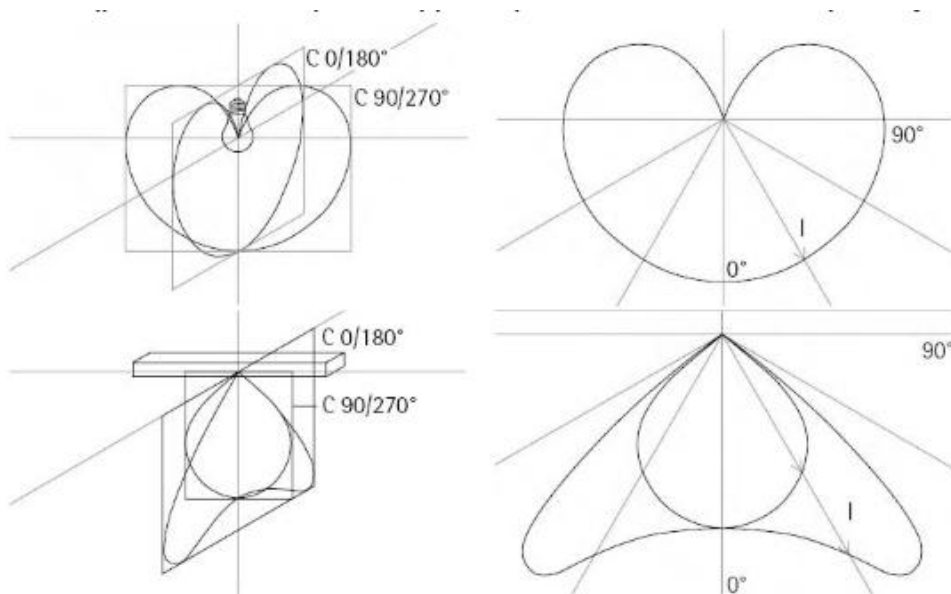
Η απόδοση μιας φωτεινής πηγής εκφράζει το ποσό της αποδιδόμενης φωτεινής ροής για κάθε W καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ισχύος. Αύξηση των lm ανά καταναλισκόμενο W σημαίνει υψηλότερη απόδοση και χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας. Δεδομένου της συνεχούς αύξησης του κόστους της ενέργειας, η αύξηση της αναλογίας αυτής γίνεται όλο και πιο σημαντική. (Τσαγκρασούλης, 2004)

• Κατανομή φωτεινής έντασης luminous intensity distribution lid - Διάγραμμα πολικής κατανομής της έντασης.

Η κατανομή φωτεινής έντασης παρουσιάζει την τρισδιάστατη κατανομή της φωτεινής ροής ενός φωτιστικού και είναι γνωστή ως φωτομετρική καμπύλη ή πολικό διάγραμμα. Η γραφική απεικόνιση της φωτεινής έντασης I με το διάνυσμα της προς κάθε κατεύθυνση του χώρου διαμορφώνει μια φωτομετρική επιφάνεια η οποία περιγράφει την κατανομή της φωτεινής έντασης στο χώρο. Η τομή αυτής της επιφάνειας με ένα επίπεδο που διέρχεται από τον άξονα συμμετρίας της πηγής θα μας δώσει την φωτομετρική καμπύλη. Η καμπύλη αυτή καλείται διάγραμμα πολικής κατανομής της έντασης επειδή δίνεται σε πολικές συντεταγμένες.

Όλες οι καμπύλες αναφέρονται σε φωτεινή ροή 1000 lm, ανεξάρτητα από την ένταση που βγάζει η φωτεινή πηγή και αναφέρονται και στους δύο κατακόρυφους άξονες  $\chi$  και  $\psi$ , εκτός κι αν αναφέρεται αλλιώς. Όσο πιο φαρδιά είναι η καμπύλη, τόσο μεγαλώνει η δέσμη, άρα και η θάμβωση, επειδή βλέπω τη

λάμπα. Στενή καμπύλη σημαίνει στενή δέσμη (π.χ. spot), δηλαδή καλό φωτισμό στο επίπεδο εργασίας αλλά σκοτεινό περιβάλλον, αν δεν έχω άλλη πηγή φωτισμού. Αν η καμπύλη είναι κύκλος τότε έχω διάχυση. Ασύμμετρη καμπύλη σημαίνει ότι φωτίζονται κατακόρυφες επιφάνειες αναδεικνύοντας την 3διάστατη υφή τους. Αν έχω δύο καμπύλες τότε σημαίνει ότι έχω άμεσο – έμμεσο φωτιστικό. Αν οι δύο καμπύλες διαφέρουν σημαντικά, τότε έχω περσίδες. (Ακριβού, 2010)



**Εικ. 11i :**  
φωτομετρική καμπύλη πηγής φωτισμού που έχει συμμετρία ως προς τον κατακόρυφο άξονα.  
πηγή: Ergo

**Εικ. 11ii :**  
φωτομετρική καμπύλη πηγής φωτισμού που έχει διαφορετική συμμετρία σε κάθε άξονα - πηγή: Ergo

Εκτός από τα φωτομετρικά μεγέθη όπως αναλύθηκαν παραπάνω υπάρχουν και τα χρωματομετρικά μεγέθη που η βιομηχανία τα συσχετίζει με τον φωτισμό και τα χρησιμοποιεί για να ορίσει δυο απλά μεγέθη που χαρακτηρίζουν πηγές φωτός : την συσχετισμένη θερμοκρασία χρώματος (CCT) και τον γενικό δείκτη απόδοσης χρώματος (CRI). Στα φωτομετρικά μεγέθη δεν ενδιαφέρει ο συνδυασμός των μηκών κύματος που εισέρχεται στον οφθαλμό. Είναι πιθανόν δυο φωτεινά πεδία να έχουν την ίδια φωτεινότητα αλλά να αποτελούνται από εντελώς διαφορετικούς συνδυασμούς μήκων κύματος. Σ' αυτή την περίπτωση τα δυο πεδία θα έχουν διαφορετικό χρώμα. (Δρακόπουλος, 2012)



### 3. Διεθνής Εμπειρία.

Η διερεύνηση πηγών από τη διεθνή εμπειρία σχετικά με την ενεργειακή αναβάθμιση του δημόσιου νυχτερινού φωτισμού οδήγησε στο συμπέρασμα ότι όλο και περισσότερες ευρωπαϊκές πόλεις αναπτύσσουν συστήματα φωτισμού με SSL και ότι έχουν τη δυνατότητα να κάνουν σημαντικό προβάδισμα στην αγορά για καινοτόμες λύσεις φωτισμού LED, όπως αυτές προσδιορίζονται στην Πράσινη Βίβλο της Επιτροπής «Φωτισμός του Μέλλοντος» που δημοσιεύθηκε τον Δεκέμβριο του 2011.

Μετά από μελέτη και αξιολόγηση 106 πιλοτικών έργων (τριτογενή ή δημόσιου τομέα) σε 17 Ευρωπαϊκές χώρες διαπιστώθηκε ότι η αντικατάσταση συμβατικών λαμπτήρων (λαμπτήρες υψηλής πίεσης νατρίου, ατμών υδραργύρου, λαμπτήρες πυρακτώσεως και φθορισμού) από νέας τεχνολογίας λαμπτήρες LED στον φωτισμό οδών, εμπορικών, δημοτικών και ιστορικών κτιρίων είχε τα εξής αποτελέσματα:

- Εξοικονόμηση ενέργειας 59% κατά μέσο όρο (από 10% μέχρι πάνω από 90%)
- Μεγαλύτερη εξοικονόμηση σε έργα εσωτερικού φωτισμού
- Ο συνδυασμός εγκατάστασης φωτιστικών τεχνολογίας LED με ευφυή συστήματα διαχείρισης φωτισμού (π.χ. αισθητήρες κίνησης, βελτιστοποίηση φωτιστικού, προγραμματισμός σε σχέση με φυσικό φωτισμό) μπορεί να εξοικονομήσει έως και το 70% της ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιείται για τον φωτισμό.
- Σημαντική ανταγωνιστικότητα παρά το υψηλό αρχικό κόστος (απόσβεση σε 2 έως 10 έτη) (Θεοφιλίδη, 2013).

Οι λαμπτήρες LED είναι πρακτικά ημιαγώγιμες διόδους, που εκπέμπουν φως όταν ηλεκτρικό ρεύμα εφαρμοστεί με εμπρόσθια ορθή πόλωση προς τη συσκευή.

Η φωτεινή δραστηριότητα τους είναι περίπου όση και αυτή των λαμπτήρων αλογόνου μόνο που η διάρκεια ζωής τους είναι 100.000 ώρες δηλ 6 φορές μεγαλύτερη από τους οικονομικούς λαμπτήρες και η φωτεινή τους ροή ρυθμίζεται πάρα πολύ εύκολα. (Τσαγκρασούλης, 2004). Ως προς την ενεργειακή τους απόδοση είναι ίδιο ή είναι περισσότερο ενεργειακά αποδοτικοί από τα αντίστοιχα συμβατικά προϊόντα (100-200 lm/W \* δύο ή τρεις φορές πιο αποδοτικά). Επίσης δεν περιέχουν υδράργυρο, δεν εκπέμπουν υπεριώδη και υπέρυθη ακτινοβολία, είναι εύκολα ελέγξιμοι σε ένταση και χρώμα, επιτρέποντας τη ρύθμιση του φωτισμού ανάλογα με απαιτήσεις ή προσωπικές επιθυμίες των χρηστών και προσφέρουν δυνατότητες διαφορετικού σχεδιασμού.

Τα συστήματα SSL (Solid State Lighting) δηλαδή όλοι οι τύποι φωτισμού που χρησιμοποιούν ημιαγωγούς διόδους εκπομπής φωτός (LED), οργανικές διόδους εκπομπής φωτός (OLED) ή πολυμερείς διόδους εκπομπής φωτός (PLED) ως πηγές φωτισμού, είναι οι πιο καινοτόμες τεχνολογίες φωτισμού στην αγορά.

Παρακάτω παρατίθενται δυο παραδείγματα από Ευρωπαϊκές πόλεις που υλοποιούν προγράμματα αντικατάστασης συμβατών πηγών φωτισμού με λάμπες LED στοχεύοντας σε ποιοτική και ποσοτική αναβάθμιση του νυχτερινού φωτισμού.

### **3.1 Eindhoven Ολλανδίας**

Ο δήμος του Αϊντχόβεν (Eindhoven) θέλοντας να βελτιώσει την ποιότητα ζωής των δημοτών του, με καινοτόμες λύσεις δημοσίου φωτισμού, εφαρμόζει το πρόγραμμα "Όραμα και οδικός χάρτης αστικού φωτισμού - Eindhoven 2030" ([www.eindhoven.nl](http://www.eindhoven.nl) / SmartLight). Έτσι, στις 14 Μαρτίου 2014, η ολλανδική πόλη Αϊντχόβεν εισάγει την πρώτη σειρά των ευφυών LED φωτιστικών του δρόμου με

ειδικά εφέ φωτισμού, για πολλούς εξωτερικούς και δημόσιους χώρους, συμπεριλαμβανομένων κτιρίων, πάρκων και έργων τέχνης. Για το λόγο αυτό κέρδισε το βραβείο της «Πόλης του Φωτός» και θεωρείται ως πρόδρομος των έξυπνων λύσεων φωτισμού στην Ευρώπη.

Επειδή η φιλοδοξία της πόλης είναι η πρωτοπορία στην τεχνολογία και την καινοτομία, είναι σημαντικό για τη διαδικασία της καινοτομίας, να οριστικοποιηθεί το ζητούμενο αποτέλεσμα χωρίς



**Εικ. 12** Το Eindhoven φωτισμένο τη νύχτα

(Πηγή : <https://www.behance.net/gallery/1197443/Eindhoven-by-night>)

παρεκκλίσεις, ώστε να επιτρέπει τον συνεχή πειραματισμό και την ανάπτυξη με νέα προϊόντα και υπηρεσίες. Οι συνεργασίες μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών φορέων αλλάζουν, και επικεντρώνονται κυρίως στην ενσωμάτωση της γνώσης για την επίτευξη της έννοιας του ολικού συστήματος φωτισμού και τη δημιουργία νέων ανταποδοτικών μοντέλων. Ο δήμος πρέπει να διασφαλίσει το δημόσιο συμφέρον σε αυτές τις συνεργασίες, πράγμα που σημαίνει ότι θα πρέπει να αναλάβει πλήρως την ευθύνη του στο σύστημα τριών εμπλεκομένων, δηλαδή: δημόσιο συμφέρον – δήμος – προμηθευτές (Triple Helix), επεκτείνοντας το ταυτόχρονα σε ένα σύστημα τεσσάρων εμπλεκομένων (Quadruple Helix) με την ενεργό συμμετοχή των πολιτών. Σε ένα τέτοιο μεγάλοπνοο πρόγραμμα, οι κοινωνικές δομές πρέπει είναι αυτές που θα καθορίσουν τις προτεραιότητες για την καινοτομία σε όλη τη διαδικασία.

Για να εξασφαλιστεί η καινοτομία σε όλο το σύστημα, ο δήμος θα πρέπει να εξασφαλίσει τη διαφάνεια σε όλα τα επίπεδα του συστήματος, αλλά και τη δυνατότητα ευελιξίας κατά την εφαρμογή του. Υπάρχουσες συμβάσεις και κανονισμοί πιθανόν να προκαλέσουν περιορισμούς στην δυνατότητα να γίνει αυτό. Για τα περισσότερα συμβαλλόμενα εμπορικά μέρη, αυτό θα έρθει σε αντίθεση με τα μέχρι σήμερα επιχειρηματικά τους μοντέλα, τα οποία σε πολλές περιπτώσεις βασίζονται στην ιδιοκτησία (εν μέρει) του συστήματος. Όπου οι κανονισμοί πρέπει να αλλάξουν, ο δήμος θα πρέπει να ζητήσει από τις Ευρωπαϊκές Αρχές να αναλάβουν την πρωτοβουλία της διαπραγμάτευσης σχετικά με τις αναγκαίες αλλαγές.

Για την οργάνωση και ανάπτυξη ενός σχεδίου καινοτομίας για κάθε αστική περιοχή, ο δήμος βασίζεται σε τέσσερα βήματα:

#### 1. Καθορισμός της φιλοδοξίας για την περιοχή :

- Εξοικονόμηση ενέργειας
- Μείωση του κόστους
- Προβολή της πόλης (city marketing)
- Οικονομική ανάπτυξη
- Φροντίδα περιβάλλοντος
- Ταχύτητα της αλλαγής
- Ορατότητα και αντίληψη από τους πολίτες.

#### 2. Προσδιορισμός της παρούσας κατάστασης:

- Δραστηριότητες και δυναμικές της χρήσης γης
- Διαθέσιμη υποδομή
- Τα εμπλεκόμενα μέρη και τα συμφέροντά τους

### 3. Καθορισμός των αναγκών της καινοτομίας :

Καθορισμός των προδιαγραφών για δεδομένα & υπηρεσίες

Καθορισμός των προδιαγραφών για υποδομή και εξοπλισμό

Καθορισμός των προδιαγραφών για το οικοσύστημα.

### 4. Προετοιμασία για το έργο:

Εισαγωγή και εξοικείωση με το οικοσύστημα

Καθορισμός των σημαντικών μοντέλων

Λεπτομερής ανάλυση του έργου

Εκτέλεση

Όσο αφορά στις νέες τεχνολογίες φωτισμού LED, που θα μειώσουν το κόστος της ενέργειας και των εκπομπών CO<sub>2</sub> στην πόλη, ο Δήμος προχωρά σε ένα προγραμματισμό που χωρίζεται σε τρία στάδια :

Βραχυπρόθεσμα (μέχρι το 2015). Συνεχείς εξελίξεις λαμβάνουν χώρα για τη βελτίωση της απόδοσης των LED σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας, το παραγόμενο φως και την ποιότητα. Είναι δυνατή η παραγωγή σημειακών πηγών φωτός και γραμμικών πηγών (φωτιστικές γραμμές). Οι εξελίξεις των φακών επιτρέπουν μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ ιστών φωτισμού. Οι τιμές πέφτουν, χάρη σε βελτιώσεις των διαδικασιών παραγωγής. Τα βελτιωμένα οπτικά συστήματα επιτρέπουν στο φως να αναμιχθεί πιο ομοιόμορφα και δίνοντας τη δυνατότητα να δημιουργηθούν μεταβολές χρωμάτων (π.χ. βαθμιαία αλλαγή θερμοκρασίας του χρώματος). Μια άλλη επίσης καινοτόμος ανάπτυξη των SSL, στο Eindhoven είναι η χρήση χρωμάτων για την παροχή πληροφοριών για την ασφάλεια και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Στα πεζοδρόμια έχουν εγκατασταθεί χρωματιστά φώτα ως βοηθητικοί δείκτες ασφάλειας και διέλευσης πεζών και ποδηλάτων στις διαβάσεις δρόμων. Επίσης τα φανάρια του δρόμου

μπορούν να προσαρμοστούν σύμφωνα με τις καιρικές συνθήκες, για παράδειγμα, αναβοσβήνουν κόκκινο για να προειδοποιήσουν τους κατοίκους ότι πλησιάζουν καταιγίδες και πλημμύρες. Στους αγροτικούς ποδηλατοδρόμους έχει αναπτυχθεί χαμηλής έντασης πράσινος φωτισμός για την βελτίωση της ορατότητας και την ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων στην τοπική πανίδα. Τα συστήματα φωτισμού LED μπορούν επίσης να ρυθμιστούν για ένα συγκεκριμένο δρόμο ή γωνία μιας πλατείας στην πόλη, προκειμένου να παρέχουν «ατμόσφαιρα» σε αυτή την περιοχή. (E.C 2013)

Σε μεσοπρόθεσμη προς μακροπρόθεσμη βάση (2015-2020) : Οι βελτιώσεις και οι μειώσεις των τιμών στα LEDs αναμένονται να συνεχιστεί για κάποιο χρονικό διάστημα μέχρις ότου επιτευχθεί το μέγιστο οικονομικά εφικτό. Τα OLEDs θα είναι διαθέσιμα, επιτρέποντας τη δημιουργία επιπέδων πηγών φωτός (επιφάνειες), παρέχοντας πηγές φωτός που θα μοιάζουν με οθόνες.

Μακροπρόθεσμα, (2020 και μετά) πραγματοποιείται τυποποίηση των φακών και των LEDs, τα οποία με αυτόν τον τρόπο γίνονται εναλλακτικές μονάδες.

Σχετικά με την τεχνολογία ελέγχου, το νέο σύστημα φωτισμού με αισθητήρες απενεργοποιείται αυτόματα όταν οι δρόμοι είναι άδειοι, εξοικονομώντας ενέργεια. Για παράδειγμα, αν δεν υπάρχει κανείς γύρω, τα φώτα σβήνουν αυτόματα. Ωστόσο, αν πλησιάζει ένα αυτοκίνητο, ποδηλάτης ή πεζός, τα φώτα ανάβουν αυτόματα για να καθοδηγήσουν το όχημα ή το άτομο στη διαδρομή του. Σύμφωνα με τα λεγόμενα του Διευθυντή φωτισμού της πόλης, Rik van Stiphout, το νέο σύστημα φωτισμού με LED λάμπες μπορεί να ελέγχεται από υπολογιστές, πράγμα που σημαίνει ότι ο φωτισμός κάθε δρόμου ελέγχεται μεμονωμένα και σύμφωνα με τις ανάγκες του και τις επικρατούσες συνθήκες. Η

εφαρμογή των τεχνολογιών ελέγχου έχει τον παρακάτω χρονικό ορίζοντα προγραμματισμού :

Βραχυπρόθεσμα (μέχρι το 2015) Συστήματα βασισμένα στην IP (Internet Protocol, ότι δηλαδή μπορεί να γίνει μέσω ίντερνετ) γίνονται γρήγορα η κυρίαρχη τεχνολογία. Ανοιχτές διεπαφές επιτρέπουν συστήματα από διαφορετικούς προμηθευτές να συνδέονται μεταξύ τους με κοινά συστήματα ελέγχου. Οικονομικά προσιτά συστήματα μετατροπών επιτρέπουν αναβάθμιση των υπάρχοντων συστημάτων σε τηλεχειριζόμενα. Αυτό σημαίνει ότι τα φωτιστικά σημεία μπορούν να ελέγχονται και να αυξομειώνονται σε ομάδες ή εξ αποστάσεως. Αναπτύσσονται εφαρμογές με τη χρήση αυτών των τηλεχειριζόμενων εγκαταστάσεων. Τα συστήματα αυτά σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιούν προκαθορισμένα σενάρια τα οποία ενεργοποιούνται από αισθητήρες.

Μεσοπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη βάση (2015-2020). Η συνεχιζόμενη ανάπτυξη των αισθητήρων οδηγεί σε περαιτέρω μειώσεις των τιμών. Αυτό επιτρέπει να χρησιμοποιούνται περισσότεροι αισθητήρες στα συστήματα, οδηγώντας σε συστήματα που είναι πιο δυναμικά και αυτόνομα. Η ιδέα «φως κατ' απαίτηση» καθίσταται όλο και περισσότερο δυνατή. Η ενσωμάτωση «οδηγών» και «νοημοσύνης» μειώνουν την τιμή των συστημάτων ελέγχου. Οι αλγόριθμοι ελέγχου επεκτείνονται περαιτέρω σε σενάρια για τη αντιμετώπιση πολλαπλών ειδικών αναγκών (αστυνομία, εμπορικά κέντρα, εστιατόρια, υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης κ.λπ.). Σε πραγματικό χρόνο οι πληροφορίες καθίστανται διαθέσιμες μέσω μιας ευρέως κατανεμημένης υποδομής μεγάλου φάσματος.

Μακροπρόθεσμα, (2020 και μετά). Πρότυπες μονάδες διατίθενται ως δομικά στοιχεία, επιτρέποντας την ευέλικτη διαμόρφωση των συστημάτων φωτισμού και ελέγχου.

Πέρα όμως από τα γενικά βήματα σχεδιασμού του προγράμματος, ο Δήμος αναζητά, σχεδιάζει και αξιοποιεί καινοτομίες σε φωτισμού σε κάθε περιοχή της πόλης ξεχωριστά, σύμφωνα με τις ιδιαιτερότητες της, τις επικρατούσες συνθήκες αλλά και τις ανάγκες των πολιτών.

Όσον αφορά το πώς προσλαμβάνουν και αποδέχονται οι πολίτες τις καινοτομίες, αξίζει να αναφερθεί ότι στο Stratumseind, μια περιοχή με μπαρ, δημιουργήθηκε ένα πιλοτικό πρόγραμμα για τον πειραματισμό και τη διερεύνηση των επιπτώσεων των σεναρίων και των σκηνικών φωτισμού στη διάθεση και συμπεριφορά των επισκεπτών.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο πρώην χώρος της Philips, το Strijp-S, όπου εφαρμόστηκαν και ελέγχτηκαν οι νεώτερες τεχνολογίες και υπηρεσίες φωτισμού. Το Strijp-S μια πρώην ιδιωτική βιομηχανική περιοχή 66 εκταρίων, βόρεια-δυτικά του κέντρου του Αϊντχόβεν, με εγκαταστάσεις φωτισμού βασισμένες στο νάτριο και ελεγχόμενες από τα κτίρια, μετατρέπεται σε ένα εμπνευσμένο δημιουργικό χώρο με 2500 νέες κατοικίες, χώρους για επιχειρηματικές δραστηριότητες μικρής κλίμακας, ψυχαγωγικές και πολιτιστικές εγκαταστάσεις. Ο πρόσφατα μετασχηματισμένος χώρος του Strijp-S θα έχει μια μοναδική, συνεχώς αναπτυσσόμενη προσέγγιση σε θέματα δημόσιου φωτισμού. Μια προσέγγιση που θα αναδείξει την εμπειρία μιας δημιουργικής, ζωντανής κοινότητας σε ένα εμπνευσμένο περιβάλλον όπου ευδοκimei μια συγχώνευση κατοικίας, εργασίας και αναψυχής.





**Εικ 13 κ 14:** Η πρώην «απαγορευμένη βιομηχανική πόλη» (αριστερά) και τα νέα της αναπτυξιακά σχέδια (δεξιά) της Strijp-S ([http://www.sustainable-procurement.org/fileadmin/template/scripts/sp\\_resources/\\_tools/put\\_file.php?uid=a6ecca8e](http://www.sustainable-procurement.org/fileadmin/template/scripts/sp_resources/_tools/put_file.php?uid=a6ecca8e))

Οι απαιτήσεις της περιοχής είναι να φωτίζεται από σύνθετα ή απλά φωτιστικά σημεία, ελεγχόμενα IP, βασισμένα στην τεχνολογία των οπτικών ινών και των LED. Η διαδικασία για τη μετάβαση από το όραμα στην υλοποίηση, για τη συγκεκριμένη περιοχή, περιλαμβάνει τέσσερις φάσεις:

#### Φάση επιλογής

Έρευνα της αγοράς μέσω συνεδριάσεων των εμπειρογνομόνων

Πρόσκληση σε 3 σχεδιαστές να παρουσιάσουν ένα σχέδιο (concept) φωτισμού

Επιλογή του σχεδιαστή: 3mans BV

#### Φάση σχεδιασμού

Σκίτσο του σχεδιασμού -> Προσχέδιο -> Οριστική μελέτη

Πρωτότυπα τεχνικής φωτισμού

Προδιαγραφές του προϊόντος.

#### Φάση Διαγωνισμού

Περιορισμένη προμήθεια

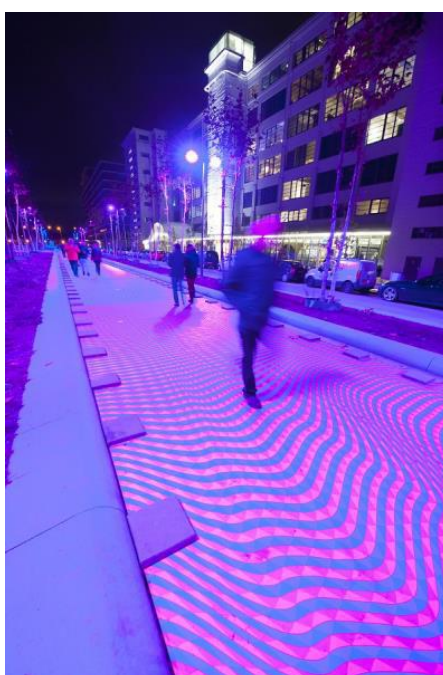
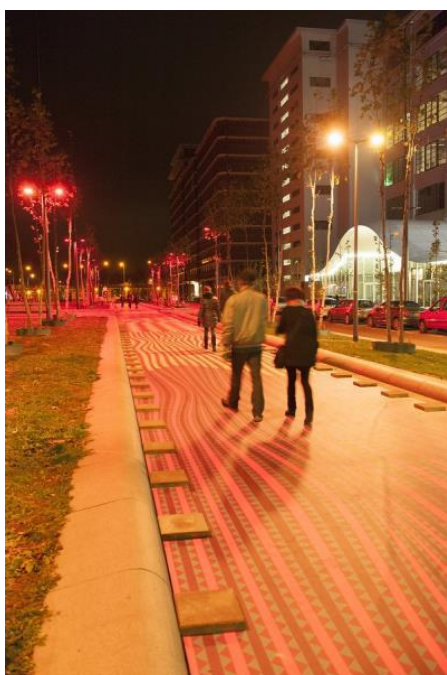
6 προσκεκλημένοι, 3 προτάσεις

Έγγραφο προσφορά: Η περαιτέρω ανάπτυξη του πρωτοτύπου σε εμπορικό προϊόν - περιγραφή της ανοικτής καινοτομίας (συνεργασία και καινοτομία) - εκτίμηση κόστους για φωτιστικά (1 τεμ, 2-50 τεμ, 51-150 τεμ, 151-300 τεμ)

### Φάση Υλοποίησης

Δοκιμή: Σύγκριση πρωτότυπου λειτουργικού φωτιστικού με πρωτότυπο εμπορικού φωτιστικό - μονάδα RGB σε εμπορικό φωτιστικό.

Υλοποίηση: Σε εξέλιξη



**Εικ 15,16 κ 17 :** Δημόσιος φωτισμός σε διάφορα σημεία της περιοχής STRISP - S στο Eindhoven Ολλανδίας. (Πηγή : [http://lightingforpeople.eu/wp-content/uploads/2014/09/CityofEindhoven\\_Presentation-SSL-ERATE-Copenhagen.pdf](http://lightingforpeople.eu/wp-content/uploads/2014/09/CityofEindhoven_Presentation-SSL-ERATE-Copenhagen.pdf) )

### 3.2 Le Mans Métropole

Το 2009 η Le Mans Metropole, εφαρμόζοντας την Agenda 21, ξεκίνησε ένα έργο απογραφής του άνθρακα μέσω της μέτρησης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην περιοχή για μεγάλο χρονικό διάστημα. Στις 25 Αυγούστου 2011 υπογράφηκε η εταιρική σύμβαση «LIFE+ URBAN LIGHT PLAN» ανάμεσα στη Le Mans Metropole και την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Η εταιρική σύμβαση «Life+ Urban Light Plan» υπάγεται στο πλαίσιο του προγράμματος LIFE+ "Πρόγραμμα καινοτόμου και αειφόρου διαχείρισης δημοσίου φωτισμού και καταπολέμηση της φωτορύπανσης" του οποίου η διάρκεια είναι 61 μήνες (από 1η Σεπτεμβρίου 2011 έως 30 Σεπτεμβρίου 2016) και το συνολικό κόστος ανέρχεται στα 5.167.550 €

Υπάρχουν επί του παρόντος 28.000 πηγές φωτός στην γεωγραφική έκταση στην οποία λαμβάνει χώρα το έργο. Το πρόγραμμα "Life+ Urban Light Plan" αποσκοπεί στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της φωτορύπανσης του δημόσιου φωτισμού της Le Mans Metropole. Στόχος του προγράμματος είναι να παρέχει σημαντικά οφέλη στις τοπικές αρχές, να μειώσει το οικολογικό αποτύπωμα της περιοχής, καθώς και να αποτελέσει ένα παράδειγμα καλής πρακτικής για τη διαχείριση του δημοσίου φωτισμού σ' άλλα πολεοδομικά συγκροτήματα στη Γαλλία και στην Ευρώπη.

Το έργο σκοπεύει να εισάγει πιο κατάλληλα και "ηπιότερα" φωτιστικά, ιδιαίτερα σκοπεύει να αντικαταστήσει φωτιστικά που δεν πληρούν σήμερα τις απαιτήσεις των πιστοποιητικών ενεργειακής αναβάθμισης. Από το Σεπτέμβριο του 2011 έως τον Απρίλιο του 2014 έχουν αντικατασταθεί 2.402 φωτιστικά σε όλη την επικράτεια της Le Mans Metropole. Τα παλιά φωτιστικά με λαμπτήρες HPL (High

Performance Lamp) των 125W και με 145W ανά σετ αντικαταστήθηκαν με φωτιστικά νέας γενιάς από λάμπες ατμών νατρίου υψηλής πίεσης των 70W και με ισχύ 83W ανά σετ. Παράδειγμα αποτελεί η οδός Prefortier όπου έγινε αντικατάσταση 8 φωτιστικών σωμάτων με συνολική ισχύ από 1170,6W σε 670,1W, δίνοντας κέρδος τάξεως 46,59%.



**Εικ 18,19,20,21,22κ23** : Τα παλιά φωτιστικά της περιοχής (Πηγή :Life, 2014)





**Εικ 24, 25, 26 κ 27:** Τα νέα φωτιστικά της περιοχής, (Πηγή :Life, 2014 )

Επίσης, δίνεται έμφαση στην αντικατάσταση φωτιστικών εγκαταστάσεων που χρησιμοποιούνται για διάφορες εορταστικές εκδηλώσεις με τεχνολογία και υλικά που σέβονται το περιβάλλον. Το συγκεκριμένο σχέδιο δράσης είχε ως στόχο

να περιοριστεί η υπερβολική κατανάλωση ενέργειας σε αυτές τις εκδηλώσεις και να σχεδιαστούν με μια προσέγγιση βιώσιμης ανάπτυξης. Παράδειγμα ενεργειακού κόστους είναι η αντικατάσταση χριστουγεννιάτικου διακοσμητικού φωτός τύπου "γιρλάντας" εξοπλισμένου με 45 λαμπτήρες πυρακτώσεως των 15W δηλ 675W συνολικά με φωτιστικό νέας γενιάς από LED με ισχύ από 50W έως 200W.



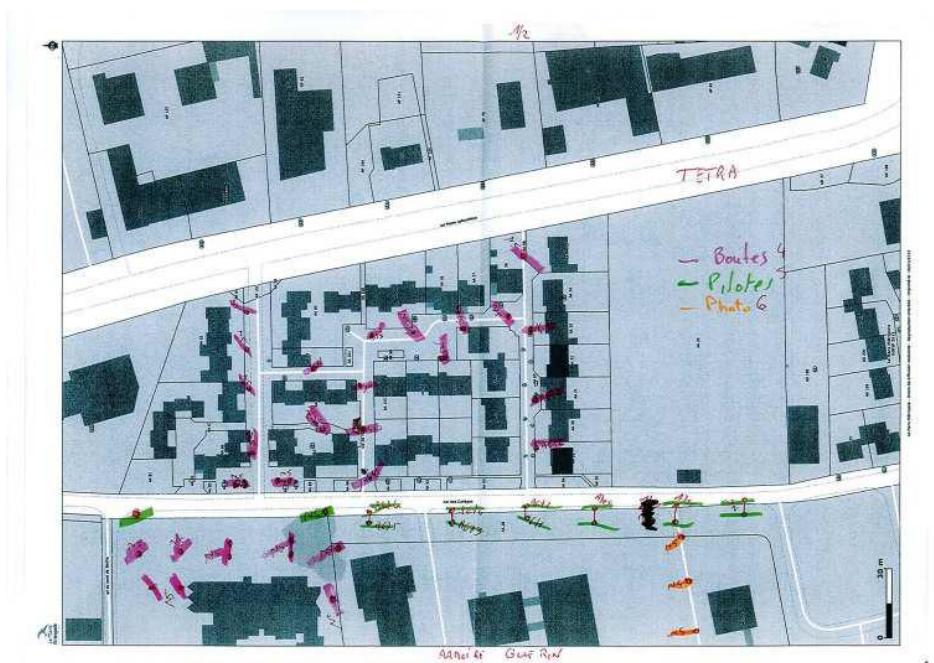
**Εικ 28 κ 29:** Πάνω ο χριστουγεννιάτικος φωτισμός-διάκοσμος της πόλης πριν την εφαρμογή των LED κάτω μετά την εφαρμογή (Πηγή :Life, 2014 )



Τέλος, εισάγονται νέα ευφυή συστήματα φωτισμού, τα οποία όχι μόνο θα μειώνουν σημαντικά την ένταση των σημείων φωτισμού αλλά και θα τα σβήνουν όταν αυτά δεν απαιτούνται. Εφαρμόζεται σχέδιο εσωτερικού και εξωτερικού ελέγχου με πίνακες ελέγχου για διάφορες εγκαταστάσεις φωτισμού, οι οποίες είναι γεω-αναφερόμενες και περασμένες σε μια web εφαρμογή με online σύνδεση. Με αυτό το τρόπο επιτυγχάνεται η δημιουργία ενός εσωτερικού παρατηρητηρίου που έχει ως στόχο την βελτίωση της αναγνωσιμότητας της ενεργειακής κατανάλωσης του δημοσίου φωτισμού και των τρόπων διαχείρισης.



**Εικ 30:** Πίνακας ελέγχου  
(Πηγή :Life, 2014 )



**Εικ 31:** Σχέδιο θέσεων. (Πηγή :Life, 2014)



Η Le Mans Metropole, η οποία ορίζεται ως δικαιούχος συντονιστής της σύμβασης, θα επιλέξει τους παρόχους υπηρεσιών δημόσιου φωτισμού ώστε η χρήση των συστημάτων να ανταποκρίνονται σε περιβαλλοντικά και κοινωνικά κριτήρια. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται η ενεργειακή απόδοση και η χρήση ανακυκλώσιμων υλικών, καθώς και η παροχή ενός εξωτερικού φωτισμού πιο φιλικού προς το περιβάλλον ώστε να αποφεύγεται η διαταραχή της πανίδας.

Αναμενόμενα Αποτελέσματα :

- Αντικατάσταση του 65% των 28.000 πηγών φωτός στην επικράτεια του έργου.
- Μείωση 683 τόνων εκπομπών CO<sub>2</sub> το χρόνο
- Μείωση στο 40% του κόστους ενέργειας
- Σωστή αξιοποίηση του οικολογικού αποτυπώματος
- Μείωση της φωτορύπανσης με τα συναφή οφέλη για τα ευαίσθητα οικοσυστήματα της περιοχής.
- Διατήρηση της επάρκειας του φωτισμού ώστε οι πολίτες να μπορούν να βλέπουν με άνεση και να νιώθουν ασφαλείς. (Life, 2014)

### **3.3 Οι αντιλήψεις των ανθρώπων από υπαίθριους χώρους που φωτίζονται με LED.**

Η κοινωνία αντιμετωπίζει μια στροφή προς πιο ενεργειακά αποδοτικές λύσεις, στις οποίες συμμετέχει και ο εξωτερικός φωτισμός.

Οι κατασκευαστές συνιστούν τεχνολογία LED για εφαρμογές σε όλους τους τομείς αστικού φωτισμού. Πολυάριθμες εφαρμογές των LED, δημιουργώντας ελκυστικά αποτελέσματα σε κτίρια, μνημεία και γέφυρες, δικαιολογούν τη χρήση τους στον αρχιτεκτονικό φωτισμό. Επίσης οι υπαίθριες εγκαταστάσεις φαίνονται κατάλληλες για τα LED, επειδή όταν διατηρούνται δροσερά εξασφαλίζεται η μακροζωία τους .

Η χρήση των LED σε υπαίθριο φωτισμό έχει τη δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά η αντίδραση των χρηστών σε αυτές τις πηγές φωτός είναι σε μεγάλο βαθμό άγνωστη. Οι άνθρωποι βρίσκονται σε συνεχή αλληλεπίδραση με το περιβάλλον και τις ιδιότητες του, όπως ο εξωτερικός φωτισμός ο οποίος μπορεί να αναστείλει ή να προωθήσει ορισμένες συμπεριφορές, όπως το περπάτημα σε εξωτερικούς χώρους αφού σκοτεινιάσει. Από την άποψη της κοινωνικής βιωσιμότητας, οι βιώσιμες πόλεις εκτός από το να είναι υψηλά ενεργειακά αποδοτικές, πρέπει να παρέχουν καλό και υγιές περιβάλλον διαβίωσης, επιτρέποντας στους ανθρώπους να συμμετέχουν στην κοινωνία επί ίσοις όροις. Αυτό περιλαμβάνει το να επιτρέπουν σε όλους να έχουν πρόσβαση σε κοινόχρηστους χώρους και να αισθάνονται ασφαλείς και σίγουροι όταν περπατάνε σε τέτοιες περιοχές μετά από τη δύση του ηλίου.

Ο L. Kuhn et al. περιγράφουν/αξιολογούν αυτό το περιβάλλον με τους όρους:

- Οπτική προσβασιμότητα που ορίζεται ως η εκτίμηση της υποκειμενικά αντιληπτής ικανότητας να βλέπει κανείς, μετά το ηλιοβασίλεμα, στο εξωτερικό περιβάλλον της περιοχής που κατοικεί και κινείται.
- Αντιληπτός κίνδυνος (αίσθημα ασφαλείας) που ορίζεται ως η αντίληψη του ατόμου για το πόσο επικίνδυνο είναι το εξωτερικό περιβάλλον.
- Ήδονικός τόνος/αποτέλεσμα (αισθητικός αντίκτυπος) δηλαδή η υποκειμενικά αντιλαμβανόμενη απόδοση των χρωμάτων.

Ένα αμφισβητήσιμο σημείο αποτελούν οι δηλώσεις ορισμένων κατασκευαστών LED, ότι τα LED παράγουν υποκειμενικές εντυπώσεις που είναι καλύτερες από εκείνες που δημιουργούνται από τους συμβατικούς λαμπτήρες. Για παράδειγμα, η Κλιματική Ομάδα που ασχολήθηκε με το φωτισμό εξωτερικών χώρων μέσω του προγράμματος Light Savers, διεξήγαγε έρευνες στην Καλκούτα, το Λονδίνο, το Σύδνεϋ και το Τορόντο, οι οποίες ανέφεραν ότι «οι πολίτες σε όλο τον κόσμο προτιμούν LED φωτισμό, με 68% έως 90% των ερωτηθέντων να εγκρίνουν την εξάπλωση της τεχνολογίας σε ολόκληρη την πόλη». Ως πλεονεκτήματα οι ερωτηθέντες τόνισαν τη βελτιωμένη ορατότητα, μια μεγαλύτερη αίσθηση της ασφάλειας και ένα καλύτερο αισθητικό αντίκτυπο στους δημόσιους χώρους. Ωστόσο, η έντονη προτίμηση για φωτισμό LED φάνηκε σε αντιπαράθεση με φωτισμό νατρίου υψηλής πίεσης (HPS) σε πυκνοκατοικημένα αστικά περιβάλλοντα με συχνές δραστηριότητες πεζών, όπου ο φωτισμός HPS συχνά θεωρείται ανεπαρκής λόγω της κακής χρωματικής απόδοσης του (για παράδειγμα, οι λαμπτήρες HPS δεν συνιστώνται για το φωτισμό περιβάλλοντος λόγω του αισθητικά δυσάρεστου φωτός τους, καθώς και την παραδοχή ότι η καλή απόδοση χρωμάτων αποτελεί μέσο για την αύξηση της αίσθησης της ασφάλειας).

Μεγάλη σημασία έχει το χρώμα του φωτός και η απόδοση των χρωμάτων

των αντικειμένων του περιβάλλοντος. Τα νυκτερινά επίπεδα εξωτερικού φωτισμού τείνουν να εμπίπτουν στην μεσοπική περιοχή της όρασης. Αυτό συμβαίνει όταν το μάτι είναι προσαρμοσμένο σε επίπεδα φωτεινότητας πάνω από το εύρος της σκοτοτοπικής και κάτω από το εύρος της φωτοπικής όρασης.\* Στην περίπτωση αυτή, ένα πολύπλοκο σύνολο παραμέτρων, όπως η φωτεινότητα του υποβάθρου (φόντου), η αντίθεση, το μέγεθος και η θέση του στόχου στο οπτικό πεδίο καθώς και τα φασματικά χαρακτηριστικά του στόχου και του υποβάθρου, είναι πιθανό να επηρεάσουν το πόσο καλά οι άνθρωποι μπορούν να δουν υπό μεσοπικές συνθήκες. Επίσης, κατά τη διάρκεια των μεσοπικών συνθηκών, η φασματική κατανομή της ηλεκτρικής ενέργειας της πηγής φωτός είναι πιθανό να έχει αντίκτυπο στις αντιλήψεις των πεζών για το φως του εξωτερικού περιβάλλοντος. Η «λευκή» πηγή φωτός φαίνεται να παρέχει μια καλύτερη αντίληψη φωτεινότητας από το κιτρινωπό φως, αν και πρόσφατες έρευνες δείχνουν αυτό δεν ισχύει για όλες τις ομάδες των ανθρώπων.

---

\* Το αίσθημα της όρασης προκαλείται από τα αισθητήρια (φωτοανιχνευτές) του ανθρώπινου οφθαλμού. Αυτά κατατάσσονται σε δύο τύπους: τα κωνία και τα ραβδία.

Τα ραβδία διεγείρονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα φωτισμού (π.χ. ένας στροβίλος ουρανού) ενώ η απόκρισή τους φθάνει στον κορεσμό όταν αυξηθεί ο φωτισμός. Η όραση που οφείλεται στα ραβδία ονομάζεται σκοτοπική, ενεργοποιείται για λαμπρότητες μικρότερες από  $0,001 \text{cd/m}^2$ , είναι μονόχρωμη με αποχρώσεις του γκρι και χαμηλής ανάλυσης.

Τα κωνία διεγείρονται σε σχετικά υψηλά επίπεδα φωτισμού (φως ημέρας) και η όραση που οφείλεται σε αυτά ονομάζεται φωτοπική, ενεργοποιείται για λαμπρότητες μεγαλύτερες από  $3 \text{cd/m}^2$  και είναι έγχρωμη και υψηλής ανάλυσης.

Όταν αρχίζει να αυξάνεται το επίπεδο φωτισμού τότε αρχίζει σταδιακά να μεταπίπτει η όραση από σκοτοπική σε φωτοπική. Αυτή η ενδιάμεση περιοχή ονομάζεται μεσοπική. Ενεργοποιείται για λαμπρότητες μεταξύ  $0,001$  και  $3 \text{cd/m}^2$ . Η απόκριση του αμφιβληστροειδούς οφείλεται μερικώς στα κωνία και στα ραβδία. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο τεχνητός φωτισμός του εξωτερικού περιβάλλοντος λειτουργεί σε αυτή την περιοχή.

**Πηγές :**

(α) Ν. Β. Μπισκετζής: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΕΣΟΠΙΚΗΣ ΟΡΑΣΕΩΣ, ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ Μάιος - Ιούνιος 2010- 143

[http://portal.tee.gr/portal/page/portal/PUBLICATIONS/BYMONTHLY\\_PUBLICATIONS/diminiaia\\_2010/pub3/06\\_didaktoriki.pdf](http://portal.tee.gr/portal/page/portal/PUBLICATIONS/BYMONTHLY_PUBLICATIONS/diminiaia_2010/pub3/06_didaktoriki.pdf)

(β) Δρακόπουλος Πάνος Καθηγητής, «Σημειώσεις για το μάθημα "Εργονομία και φωτισμός περιβάλλοντος" του Ζ' εξαμήνου των φοιτητών του Τμήματος Οπτικής και Οπτομετρίας της Σχολής Επαγγελματιών Υγείας και Πρόνοιας ΤΕΙ Αθήνας» Ιανουάριος 2012

<http://users.teiath.gr/pdrak/notes/environment.pdf>

Η «λευκή» πηγή φωτός μπορεί επίσης, ανάλογα με την εργασία, να έχει θετική επίδραση στην οπτική απόδοση. Σύμφωνα με τα ευρήματα αυτά, οι πηγές που εκπέμπουν «λευκό» φως συνίστανται για χρήση σε κατοικημένες περιοχές.

Αν και έχει προταθεί, από Boyce et al., ότι τα επίπεδα φωτισμού είναι σχετικά πιο σημαντικά από το φάσμα του φωτός για τις αντιλήψεις της ασφάλειας τη νύχτα, θα μπορούσε, σε αντίθεση, να υποστηριχθεί ότι απλά προσθέτοντας περισσότερο φως σε ένα τόπο, πιθανόν να δημιουργηθεί φωτορύπανση ή και να καταστραφεί η «ατμόσφαιρα» ενός συγκεκριμένου περιβάλλοντος, με ταυτόχρονη σπατάλη ενέργειας, χωρίς αύξηση της αντίληψης για την ασφάλεια. Κατά συνέπεια, η υποκειμενική αντίληψη της ποιότητας του φωτός μπορεί να αποτελεί καλύτερη πρόβλεψη από την άποψη των ψυχολογικών αντιδράσεων των ανθρώπων σε ένα περιβάλλον, παρά οι αντικειμενικές μετρήσεις του φωτισμού.

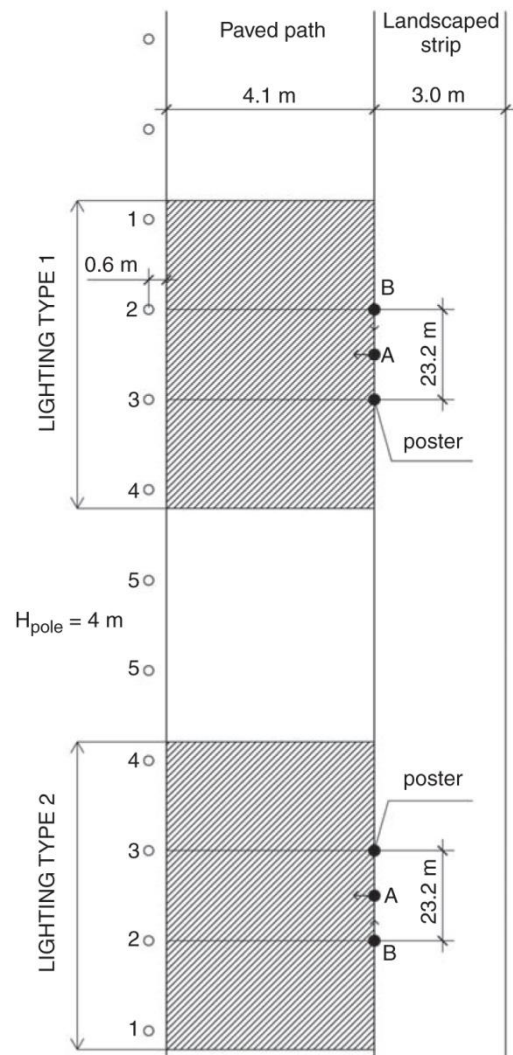
Παρακάτω παρατίθενται δυο μελέτες που σκοπό έχουν την διεξαγωγή συμπερασμάτων για την αντίδραση των κατοίκων σε περιβάλλον φωτισμένο από λάμπες LED :

Η πρώτη μελέτη είναι των A Kostic και L Djokic από την Αρχιτεκτονική Σχολή του Βελιγραδιού που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό «Lighting Research and Technology», 2014 τεύχος 46 με τίτλο «Subjective impressions under LED and Metal Halide lighting», κατά την οποία πραγματοποιήθηκε ένα πιλοτικό πρόγραμμα, σε ένα πάρκο του Βελιγραδίου, για να συγκριθούν οι υποκειμενικές εντυπώσεις που δημιουργούνται από τον υπαίθριο φωτισμό με λαμπτήρες LED και με λαμπτήρες μεταλλικών αλογονίδιων.

Επιλέχτηκε ένα πλακόστρωτο, επαρκούς μήκους, μονοπάτι πεζών σε ένα πάρκο του Βελιγραδίου, στο άμεσο περιβάλλον του οποίου δεν υπήρχαν άλλα δημόσια φωτιστικά. Για την διάταξη της πιλοτικής εγκατάστασης φωτισμού χρησιμοποιήθηκαν οι υφιστάμενοι φανοστάτες δημόσιου φωτισμού (ύψους 4m) από τους οποίους είχαν αφαιρεθεί οι υπάρχοντες λαμπτήρες φωτισμού HPS (υψηλής πίεσης νατρίου).

Στα τέσσερα πρώτα στη σειρά φωτιστικά σώματα (τύπος 1) τοποθετήθηκαν λαμπτήρες MH (Metal Halide) θερμού λευκού φωτός 70W (θερμοκρασίας χρώματος: 3000 K) με ένα κεραμικό σωλήνα εκκένωσης (φωτιστικής ισχύος: 80 W).

Στη δεύτερη σειρά τεσσάρων φωτιστικών (τύπος 2) χρησιμοποιήθηκαν LED. Κάθε φωτιστικό περιείχε 32 διόδους LED θερμού λευκού φωτός (χρώμα συσχετιζόμενο με θερμοκρασία: 3000 K) ονομαστικής έντασης ρεύματος 500 mA. Η ισχύς του κάθε φωτιστικού ήταν 53 W, που σημαίνει ότι επιτεύχθηκε εξοικονόμηση ενέργειας κατά 34%.



**Εικ 32:** Το σχέδιο των δυο εγκαταστάσεων φωτισμού. (Πηγή : Kostic et al., 2014)

Μεταξύ των δύο εγκαταστάσεων φωτισμού (τετράδων) παρεμβάλλονται δυο φανοστάτες χωρίς λαμπτήρες, προκειμένου να εξαλειφθεί η επίδραση του ενός τύπου φωτισμού στον άλλο.

Τα φωτιστικά σώματα για τους δύο τύπους φωτισμού ήταν εξωτερικά πανομοιότυπα και περιείχαν ένα σύστημα ομοιόμορφης διάχυσης που εμποδίζει την αναγνώριση της πηγής του φωτός (Εικ. 33). Συνεπώς, οι ερωτώμενοι δεν μπορούσαν να αναγνωρίσουν τον τύπο της πηγής φωτός που χρησιμοποιούνταν σε κάθε εγκατάσταση.



**Εικ 33:** Φωτιστικό που χρησιμοποιήθηκε για την πιλοτική εγκατάσταση (είτε με λάμπα μεταλλικών αλογονιδίων (MH) είτε με LED) - Χορηγία του Minel-Schreder, Βελιγράδι (Πηγή : Kostic et al., 2014)

Και οι δύο εγκαταστάσεις φωτισμού χρησιμοποιούσαν πηγές φωτός εξαιρετικής χρωματικής απόδοσης (CRI480). Ο ομοιόμορφος διάχυτης επηρέαζε εξίσου τη μείωση της θάμβωσης στους δύο τύπους φωτισμού (όχι μόνο για τα ορατά τσιπ LED, αλλά και για τους σωλήνες MH που συνήθως προκαλούν έντονη αντανάκλαση).

Η μέση τιμή φωτισμού (illuminance) του πεζόδρομου μεταξύ των πόλων ήταν περίπου ίση και στις δυο περιπτώσεις: για το φωτισμό τύπου 1 η μέση φωτεινότητα (illuminance) ήταν 11,1 lx και για τον φωτισμό τύπου 2 ήταν 10,9 lx

Η έρευνα διεξήχθη με τη χρήση ερωτηματολογίου που περιείχε όμοια ερωτήματα και για τις δυο εγκαταστάσεις φωτισμού, που σχετίζονται με όλα τα θέματα που οι συγγραφείς θεώρησαν κατάλληλα για την υποκειμενική αξιολόγηση του φωτισμού των διαδρομών για πεζούς στα πάρκα. Οι απαντήσεις δόθηκαν

κυκλώνοντας μία από τις προσφερόμενες απαντήσεις 1-5 (1 για το απολύτως απαράδεκτο και 5 για το απολύτως αποδεκτό).

Προκειμένου να εξεταστεί η επίδραση των γνώσεων των ερωτηθέντων στον τομέα του φωτισμού για την υποκειμενική εμπειρία του φωτισμού περιβάλλοντος, συμμετείχαν δύο ομάδες: εκείνοι που ήταν εξοικειωμένοι με θέματα φωτισμού (49) και εκείνοι (63) που δεν ήταν εξοικειωμένοι. Την πρώτη ομάδα αποτελούσαν άτομα που στο παρελθόν είχαν παρακολουθήσει μαθήματα φωτισμού στην Αρχιτεκτονική Σχολή και τη Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, του Πανεπιστημίου Βελιγραδίου. Η δεύτερη ομάδα, λόγω της ιδιαιτερότητας του θέματος αποτελούνταν επίσης από τεχνικά εκπαιδευμένους συμμετέχοντες (κυρίως φοιτητές). Τέλος επιλέχθηκαν συμμετέχοντες με υγιή όραση. Από τους 112 ερωτηθέντες, οι 62 ήταν άνδρες και οι 50 γυναίκες ηλικίας 20-30ετών.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε δύο βράδια. Δόθηκε προσοχή στην πρόγνωση του καιρού ώστε να μην υπάρχουν βροχοπτώσεις. Ο ουρανός ήταν συννεφιασμένος και η διαδρομή στεγνή. Αυτές οι συνθήκες ήταν σημαντικές να γίνει η έρευνα καθώς τα πάρκα χρησιμοποιούνται κυρίως σε ξηρές συνθήκες.



**Εικ 34:** Ο φωτισμένος χώρος έρευνας  
(Πηγή : Kostic et al., 2014)

Μία ημέρα πριν από την έρευνα, οργανώθηκε μια εισαγωγική συνεδρία για αυτούς που δεν είχε καμία προηγούμενη γνώση στον τομέα του φωτισμού. Δόθηκαν εξηγήσεις για το πώς θα διεξαχθεί η έρευνα, χωρίς οι συμμετέχοντες να δουν τις ερωτήσεις. Για να μπορούν οι συμμετέχοντες να δώσουν ειλικρινείς απαντήσεις και να είναι συγκεντρωμένοι κατά την αξιολόγηση των λύσεων



φωτισμού, δόθηκαν οι παρακάτω εξηγήσεις για τους όρους μόνο που χρειάζονταν διευκρινίσεις :

- Η ποιότητα του φωτισμού των προσώπων σχετίζεται με το βαθμό της φυσικότητας τους ως προς την εμφάνιση,

- Κατά την αξιολόγηση της ικανότητας του φωτισμού να αναπαράγει τα χρώματα, είναι απαραίτητο να κρίνουμε τον βαθμό στον οποίο τα χρώματα κάτω από τον συγκεκριμένο εφαρμοζόμενο φωτισμό φαίνονται όπως εμφανίζονται στο φως της ημέρας,

- Κατά την αξιολόγηση της θάμβωσης, οι συμμετέχοντες δεν θα πρέπει να κοιτάζουν προς τα φωτιστικά σώματα, αλλά να κρίνουν σε ποιο βαθμό η αντανάκλαση είναι ενοχλητική, καθώς περπατούν κατά μήκος του μονοπατιού και κοιτάζοντας ίσια μπροστά και

- Η διαφορά μεταξύ κρύου και ζεστού φωτός είναι μια αξιοσημείωτη μπλε απόχρωση για το κρύο και μια κιτρινωπή απόχρωση για το ζεστό.

- Δεν υπήρξε καμιά αναφορά για το είδος των φωτεινών πηγών που χρησιμοποιούνται στις δύο εγκαταστάσεις φωτισμού.

Από την αναλυτική σύγκριση των υποκειμενικών εντυπώσεων του φωτισμού περιβάλλοντος που προέρχεται από εγκαταστάσεις φωτισμού με LED και μεταλλικών αλογονιδίων, με συγκρίσιμα στοιχεία το επίπεδο φωτισμού, το χρώμα του φωτός και την χρωματική απόδοση, πρόκυψε το γενικό συμπέρασμα ότι και οι δύο ομάδες των ερωτωμένων –τόσο αυτών που είχαν όσο και εκείνων που δεν είχαν προηγούμενη γνώση στον τομέα του φωτισμού – προτιμούσαν την χρήση λαμπτήρων μεταλλικών αλογονιδίων (MH) για το φωτισμό των πάρκων, γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με τις δηλώσεις ορισμένων κατασκευαστών LED.

Αναλυτικότερα :

- Από τους 49 ερωτηθέντες από την πρώτη ομάδα, οι 44 (89,8%) προτιμούσαν τον φωτισμό τύπου 1, ενώ από τους 63 ερωτηθέντες της δεύτερη ομάδας, οι 53 (84,1%) προτίμησαν το ίδιο είδος φωτισμού.

- Οι ερωτηθέντες και από τις δύο ομάδες, στα ερωτήματα σχετικά με το επίπεδο φωτισμού, δήλωσαν ως πιο σημαντικά στοιχεία την αίσθηση της ασφάλειας και την αίσθηση της άνεσης στο εξωτερικό φωτισμό και

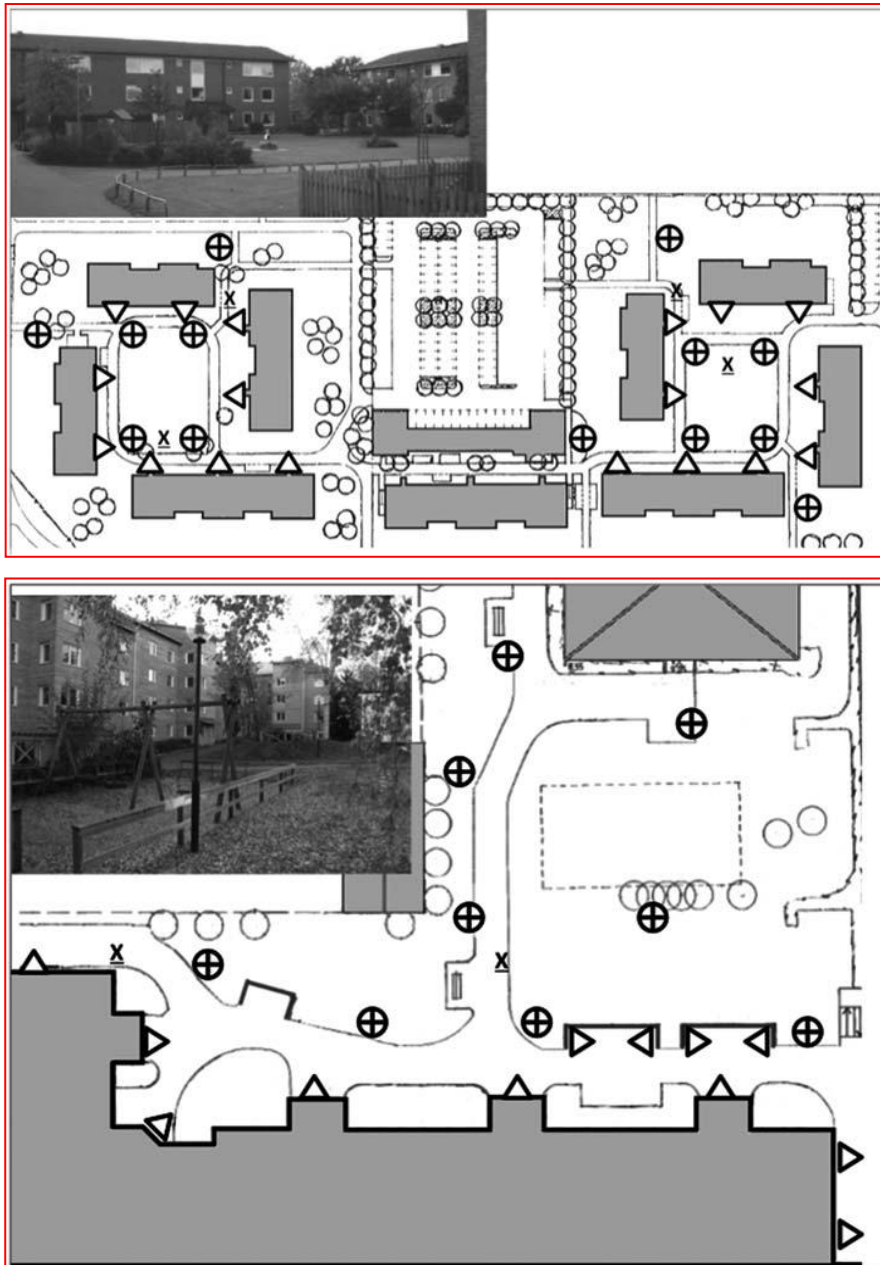
- Οι ερωτηθέντες και από τις δύο ομάδες επέλεξαν ως πιο σημαντικά στοιχεία για την προτίμησή τους στο φωτισμό τύπου 1, την ομοιομορφία του φωτισμού, το χρώμα του φωτός και την αίσθηση της άνεσης. Επίσης αυτά τα τρία (ομοιομορφία φωτισμού της διαδρομής, χρώμα φωτός και αίσθηση άνεσης) δηλώθηκαν ως οι πτυχές του φωτισμού, στις οποίες η χρήση των λαμπτήρων MH υπερτερεί ως προς τη χρήση των LED.

Μέχρι πρόσφατα, η κατανομή της φωτεινής έντασης των φωτιστικών LED, η οποία καθορίζει την ομοιομορφία φωτισμού σε διαδρομές πεζών, δεν ήταν η κατάλληλη, αποτρέποντας έτσι τις μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ των φανοστατών. Σήμερα, υπάρχουν φωτιστικά LED που παρέχουν ομοιομορφία φωτισμού των διαδρομών συγκρίσιμη με εκείνη των MH φωτιστικών. Συνεπώς, η πολύ καλύτερη ομοιομορφία του φωτισμού MH, όπως αξιολογήθηκε σε αυτό το πιλοτικό πρόγραμμα δεν μπορεί να θεωρηθεί ως γενική.

Η κατάσταση φαίνεται να είναι διαφορετική σχετικά με το χρώμα του φωτός και την αίσθηση της άνεσης. Κατά τη γνώμη των συγγραφέων, οι κατασκευαστές LED πρέπει να βελτιώσουν περαιτέρω τη φασματική κατανομή ενέργειας των πακέτων των LED, προκειμένου να μειωθούν οι αναφερόμενες διαφορές στις υποκειμενικές εντυπώσεις που σχετίζονται με αυτές πτυχές.

Η δεύτερη μελέτη είναι των L Kuhn, M Johanson, T Laike και T Cove από το τμήμα Αρχιτεκτονικής και Δομημένου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Lund της Σουηδίας, που δημοσιεύθηκε στο περιοδικό «Lighting Research and Technology», 2013 τεύχος 45 με τίτλο «Residents' perceptions following retrofitting of residential area outdoor lighting with LEDs». Στη μελέτη αυτή συγκρίνονται οι αντιλήψεις των κατοίκων γύρω από την ποιότητα του φωτός, την οπτική προσβασιμότητα και την αίσθηση του κινδύνου σε δύο κατοικημένες περιοχές, οι οποίες αρχικά φωτίζονταν από συμβατικά φωτιστικά υψηλής πίεσης νατρίου ή υψηλής πίεσης υδραργύρου, τα οποία στη συνέχεια μετασκευάστηκαν σε φωτιστικά LED. Επιπλέον, υπολογίστηκε η εξοικονόμηση στη χρήση ενέργειας.

Η παρέμβαση έγινε σε δύο περιοχές με πολυκατοικίες τοποθετημένες γύρω από μια εσωτερική αυλή, προσβάσιμες επίσης σε ανθρώπους που δεν κατοικούσαν στην περιοχή. Οι περιοχές αυτές ήταν ισοδύναμες όσον αφορά την ηλικία των κτιρίων, τα κοινωνικο-δημογραφικά στοιχεία, την παρουσία πρασίνου και τον βαθμό απομόνωσης. Η μία περιοχή (Περιοχή 1) βρισκόταν στη νότια Σουηδία, στο Helsingborg, χτισμένη το 1978, με 138 διαμερίσματα χτισμένα γύρω από δύο παρόμοιου μεγέθους αλλά ξεχωριστές αυλές, και η άλλη (Περιοχή 2) στο βόρειο τμήμα της Σουηδίας, στην Lulea, χτισμένη το 1987, αποτελούμενη από 49 διαμερίσματα όλα τοποθετημένα γύρω από μία αυλή.



**Εικ 35 κ 36:** Πάνω η περιοχή 1 (Helinsborg) και κάτω η περιοχή 2 (Lulea). Με τρίγωνα και με κύκλους που έχουν εγγεγραμμένους σταυρούς απεικονίζονται οι εκ των υστέρων τοποθετήσεις με λυχνίες LED. Οι θέσεις με σημειωμένο X είναι τα σημεία όπου οι ερωτηθέντες συμπλήρωσαν τα ερωτηματολόγια. (Πηγή : Kuhn et al., 2014)

Για την ανάλυση επιλέχθηκαν τρία λειτουργικά σημεία: η είσοδος, το κέντρο της αυλής και μια συχνά χρησιμοποιούμενη διαδρομή (μονοπάτι) για την είσοδο και έξοδο από την κάθε περιοχή.

Η Περιοχή 1 είχε ένα αρχικό σύστημα φωτισμού αποτελούμενο από φανοστάτες ύψους 4 m εφοδιασμένους με λάμπες νατρίου υψηλής πίεσης (HPS)

ισχύος 70W (στα μονοπάτια και στις αυλές) και με συμπαγείς λαμπτήρες φθορισμού (CFL) ισχύος 13W στην είσοδο.

Στην Περιοχή 2 το μονοπάτι και αυλή φωτίζονταν από φανοστάτες ύψους 4 m εξοπλισμένους με πηγές φωτός υψηλής πίεσης υδραργύρου (HPM) ισχύος 125W. Στην είσοδο τα υφιστάμενα φωτιστικά ήταν εφοδιασμένα με λάμπες υδραργύρου υψηλής πίεσης ισχύος 50W.

Και στις δύο περιοχές τα φωτιστικά ελέγχονταν από φωτοκύτταρα ενεργοποίησης όταν ο φωτισμός ήταν, αντίστοιχα, κάτω από 100 lx και κάτω από 230 lx.

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού του 2010, όλα τα φωτιστικά σώματα στις περιοχές αυτές αντικαταστάθηκαν με φωτιστικά σώματα με πηγές φωτός LED.



**Εικ 37:** Φωτιστικά εισόδων και εσωτερικών διαδρομών αυλής. (Πηγή : Kuhn et al., 2014)

Με βάση την αναμενόμενη αναβάθμιση του εξωτερικού φωτισμού με τη χρήση LED, η ομάδα των ερευνητών προχώρησε σε διερεύνηση των υποκειμενικών αντιλήψεων των κατοίκων σε δύο χρονικές περιόδους: τον Φεβρουάριο/Μάρτιο του 2010, καθώς και τον Φεβρουάριο 2011, δηλαδή πριν και μετά την αναβάθμιση.

Διατυπώθηκαν οι ακόλουθες υποθέσεις:

Και στις τρεις μονάδες ανάλυσης (είσοδο, αυλή και διαδρομή), οι αξιολογήσεις των κατοίκων για την υποκειμενική ποιότητα φωτισμού θα διαφέρουν μεταξύ του συμβατικού φωτισμού και του φωτισμού LED. Ο φωτισμός LED αναμένεται να βαθμολογηθεί υψηλότερα ως προς τη φωτεινότητα και το ηδονικό

αποτέλεσμα, ενώ η απαλότητα είναι αναμενόμενο να μειωθεί λόγω πιθανών προβλημάτων θάμβωσης.

Σύμφωνα με την προσδοκία της αύξησης της φωτεινότητας και ηδονικού αποτελέσματος, αναμένεται αύξηση της οπτικής προσβασιμότητας και μείωση του αντιληπτού κινδύνου.

Η εγκατάσταση των φωτιστικών LED αναμένεται να μειώσει τη συνολική χρήση ενέργειας για εξωτερικό φωτισμό στις περιοχές κατοικιών.

Στην έρευνα, κλήθηκαν να συμμετάσχουν όλοι οι κάτοικοι άνω των 18 ετών, που ζούσαν στις δύο οικιστικές περιοχές σε όλη την διάρκεια της έρευνας, συνολικά 245 άτομα (Περιοχή 1: 182 και Περιοχή 2: 63). Το τελικό δείγμα περιορίστηκε σε 60 άτομα (Περιοχή 1: 29 και στην Περιοχή 2: 31) τα οποία συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο τον Φεβρουάριο/Μάρτιο του 2010, καθώς και τον Φεβρουάριο 2011.

Οι συμμετέχοντες έλαβαν οδηγίες να κάνουν μια βόλτα στην αυλή, μία ημέρα της εβδομάδας, κατά τις ώρες 18:00-21:00 και να συμπληρώσουν τα ερωτηματολόγια, κατά την είσοδό στην αυλή, σε μια προκαθορισμένη θέση στη διαδρομή (μονοπάτι) προς και από την αυλή, και στη μέση της αυλής. Οι συμμετέχοντες απάντησαν σε ερωτήσεις σχετικά με την υποκειμενική ποιότητα φωτισμού σε κάθε θέση. Στη μέση της αυλής απάντησαν ερωτήσεις σχετικά με την οπτική προσβασιμότητα, τον αντιληπτό κινδύνου και την αντίληψη του φυσικού χρώματος των αντικειμένων. Η απουσία ερωτήσεων ή σχολίων από τους κατοίκους έδειξε ότι δεν συνάντησαν δυσκολίες στην κατανόηση του ερωτηματολογίου.

Η επεξεργασία των στοιχείων που συλλέχθηκαν (μέσω 10-σέλιδων ερωτηματολογίων) για τις αντιλήψεις των κατοίκων, οδήγησε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

Όσον αφορά τα σημεία εισόδου, οι κάτοικοι δήλωσαν ότι οι είσοδοι φωτίζονται πιο έντονα και ότι αντιλαμβάνονται το φωτισμό LED ως πιο φωτεινό και ευχάριστο από τις αρχικές πηγές. Ωστόσο η διαφορά στο ηδονικό αποτέλεσμα και στην απαλότητα εμφανίζεται πιο αυξημένη στη Περιοχή 2, ενώ στην Περιοχή 1 η αντικατάσταση των συμπαγών λαμπτήρων φθορισμού (CFL) των 13W με 19 φωτιστικά LED είχε περίπου την ίδια απαλότητα. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι οι κάτοικοι γενικά εμφανίστηκαν αρκετά ικανοποιημένοι με τον αρχικό φωτισμό, αν και στην Περιοχή 1 ο αρχικός φωτισμός εμφανίζεται ως «μαλακότερος» από τον αρχικό φωτισμό της Περιοχής 2.

Για το μονοπάτι, οι κάτοικοι, και στις δύο περιοχές, βαθμολόγησαν το φως κατά μήκος της διαδρομής με υψηλότερη φωτεινότητα μετά την παρέμβαση με LED. Ο φωτισμός LED επίσης πήρε υψηλότερη βαθμολογία στο ηδονικό αποτέλεσμα από τον αρχικό φωτισμό, αλλά το αποτέλεσμα ήταν ισχυρότερο στην Περιοχή 2 σε σχέση με την Περιοχή 1. Επιπλέον, η τεχνολογία φωτισμού LED βαθμολογήθηκε στην απαλότητα υψηλότερα από τον αρχικό φωτισμό.

Στην αυλή, η τεχνολογία φωτισμού LED δεν θεωρήθηκε ότι αυξάνει την ήδη χαμηλή φωτεινότητα στην Περιοχή 1, ενώ στην περιοχή 2, ο φωτισμός LED θεωρήθηκε ως σημαντικά περισσότερο φωτεινός και λαμπερός από ότι ο αρχικός φωτισμός.

Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνουν ότι δεν αρκεί να βασιζόμαστε στα επίπεδα του φωτισμού για την αξιολόγηση των εγκαταστάσεων φωτισμού.

Στην Περιοχή 1, η εγκατάσταση LED βελτίωσε σημαντικά την αντιληπτή φωτεινότητα στις εισόδους και τη φωτεινότητα και την απαλότητα του φωτός στο μονοπάτι. Επίσης, η εγκατάσταση LED έγινε αντιληπτή ως αποδίδουσα καλύτερα τα φυσικά χρώματα των αντικειμένων στο εξωτερικό περιβάλλον. Η οπτική προσβασιμότητα αυξήθηκε σε κάποιο βαθμό και ο αντιληπτός κίνδυνος παρέμεινε σε πολύ χαμηλό επίπεδο. Στα άλλα στοιχεία, η εγκατάσταση LED διέφερε ελάχιστα από τον αρχικό φωτισμό.

Στην Περιοχή 2, ο φωτισμός LED έγινε αντιληπτό ότι βελτίωσε και τις τρεις ποιότητες φωτισμού (φωτεινότητα, ηδονικό αποτέλεσμα και απαλότητα) και στις τρεις μονάδες ανάλυσης. Επιπλέον, η αντίληψη των φυσικών χρωμάτων των αντικειμένων και η οπτική προσβασιμότητα αυξήθηκε σε σύγκριση με τον αρχικό φωτισμό. Ο αντιληπτός κίνδυνος παρέμεινε σε πολύ χαμηλό επίπεδο.

Λαμβανόμενα μαζί, τα αποτελέσματα από τις δύο περιοχές δείχνουν ότι η οπτική προσβασιμότητα και η αντίληψη του φυσικού χρώματος των αντικειμένων βελτιώθηκε και στις δύο περιοχές, παρά τα κάποια ασυνεπή αποτελέσματα στις εκτιμήσεις θεμάτων της υποκειμενικής ποιότητας του φωτός. Αυτά τα τελευταία, πιθανόν να οφείλονται σε συγκυριακούς παράγοντες μεταξύ των δύο περιοχών, οι οποίοι επηρεάζουν τις αντιλήψεις των κατοίκων για το φωτισμό LED (πχ διαφορετικό χρώμα προσόψεων των κτιρίων, διαφορετικά σημεία αναφοράς για τις αξιολογήσεις λόγω των διαφορετικών αρχικών πηγών φωτός, διαφορετικές αποστάσεις των φανοστατών).

Τέλος στο θέμα εξοικονόμησης ενέργειας, στην Περιοχή 1, η ισχύς της εξωτερικής εγκατάστασης μειώθηκε από 1421W σε 841W και η χρήση ενέργειας μειώθηκε από 6048 kWh/έτος σε 3581 kWh/έτος. Τα αντίστοιχα μεγέθη για την Περιοχή 2 δείχνουν ότι η ισχύς της εξωτερικής εγκατάστασης μειώθηκε από



2216W σε 526W και τη χρήση ενέργειας μειώθηκε από 9256 kWh/έτος σε 2199 kWh/έτος.

Γενικά, προκύπτει ότι οι αντικαταστάσεις-μετασκευές είναι ο πιο οικονομικά εφικτός τρόπος για να αλλάξει ο υπάρχων φωτισμός σε δημόσιους χώρους, χωρίς αύξηση της αντίληψης κινδύνου για τους κατοίκους οικιστικών περιοχών με αρχικό χαμηλό επίπεδο αντιληπτού κίνδυνου και με γενική βελτίωση των παραμέτρων/πτυχών φωτισμού.

### **3.4 Μειονεκτήματα λαμπτήρων LED**

Υπάρχουν ακόμα εμπόδια στην ευρύτερη ανάπτυξη και χρήση των SSL, τα οποία οφείλονται κυρίως στον μύθο της μεγάλης διάρκειας των πηγών SSL και στην ανυπαρξία κοινών προτύπων που να επιτρέπουν τη συνεργασία υλικών που προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές.

Επικρατεί η λογική του αναλώσιμου προϊόντος που δεν επισκευάζεται ούτε καν ανακυκλώνεται. Φωτιστικό σώμα και λαμπτήρας είναι ενιαία μονάδα με κοινή διάρκεια ζωής. Οι παραγωγοί λαμπτήρων SSL δεν έχουν ακόμα συμφωνήσει σε κοινά πρότυπα που να επιτρέπουν την απρόσκοπτη αντικατάσταση ίδιων «λαμπτήρων» SSL από διαφορετικούς παραγωγούς. Έτσι για κάθε «νέο» φωτιστικό σε περίπτωση αστοχίας το ανταλλακτικό είναι δυσεύρετο.

Η προσήλωση της πλειοψηφίας των κατασκευαστών φωτιστικών σωμάτων αποκλειστικά σε πηγές SSL έχει δημιουργήσει σωρεία τεχνικών θεμάτων που ακόμα παραμένουν άλυτα. Υπάρχει φαίνεται ακόμα ο ενθουσιασμός της «ανακάλυψης». Προέχει η πώληση και εμφανίζεται κάποια έλλειψη σεβασμού προς τον πελάτη, τον τελικό χρήστη. Οι τιμές διαμορφώνονται από τις δυνάμεις

της αγοράς, την προσφορά – ζήτηση και τα «brand names», και όχι από την εξορθολογισμένη κοστολόγηση του «προϊόντος».

Παρόλο που οι πηγές SSL έχουν κατακλίσει την αγορά και τείνουν να αντικαταστήσουν σχεδόν όλες τις άλλες πηγές φωτισμού, το «προϊόν» είναι ακόμα σε βρεφική ηλικία και θα χρειαστεί τουλάχιστον μία δεκαετία ακόμα για να ωριμάσει και να γίνει μία αγορά με προϊόντα αξιόπιστα και με κοινές προδιαγραφές. Είναι πολύ πιθανόν οι υπάρχουσες πηγές SSL τώρα να εξαφανιστούν πλήρως μέσα στην επόμενη πενταετία με δεκαετία επειδή θα αντικατασταθούν από άλλες με καλύτερα χαρακτηριστικά και καλύτερη σχέση κόστους/απόδοσης. Αυτό έχει σημαντικές επιπτώσεις στα πραγματοποιούμενα έργα που μένουν ξεκρέμαστα, χωρίς δυνατότητα ανταλλακτικών σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Ένα άλλο θέμα είναι η συχνή διάψευση της πραγματικής διάρκειας με την διαφημιζόμενη, γεγονός που αυξάνει τον λόγο κόστους προς διάρκεια λειτουργίας. Αυτή η μικρότερη διάρκεια ζωής επιβαρύνει με τη σειρά της την ρύπανση του περιβάλλοντος με τις συχνότερες του προβλεπομένου αντικαταστάσεις.

Η πηγή SSL σε σχέση με άλλες πηγές (αλογόνου, φθορισμού) δεν «καίγεται», απλώς χάνει την απόδοση της με το πέρασμα του χρόνου καθιστώντας ασύμφορη την λειτουργία της (κατανάλωση σε W σε σχέση με τα παραγόμενο φως σε lm, luminous efficacy lm/W). Η πηγή φωτός SSL χάνει την απόδοσή της ενώ λειτουργεί. Η απόδοση αυτή μειώνεται συνεχώς από την αρχή της λειτουργίας της. Είθισται να ορίζεται σαν «διάρκεια ζωής» ενός «λαμπτήρα» SSL ο χρόνος που απαιτείται για να παράγει το 70% της αρχικής του απόδοσης και αυτό ονομάζεται L70. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιείται και το 50% (L50) ανάλογα με το

πεδίο εφαρμογής (decorative lighting). Η διάρκεια ζωής του «λαμπτήρα» SSL επηρεάζεται σημαντικά και από :

- την συσσώρευση ρύπανσης και σκόνης
- την διάρκεια ζωής του SSL driver που συνήθως δεν υπερβαίνει τις 50 khrs.
- την θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
- την διαχείριση της θερμοκρασίας του λαμπτήρα SSL από το φωτιστικό. Υπάρχουν «οικολογικοί» λαμπτήρων SSL που απαιτούν 2 κιλά ψήκτρες αλουμινίου για θερμική διαχείριση ή ακόμα και ανεμιστήρα.

Επίσης, η απόδοση lm /W των SSL πηγών είναι συνάρτηση :

- της Θερμοκρασίας Χρώματος (CCT), αυξάνει όσο αυτή αυξάνει.
- της Χρωματικής Απόδοσης (CRI, R), μειώνεται όσο αυτή αυξάνει.
- των μηχανικών, θερμικών και ηλεκτρικών διεπαφών της διαχείρισης της πηγής SSL από το φωτιστικό, μειώνεται όσο η θερμοκρασία αυξάνει.
- τα φωτομετρικά χαρακτηριστικά των φακών και ανακλαστήρων της πηγής SSL<sup>9</sup>.
- της απόδοσης του ηλεκτρονικού οδηγού (SSL Driver).

Αυτό που θα πρέπει να γνωρίζει ο χρήστης SSL φωτιστικών είναι πως τόσο η θερμοκρασία χρώματος (CCT) όσο και η χρωματική απόδοση (CRI) δεν παραμένουν σταθερές σε όλη την διάρκεια λειτουργίας του «λαμπτήρα» και ότι οι διατάξεις ανάκλασης και οι φακοί του φωτιστικού δημιουργούν σημαντικές μετατοπίσεις στη θερμοκρασία χρώματος (CCT) και στην χρωματική απόδοση (CRI) των αρχικών χαρακτηριστικών της πηγής SSL.

Οι εξελίξεις στις αποδόσεις περνούν μία περίοδο κβαντικού άλματος. Ένα LED module διεθνούς κατασκευαστή που υπάκουε στις προδιαγραφές Zhaga το 2009 εξέπεμπε 52 lm/W, το ίδιο LED module 3ης γενιάς το 2012 παράγει 95lm/W μία αύξηση 80% μέσα σε τρία χρόνια. Άλλα νεότερα LED modules το 2012 πλησίαζαν τα 135 lm/W και τον Μάρτιο του 2014 ξεπερνούν τα 300lm/W10 παρόλο που για τις περισσότερες εφαρμογές αποδόσεις 120 με 150 lm/W είναι επαρκείς.

Η συνεχής εξέλιξη έχει σημαντικές επιπτώσεις στον χρήστη SSL πηγών. Υπάρχει εγγενής αδυναμία παραγωγής πηγών SSL, από τους διάφορους παραγωγούς LED, με ίδια ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά. Ο τρόπος με τον οποίο επιλύεται σήμερα αυτή η αδυναμία είναι με την δημιουργία κατηγοριών παραγομένων πηγών SSL. Οι κατηγορίες αυτές (binning) έχουν συγκεκριμένα αποδεκτά εύρη (acceptable ranges) τόσο σε απόδοση φωτεινής ροής lm/W, όσο και σε θερμοκρασία χρώματος και χρωματική απόδοση. Είναι λοιπόν επιτακτικό να υπάρξει μία ενιαία τιμή απόδοσης του συνόλου του συστήματος, (λαμπτήρας, driver, υποδοχέας), σε πραγματικές συνθήκες και όχι μόνο του «λαμπτήρα» SSL.

Πρόβλημα υπάρχει και με τους λαμπτήρες SSL που προορίζονται για άμεση αντικατάσταση-μετασκευή σε υπάρχοντα φωτιστικά, αφού η χρήση τους δεν είναι τόσο αυτονόητη. Το φυσικό σχήμα και μέγεθος του «λαμπτήρα» μετασκευής SSL και η ευαίσθητη θερμική συμπεριφορά μπορούν να αλλοιώσουν δραματικά τις οπτικές επιδόσεις και ιδίως την διάρκεια λειτουργίας. Η τοποθέτηση τους σε χωνευτά φωτιστικά με περιορισμένο χώρο, χωρίς να εξασφαλίζονται οι προϋποθέσεις ψύξης και ακόμα περισσότερο σε σφραγισμένα φωτιστικά σώματα δεν θα πρέπει γίνεται άκοπα και απερίσκεπτα.

Οι υπάρχουσες διεθνείς προδιαγραφές για τις πηγές και τα φωτιστικά SSL εξελίσσονται μαζί με την τεχνολογία SSL. Αυτό αναγκάζει τους μελετητές φωτιστικών έργων να εργάζονται σε ένα ρευστό περιβάλλον και τους στερεί τη δυνατότητα μελλοντικού ελέγχου των μελετών τους. Αυτά που επιτρέπονται σήμερα μπορεί να απαγορεύονται αύριο.

Εκτός από την διεθνή προσπάθεια (Zhaga) που γίνεται τώρα για ποσοτικά στοιχεία, ώστε οι πηγές SLL να είναι άμεσα αντικαταστάσιμες, προέκυψαν και σημαντικά θέματα υγείας των χρηστών. Πρόσφατα πρότυπα και οδηγίες που εκδόθηκαν το 2006 αναφέρονται στη φωτοβιολογική ασφάλεια των χρηστών από την έκθεση τους στις UV και IR ακτινοβολίες τόσο για λευκό όσο και για έγχρωμο φως (Φατσέας 2014).

Συνεκτιμώντας όλα τα παραπάνω προκύπτει ότι όλο και περισσότερες πόλεις μέσα από προγράμματα ανάπλασης δημοσίων χώρων αντικαθιστούν συμβατικούς λαμπτήρες με λαμπτήρες LED για δυο λόγους. Ο πρώτος είναι ότι τα LED διαθέτουν τα στοιχεία που καθιστούν το σχεδιασμό φωτισμού πιο εύκολη υπόθεση ώστε η κάθε πόλη να αναδείξει τα ιδιαίτερα της χαρακτηριστικά που θα την κάνουν πιο ελκυστική στους κατοίκους της αλλά και στους τουρίστες. Ο δεύτερος είναι ότι οι λαμπτήρες LED παρέχουν εξοικονόμηση ενέργειας με οικονομικά οφέλη για τις δημοτικές αρχές. Όμως, οι λαμπτήρες LED είναι ακόμα σε αρχικό στάδιο εφαρμογής και χρειάζεται περαιτέρω έρευνα τόσο σε θέματα τεχνολογίας όσο και σε θέματα που αφορούν τη σχέση των χρηστών με το φως που εκπέμπεται από τα LED.

#### **4. Από τη διεθνή εμπειρία στις ιδιαιτερότητες της Μεσογείου**

Από την διεθνή εμπειρία, προκύπτει ότι οι χώρες στη βόρεια Ευρώπη έχουν αρχίσει την αντικατάσταση των συμβατικών τους πηγών φωτισμού με τις καινοτόμες λάμπες LED, ενώ για τις μεσογειακές χώρες δεν υπάρχουν πολλά παραδείγματα και έρευνες. Εξάλλου, οι βόρειες χώρες της Ευρώπης σε σχέση με τις χώρες της Μεσογείου έχουν μεγαλύτερη ανάγκη τεχνητού φωτισμού λόγω των γεωγραφικών και κλιματολογικών συνθηκών (μεγαλύτερη διάρκεια της νύχτας κατά τους χειμερινούς μήνες, περισσότερη συννεφιά κλπ).

Στο σημείο αυτό γίνεται μια εισαγωγή στα χαρακτηριστικά που καθορίζουν τη φυσιογνωμία της μεσογειακής πόλης για να κατανοηθούν στη συνέχεια οι ανάγκες φωτισμού που απαιτούνται για την ανάδειξη του ιδιαίτερου χαρακτήρα της.

##### **4.1 Πολεοδομικά χαρακτηριστικά μεσογειακών πόλεων.**

Οι Μεσογειακές πόλεις χαρακτηρίζονται από το μνημειακό τους πλούτο, ο οποίος αντικατοπτρίζει και τα δύο τους βασικά χαρακτηριστικά : την αρχαία καταγωγή τους και τον αδιάλειπτο αστικό τους βίο.

Η περιοχή της Μεσογείου ανήκει στους κορυφαίους πόλους συγκέντρωσης της παγκόσμιας τουριστικής δραστηριότητας. Ωστόσο οι Μεσογειακές πόλεις δεν απολαμβάνουν το μερίδιο το οποίο δικαιούνται ως αυτοτελείς τουριστικοί προορισμοί (με εξαίρεση μια συγκεκριμένη ομάδα πόλεων), γεγονός που αποτελεί απόρροια της ελλιπούς προβολής. Παρόλα αυτά οι Μεσογειακές πόλεις διαθέτουν μια σειρά πλεονεκτημάτων, όπως η ζωντάνια τους. Χαρακτηρίζονται έτσι από την

πληθώρα εκδηλώσεων, στοιχείο που συνδέεται και με την σημαντική θέση που κατέχει στη δημόσια ζωή η θρησκεία. Επίσης σύμφωνα με την Λεοντίδου, στις Μεσογειακές πόλεις το κέντρο αποτελεί πάντοτε την καρδιά της πόλης.

Οι πόλεις της Μεσογείου έχουν τα εχέγγυα για να αποτελέσουν προορισμούς αστικού τουρισμού για όλο το χρόνο, ενώ πολλές από αυτές έχουν το συγκριτικό πλεονέκτημα να γειτνιάζουν με οργανωμένα παραθαλάσσια θέρετρα, οπότε λειτουργούν ως προορισμοί εντός ενός πλαισίου που χαρακτηρίζεται από τη συμπληρωματικότητα, στο οποίο όμως η αστική συνιστώσα του τουρισμού είναι περισσότερο αμβλυμένη, αν και διαρκώς αυξάνεται.

Η επίσκεψη μιας πόλης από τουρίστες είναι γνωστό ότι εξασφαλίζει άμεσα και απτά οφέλη για μια σειρά επιχειρήσεων της πόλης μικρού και μεσαίου μεγέθους. (Ζωγράφος et al, 2009).

Ο φωτισμός του αστικού ιστού μιας μεσογειακής πόλης προβάλλει και αναδεικνύει την ταυτότητα μιας πόλης, δημιουργεί διαδρομές σύνδεσης ιστορικών κτιρίων, χαρακτηριστικών τοπόσημων και δημοσίων χώρων.

Προκειμένου να επιτευχθεί ο στόχος της δημιουργίας ενός πρότυπου φωτισμού για ιστορικούς δρόμους σε κέντρα μεσογειακών πόλεων, θα πρέπει να γίνει μια πρώτη ανάγνωση στα βασικά πολεοδομικά χαρακτηριστικά που διέπουν τη αστική μορφολογία και τη γεωμετρία της Μεσογειακής πόλης.

Η Λεοντίδου (2006) υποστηρίζει ότι στοιχεία που χαρακτηρίζουν ένα τύπο "Μεσογειακής πόλης", όπως η μείξη των χρήσεων γης, ο ζωντανός δημόσιος χώρος, η περιορισμένη εκβιομηχάνιση και η κυριαρχία των μικρών επιχειρήσεων, ευνόησαν την υιοθέτηση που προσιδιάζουν στην "επιχειρηματική πόλη"

Σε πολεοδομικό επίπεδο οι μεσογειακές πόλεις είναι συμπαγείς, πολλές φορές ασφυκτικά κτισμένες, με αιχμή τα περίφημα *caruggi* της Γένοβας ή τα

σοκάκια της Νάπολης, σχισμές μέσα σε υψηλά κτίρια. Ακόμα και στις προκυμαίες υψώνονται ψηλά κτίρια, σχεδόν παράταιρα, ενώ στον αστικό ιστό βρίσκουμε λιγότερους ελεύθερους χώρους σαν πάρκα, από ότι στις βόρειες πόλεις.

Σε κάθε μεσογειακή πόλη βρίσκουμε ένα χάρτη μεικτών χρήσεων γης και ένα τοπίο πολύχρωμο και ζωντανό μέρα - νύχτα. Η ανάμιξη κατοικίας και οικονομικών δραστηριοτήτων φαίνεται σε ολόκληρο τον αστικό ιστό, τόσο οριζόντια όσο και κατακόρυφα.

## **4.2 Ρέθυμνο - Μια μεσογειακή πόλη**

Η θέση των τριών κυριότερων αστικών κέντρων της Κρήτης, των Χανίων, του Ρέθυμνου και του Ηρακλείου στα βόρεια παράλια, είναι βασικό χαρακτηριστικό της οικοδόμησης του νησιού. Στην πολεοδομική διάρθρωση των αστικών αυτών κέντρων, που έχει φρουριακό χαρακτήρα, αλλά και στην αρχιτεκτονική τους παράδοση είναι εμφανείς οι επιρροές κυρίως από την Ενετοκρατία και την Τουρκοκρατία.

Η πολεοδομική τους μορφή προέκυψε από τα ενετικά πρότυπα και έτσι συναντάμε σε αυτά ένα κεντρικό δρόμο από θάλασσα προς το εσωτερικό, που καταλήγει σε σημαντικά δημόσια κτίρια και πλατείες.

Οι πόλεις αυτές χαρακτηρίζονται από τους στενούς πολύπλοκης καμπυλωτής χάραξης δρόμους, από τα μικρά οικοδομικά τους τετράγωνα, που έχουν συνήθως ακανόνιστο σχήμα και από τα διαβατικά, πάνω από τα οποία υπάρχουν ιδιωτικοί χώροι κατοικιών. Τα στοιχεία αυτά διατηρούνται σήμερα κυρίως σε Χάνια και Ρέθυμνο, προσδίδοντας στις δυο αυτές πόλεις ιδιαίτερη



γοητεία και πολεοδομικό ενδιαφέρον, μεταφέροντας εκεί τη ρομαντική ατμόσφαιρα της Βενετίας. (Σκουτέλης, 2013).

Το Ρέθυμνο είναι μια σύγχρονη πόλη 33.000 περίπου κατοίκων, σύμφωνα με την απογραφή του 2011, έδρα της Περιφερειακής Ενότητας Ρεθύμνου, Περιφέρειας Κρήτης. Η παλιά πόλη του Ρεθύμνου διατηρεί σε μεγάλο βαθμό τον πολεοδομικό της ιστό, όπως αυτός διαμορφώθηκε κατά τη διάρκεια της ενετοκρατίας, με τις μεταβολές που επέφερε η τουρκική κατάκτηση και η συνεχής κατοίκηση έως τις μέρες μας.

Από την δεκαετία του 1970 ο τουρισμός, διαμορφώνει κατά ένα μεγάλο μέρος την οικονομική δραστηριότητα και την ζωή της πόλης. Σταδιακά η Παλιά Πόλη αναδείχθηκε σε πόλο αναψυχής όλων των κατοίκων του Ρεθύμνου, των τουριστών το καλοκαίρι και των φοιτητών το χειμώνα. Η νέα πόλη αναπτύσσεται σε μεγάλη έκταση ανατολικά και δυτικά κατά μήκος της παραλίας, ενοποιείται με τους περιβάλλοντες οικισμούς στα ανατολικά και αποκτά προάστια σε οικισμούς στην ενδοχώρα έχοντας καταλάβει τον περιορισμένο μεσογειακό χώρο στα νότια. Η εικόνα της αλλάζει στις μέρες μας με το ευρύ πρόγραμμα αναπλάσεων που βρίσκεται σε ισχύ τόσο στο ιστορικό κέντρο της όσο και περιφερειακά.

Η Παλιά Πόλη ανακηρύχθηκε Ιστορικό Διατηρητέο Μνημείο το 1967 και Παραδοσιακός Οικισμός το 1978 και άρχισαν εργασίες συντήρησης των υποδομών και των μνημείων. Παράλληλα απαγορεύονται οι οικοδομικές εργασίες που δεν συμβαδίζουν με τους όρους της προστασίας

Οι αστικοί συντελεστές μέσα στην Παλιά Πόλη είναι τα διάφορα μνημεία της, ο χώρος γύρω από αυτά και τα διάφορα πλατώματα. Αποτελούν κύριο μέρος της συνολικής ταυτότητας της πόλης, καθώς εκφράζουν την λειτουργία μιας

σύγχρονης πόλης πάνω στις δομές της παλιάς. Εμπεριέχουν τις ιστορικές μνήμες της πόλης που εμπλουτίζουν τις νέες χρήσεις. (Πατσουμάς, 2010)

#### **4.3 Περιγραφή περιοχής μελέτης**

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει την οδό Εθνικής Αντιστάσεως, τον κεντρικό δρόμο της παλιάς πόλης όπου συγκεντρώνεται η εμπορική κίνηση, με τα καταστήματα λιανικού εμπορίου και τουρισμού μέσα στην παλιά πόλη του Ρεθύμνου. Ξεκινάει από τη Μεγάλη Πόρτα, στη διασταύρωση των οδών Εθνικής Αντιστάσεως με Δημακοπούλου (πύλη Guora - το μοναδικό υπόλειμμα των βενετικών τειχών του Ρεθύμνου). Έχει μήκος περίπου 210 m από την Μεγάλη Πόρτα έως το τέλος της δηλαδή στο σημείο που ξεκινάει η διχάλα των οδών Σούλιου και Πετυχάκη. Στη δυτική (αριστερή) πλευρά του δρόμου, στο μέσο και στο τέλος του, υπήρχαν τα δυο μεγαλύτερα καθολικά μοναστήρια του Ρεθύμνου, ο Αγ. Φραγκίσκος και η Παναγία (Santa Maria) των Αυγουστινιανών

Από το πρώτο σώζονται μόνο η βασιλική του Αγ. Φραγκίσκου, ένα από τα πιο σημαντικά μνημεία του Ρεθύμνου και ανατολικά τα δυο παρεκκλήσια του ναού. Σήμερα ο χώρος χρησιμοποιείται για διάφορες πολιτιστικές εκδηλώσεις, τις περισσότερες φορές παράλληλα με την αίθουσα της Περιηγητικής Λέσχης Ρεθύμνου, που βρίσκεται ακριβώς απέναντι.

Από το δεύτερο μοναστήρι σώζεται επίσης μόνο η βασιλική, με προσθήκες που έγιναν από τους Τούρκους για την μετατροπή της σε τζαμί (Νερατζές). Η εκκλησία έχει ορθογωνικό σχήμα, με τρεις μικρούς τρούλους, οι οποίοι αντικατέστησαν την κεραμοσκέπαστη στέγη της βενετικής εκκλησίας. Το θύρωμα του κτηρίου είναι ένα από τα εντυπωσιακότερα του Ρεθύμνου. Το διπλανό

παρεκκλήσι ήταν αφιερωμένο στο Σώμα του Χριστού. Η εκκλησία μετατράπηκε σε τζαμί το 1657 και το παρεκκλήσι του σε οθωμανικό ιεροσπουδαστήριο. Το 1890 προστέθηκε, από το μηχανικό Γεώργιο Δασκαλάκη, μεγάλος μιναρές με δύο εξώστες, που είναι ο ψηλότερος του Ρεθύμνου (27μ). Σήμερα, το "τζαμί Νερατζέ", φιλοξενεί το Ωδείο της πόλης. (Τρούλης, 1998)

Τα δυο αυτά σπουδαία κτίρια μνημεία, αποτελούν και το ανατολικό όριο της νέας πλατείας Μικρασιατών, η οποία καταλαμβάνει το εσωτερικό του μεγαλύτερου σε έκταση οικοδομικού τετραγώνου της παλιάς πόλης. Αποτελεί έναν ελεύθερο χώρο, μεγαλύτερο των 6 στρεμμάτων, ο οποίος αναφέρεται σε ολόκληρη την πόλη και χωροθετεί το νέο τόπο της κοινωνικής ζωής. Ο σχεδιασμός της υλοποιεί όλες τις απαραίτητες συνδέσεις με τις αρτηρίες της παλιάς πόλης. Εδώ εκτονώνεται η κοινωνική ζωή της παλιάς πόλης αλλά και όλου του Δήμου και συμπληρώνονται οι πολιτιστικές λειτουργίες που στεγάζονται στα ιστορικά κτίρια στην περίμετρό του. Η κριτική που έχει δεχθεί ο χώρος αυτός έχει να κάνει με τις αρχιτεκτονικές υλοποιήσεις του, την αναλογία του πρασίνου και τον εξοπλισμό του. Η λειτουργία του όμως ως κοινωνικός τόπος εντάχθηκε άμεσα στη ζωή της πόλης που τον είχε ανάγκη. Εκτός από τα δυο ιστορικά κτίρια, που αναφέρθηκαν προηγουμένως και βρίσκονται στο ανατολικό όριο της περιμέτρου της, η πλατεία οριοθετείται και από άλλα επίσης σημαντικά κτήρια-μνημεία της πόλης όπως το 1ο Δημοτικό Σχολείο (Τούρκικο) και το Λαογραφικό Μουσείο. Ειδικότερα το «Τούρκικο» Σχολείο βρίσκεται δυτικά δίπλα στον Αγ. Φραγκίσκο, λειτουργεί στις μέρες μας σαν δημοτικό σχολείο και αποτελεί ένα από τα πιο γνωστά και χαρακτηριστικά μνημεία του Ρεθύμνου λόγω της ιστορίας και μορφής του. Χτίστηκε το 1890 από τον αρχιμηχανικό της εποχής Γεώργιο Δασκαλάκη και πεπειραμένους χτίστες της Πηγής. Από το 1967, με υπουργική απόφαση, το κτήριο έχει κριθεί παραδοσιακό

διατηρητέο ιστορικό μνημείο. Το κτήριο έχει διαστάσεις 19 X 16,5, δηλαδή καλύπτει επιφάνεια 313 τ.μ. και το ύψος του φτάνει τα 12 m. Φέρει τετράριχτη κεραμοσκεπαστη οροφή. Στην πρόσοψή του ανοίγονται 15 τοξωτά υψηλόκορμα παράθυρα, από τα οποία τα τέσσερα είναι χτισμένα (τυφλά), για λόγους στατικότητας του κτηρίου. (Δερεδάκης)

Στην περιοχή μελέτης, έργα προηγούμενων ετών έχουν αποκαταστήσει σε μεγάλο βαθμό την όψη και την προσβασιμότητα της περιοχής και έχουν δημιουργήσει τις συνθήκες για την συνεχή βελτίωσή της. Με την πάροδο των ετών έχουν ισορροπήσει οι λειτουργίες και πλέον υπάρχει μια ενδιαφέρουσα μίξη εμπορίου, αναψυχής, εστίασης, τουριστικών εξυπηρετήσεων, καταλυμάτων, ξενοδοχείων και κατοικιών με την αντίστοιχη κυκλοφορία κατοίκων, επισκεπτών, τουριστών και φοιτητών. (Πατσουμάς, 2010).

Η επιλογή της Εθν. Αντιστάσεως για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, έγινε με γνώμονα ότι αποτελεί αντιπροσωπευτικό παράδειγμα εμπορικού πεζοδρομημένου δρόμου σε μεσογειακές πόλεις όπως είναι οι οδοί Σταμ. Πρωίου στην Ερμούπολη Σύρου, η Ερμού στη Μυτιλήνη Λέσβου, η Λήδρα στη Λευκωσία Κύπρου, η Via Lomelli στη Γένοβα Ιταλίας, η Carrer d'Avinyo στη Βαρκελώνη Ισπανίας κτλ. Είναι οδοί που συγκεντρώνουν εμπορική δραστηριότητα, κίνηση και έχουν κοινά γεωμετρικά χαρακτηριστικά, δηλ στενοί με μικρές διακυμάνσεις στο πλάτος τους, το οποίο κυμαίνεται γύρω στα έξι m και ελαφριάς καμπυλωτής μορφής.



**Εικ 38:** Η οδός Εθν. Αντιστάσεως στο Ρέθυμνο (Πηγή : Google Earth, ίδια επεξεργασία)



**Εικ 39:** Η οδός Ερμού στο κέντρο της Μυτιλήνης Λέσβου. (Πηγή : Google Earth, ίδια επεξεργασία)

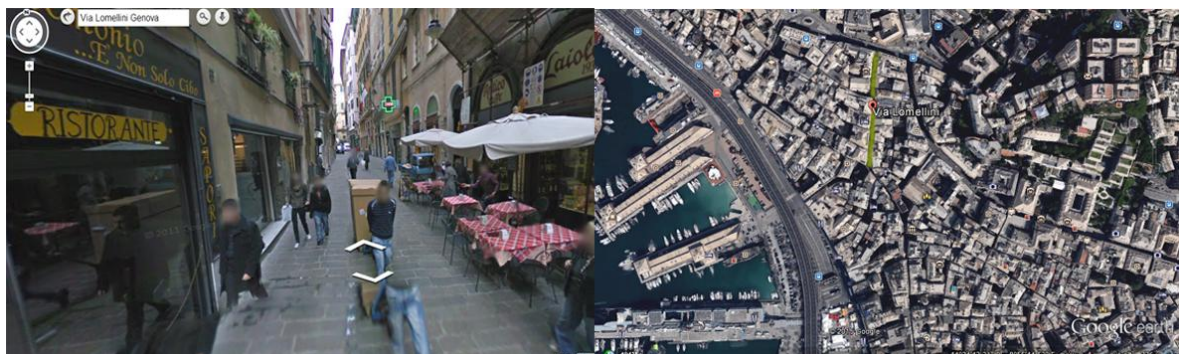


**Εικ 40:** Η οδός Λήδρας στη Λευκωσία Κύπρος (Πηγή : Google Earth, ίδια επεξεργασία)

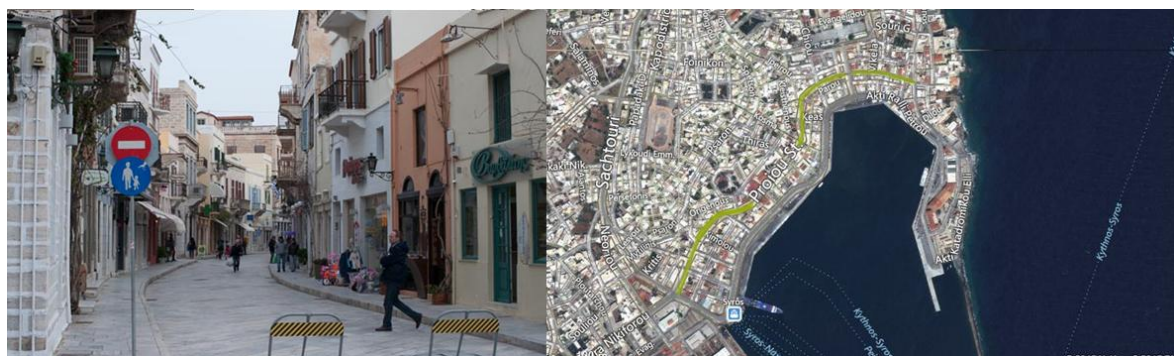




**Εικ 41:** Η Carrer d'Avinyó στη Βαρκελώνη Ισπανίας (Πηγή : Google Earth, ίδια επεξεργασία)



**Εικ 42:** Η Via Lomellini στη Γένοβα Ιταλίας (Πηγή : Google Earth, ίδια επεξεργασία)



**Εικ 43:** Η οδός Σταμάτη Πρωίου στην Ερμούπολη Σύρου Κυκλάδων. (Πηγή : Google Earth, ίδια επεξεργασία)

Συμπερασματικά, οι μεσογειακές πόλεις, με την ιστορικότητά τους, τα μνημεία τους, που αποτελούν τοπόσημα, τους στενούς αλλά ζωτικής σημασίας δρόμους, τις πλατείες και την μίξη χρήσεων εμπορίου και κατοικίας δηλώνουν ότι είναι πόλεις με ζωή, εξωστρέφεια και αποτελούν τουριστικές ατραξιόν. Σε σχέση όμως με τις πόλεις της βόρειας Ευρώπης υστερούν σε θέματα τεχνητού υπαίθριου φωτισμού. Οι λόγοι είναι πολλοί, ο βασικός, ίσως, να είναι ότι η μακρύτερη διάρκεια του φωτός την ημέρα στις μεσογειακές πόλεις δημιούργησε την αντίληψη ότι ο δημόσιος νυχτερινός υπαίθριος φωτισμός είναι δευτερευούσης σημασίας. Αυτή η αντίληψη, όμως, χρειάζεται να αναθεωρηθεί. Οι μεσογειακές πόλεις λόγω της πλούσιας ιστορίας τους έχουν πολλά μνημεία που πρέπει να φωτιστούν σωστά ώστε να αναδεικνύονται και κατά τη διάρκεια της νύχτας. Εξ άλλου, οι δημόσιοι χώροι ανάλογα με την χρήση τους, τη μορφή τους και τις περιβαλλοντικές συνθήκες πρέπει να φωτίζονται σύμφωνα με τα τεχνικά κριτήρια φωτισμού που αναλογούν σε κάθε περίπτωση ώστε να επιτυγχάνεται σωστός φωτισμός όπως θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο.

## **5. Κριτήρια φωτισμού για πεζόδρομους και δρόμους μικρής κυκλοφορίας με βάση τις τεχνικές εκθέσεις της Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού και του Ευρωπαϊκού Πρότυπο**

Στην καθημερινή ζωή, πολλές καταστάσεις λαμβάνουν χώρα σε μεσοπτικές συνθήκες φωτισμού. Οι κύριες εφαρμογές είναι στη νυχτερινή οδήγηση και στον αστικό φωτισμό. Ο φωτισμός ενός πεζόδρομου είναι διαφορετικός από τον φωτισμό της κυκλοφορίας οχημάτων, λόγω των διαφορετικών οπτικών θεμάτων που αντιμετωπίζουν οι πεζοί και οι οδηγοί. Για λόγους οδικής ασφάλειας, σε πολλές μελέτες έχει εξεταστεί από την πλευρά του οδηγού το θέμα της απόδοσης στις μεσοπτικές φωτομετρίες. Όταν παρατηρητής είναι ο οδηγός, οι βασικές παράμετροι είναι ο χρόνος αντίδρασης και η ελάχιστη διακριτή αντίθεση φωτός - σκότους (contrast threshold). Αντίθετα τα οπτικά θέματα που αντιμετωπίζουν οι πεζοί έχουν μελετηθεί σε λιγότερο εύρος και περιλαμβάνουν την ασφαλή μετακίνηση, τον οπτικό προσανατολισμό και την αναγνώριση προσώπων. (Decuyper et al, 2009). Το αίσθημα της ασφάλειας είναι επίσης σημαντικό (CIE, TC4-48). Το βασικό κριτήριο για την ασφαλή κίνηση έχει να κάνει με τον εντοπισμό των εμποδίων ή άλλων κινδύνων, ενώ η αίσθηση ασφάλειας έχει να κάνει με την παρατήρηση του περιβάλλοντος ενός ατόμου, συμπεριλαμβανομένης της αναγνώρισης άλλων πεζών και πιθανών εγκληματικών δραστηριοτήτων (CIE, TC4-48). Γενικά το οπτικό πεδίο ενός πεζού που κινείται σε μια πόλη τη νύχτα, περιλαμβάνει ένα μεγάλο εύρος ερεθισμάτων, έτσι ώστε η αντίληψη του δεν μπορεί να περιοριστεί σε ένα είδος ερεθίσματος ή σ' ένα τμήμα του οπτικού πεδίου. Γι' αυτό είναι μεγάλη η σημασία των μεσοπτικών συνθηκών φωτισμού σε ολόκληρο το οπτικό πεδίο ενός πεζού σε αστικό περιβάλλον τη νύχτα.



Τα κριτήρια φωτισμού των πεζόδρομων καθορίζονται έτσι ώστε να παρέχουν: **1.** επαρκές επίπεδο φωτισμού (illuminance), **2.** ομοιομορφία (illuminance uniformity), και **3.** περιορισμό αντανάκλασης/θάμβωσης (glare) (CIE 115 :2010, CIE 136 : 2000 EN 13201-2 : 2003).

Το επίπεδο φωτός(φωτισμού) αξιολογείται με βάση το μέσο οριζόντιο φωτισμό (**E<sub>h,av</sub>**), τον ελάχιστο οριζόντιο φωτισμό (**E<sub>h,min</sub>**), το μέσο ημισφαιρικό φωτισμό (**E<sub>hs,av</sub>**), τον ελάχιστο κάθετο φωτισμό (**E<sub>v,min</sub>**) και τον ελάχιστο ημικυλινδρικό φωτισμό (**E<sub>sc,min</sub>**).

Η ομοιομορφία αξιολογείται χρησιμοποιώντας την αναλογία της μέγιστης προς την ελάχιστη τιμή φωτισμού. Η ομοιομορφία έχει συζητηθεί σε αρκετές προηγούμενες μελέτες (Wei Luo,2014).

Η αντανάκλαση (Glare) αξιολογείται χρησιμοποιώντας το TI ( threshold increment [%] =όριο προσαύξησης %), τις τάξεις αντανάκλασης (G), ή τον τύπο περιορισμού αντανάκλασης (Wei Luo, 2014). Ο περιορισμός της αντανάκλασης δεν είναι τόσο κρίσιμος για τους πεζούς (όσο για τους αυτοκινητιστές), λόγω της μικρότερης ταχύτητας κίνησής τους και επειδή έχουν περισσότερο χρόνο για να αντιδράσουν. Δεν υπάρχουν διεθνώς συμφωνηθέντα πρότυπα για τον περιορισμό της αντανάκλασης, αλλά ένας αριθμός εθνικών μεθόδων είναι σήμερα σε χρήση (Wei Luo, 2014).

**Πίνακας 1:** Βασικά κριτήρια φωτισμού πεζόδρομων

<b>1.</b> Επαρκές επίπεδο φωτισμού (illuminance)	<b>1α.</b> E <sub>h</sub> (μέσος οριζόντιος επίπεδο φωτισμός)	Οριζόντιος φωτισμός
	<b>1β.</b> E <sub>h,min</sub> (ελάχιστο οριζόντιο επίπεδο φωτισμού)	
	<b>1γ.</b> E <sub>hs,av</sub> (μέσο ημισφαιρικό επίπεδο φωτισμού)	Φωτισμός κάθετων

	<b>1δ.</b> $E_v, \min$ (ελάχιστο κάθετο φωτισμός)	επιφανειών
	<b>1ε.</b> $E_{sc, \min}$ (ελάχιστο ημι-κυλινδρικό φωτισμό)	
<b>2.</b> Ομοιομορφία (illuminance uniformity)	$U_0 = E_{h, \min} / E_{h, av}$	Πόσο ομοιόμορφα διανέμεται το φως σε μια καθορισμένη περιοχή.
<b>3.</b> Περιορισμός αντανάκλασης	Όχι απαραίτητος για πεζούς / Δεν υπάρχουν διεθνώς συμφωνηθέντα πρότυπα	

Στο σημείο αυτό, παρατίθενται (περιληπτικά) από τις **Τεχνικές εκθέσεις της Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού και του Ευρωπαϊκού Πρότυπου** στοιχεία που αναφέρονται στις τάξεις/κατηγορίες φωτισμού και τα προτεινόμενα αποδεκτά όρια φωτισμού.

Οι τάξεις φωτισμού γενικά επιλέγονται και χαρακτηρίζονται από διάφορες παραμέτρους, όπως ο όγκος της κυκλοφορίας και οι περιβαλλοντικές συνθήκες.

**α). Τεχνική έκθεση Διεθνούς Επιτροπή Φωτισμού, CIE 92 : 1992 Οδηγός για τον Φωτισμό της Αστικών Περιοχών**, η οποία παρέχει συστάσεις για το φωτισμό των δημόσιων αρτηριών, και συμπεριλαμβάνει ποδηλατοδρόμους, πεζόδρομους, εμπορικά κέντρα, κατοικίες και άλλες μη-αρτηριακές διαδρομές, σοκάκια και λωρίδες. Τα επίπεδα φωτισμού για πεζοδρομήσεις δίνονται με όρους οριζόντιου φωτισμού μέσου και ελάχιστου ( **$E_{h, av}$  &  $E_{h, \min}$** ) και ελάχιστου ημι-κυλινδρικού φωτισμού ( **$E_{sc, \min}$** ). Οι τάξεις φωτισμού επιλέγονται με βάση το περιβάλλον και τους τύπους των διαδρομών των πεζών, με το περιβάλλον να χαρακτηρίζεται ως: πόλη ή το κέντρο της πόλης, προαστιακοί εμπορικοί δρόμοι, και κέντρα χωριών.

Οι τύποι των δρόμων περιέχουν μικτές διαδρομές οχημάτων και πεζών καθώς και διαδρομές που χρησιμοποιούνται μόνο από πεζούς.

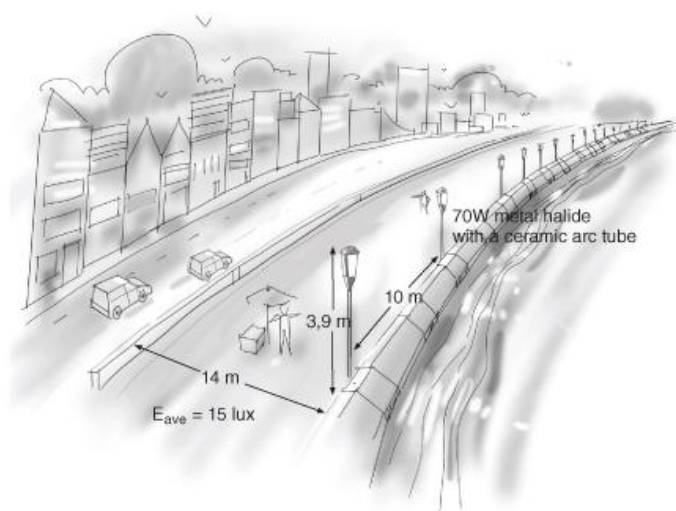
**β). Τεχνική έκθεση Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού, CIE 115 : 1995 (2η επανέκδοση το 2010) Συστάσεις για το Φωτισμό του δρόμου για Κυκλοφορία Οχημάτων και Πεζών**, όπου παρέχονται συστάσεις μόνο για μέσο και ελάχιστο οριζόντιο φωτισμό (**E<sub>h,av</sub>** & **E<sub>h,min</sub>**). Αν και η μελέτη συζητά για ημικυλινδρικό φωτισμό, δεν κάνει οποιεσδήποτε συστάσεις. Επιπλέον, η CIE 115: έκθεση του 1995 παρέχει μια λίστα από επτά κατηγορίες φωτισμού, P1 μέχρι P7, οι επιλογές των οποίων γίνονται με βάση τον όγκο της κυκλοφορίας, τα είδη των πεζοδρόμων και τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Αυτές είναι οι εξής :

**Πίνακας 2:** Οι επτά κατηγορίες φωτισμού δρόμων ανάλογα  
τον όγκο κυκλοφορίας οχημάτων και πεζών

Lighting Class	Description of Roads
P1	Οδοί υψηλού κύρους
P2	Υψηλή συχνότητα χρήσης από ποδηλάτες και πεζούς,
P3	Μέτρια συχνότητα χρήσης από ποδηλάτες και πεζούς
P4	Μικρή συχνότητα χρήσης από ποδηλάτες και πεζούς. Χρήση αποκλειστικά συνδεδεμένη με παρακείμενες κατοικίες
P5	Μικρή συχνότητα χρήσης από ποδηλάτες και πεζούς. Χρήση αποκλειστικά συνδεδεμένη με παρακείμενες κατοικίες. Σημαντικό να διατηρηθεί ο περιβαλλοντικός ή αρχιτεκτονικός χαρακτήρας της περιοχής
P6	Πολύ μικρή συχνότητα χρήσης από ποδηλάτες και πεζούς. Χρήση αποκλειστικά συνδεδεμένη με παρακείμενες κατοικίες. Σημαντικό να διατηρηθεί ο περιβαλλοντικός ή αρχιτεκτονικός χαρακτήρας της περιοχής
P7	Οδοί όπου η αποκλειστική χρήση της πηγής φωτισμού είναι η παροχή οπτικής καθοδήγησης

(ΣΗΜ: οι σημειωμένες με πορτοκαλί και κίτρινο χρώμα κατηγορίες P2 και P3 αντιστοιχούν στη περίπτωση της περιοχής μελέτης του Ρεθύμνου, όπως θα δούμε παρακάτω)

γ). Τεχνική έκθεση της Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού, CIE 136 : 2000 Οδηγός για τον Φωτισμό Αστικών Περιοχών, (η οποία αντικατέστησε την έκθεση CIE 92:1992 και χρησιμοποιήθηκε ως συμπλήρωμα της έκθεσης CIE 115:1995) συζητά τα κριτήρια φωτισμού για δημόσιους δρόμους. Τα επίπεδα φωτισμού για τις αστικές μεταφορές, συμπεριλαμβανομένων των πεζοδρόμων, ορίζονται με βάση επτά τάξεις. Αυτές οι τάξεις είναι ίδιες με εκείνες που αναφέρονται στην CIE 115:1995 έκθεση. Επιπλέον, κάνει συστάσεις σχετικά με τον ελάχιστο ημικυλινδρικό φωτισμό (**Esc,min**), με βάση τις προβλέψεις της έκθεσης CIE 92:1992. Κατηγοριοποιεί διαφορετικούς δρόμους στις περιοχές κατοικίας ανάλογα με τον τύπο των κατοικιών, τη δόμηση το ύψος και τις χρήσεις. Μια από τις κατηγορίες αναφέρεται σε παλιές πόλεις όπου η κατοικία αναμειγνύεται με γραφεία και καταστήματα και όπου στο ίδιο κτίριο μπορούν να συνυπάρχουν και οι τρεις χρήσεις (όπως συμβαίνει στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως στο Ρέθυμνο) και οι δρόμοι μπορεί να είναι ευθύγραμμοι ή με καμπύλες, στενοί ή φαρδιοί. Σε αυτές τις περιπτώσεις, προσδιορίζει ότι **απαιτείται φώς μόνο από τη μία πλευρά του**



**Εικ. 44:** Σχηματική αναπαράσταση κριτηρίων φωτισμού σε πεζοδρόμους.

Πηγή: <http://www.schreder.com/been/LearningCentre/HowToLight/Pages/HowtolightPedestrianAreas.aspx>

**δρόμου.** Εκτός εάν η απόσταση μεταξύ του φωτιστικού και της απέναντι ιδιοκτησίας είναι το διπλάσιο του ύψους του φωτιστικού, οπότε απαιτείται και δεύτερη σειρά φωτιστικών στην

απέναντι πλευρά. Το ύψος των φωτιστικών εξαρτάται από τον λοιπό αστικό εξοπλισμό της περιοχής και κυμαίνεται από **4 έως 8 m**

Χαμηλότερα προτιμώνται όταν υπάρχουν δέντρα. Η απόσταση μεταξύ των φωτιστικών εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της επιθυμητής κατανομής, επιπέδων και ομοιογένειας του φωτισμού. Έτσι μπορεί να τοποθετηθούν σε σύνολά ή να συνδυαστούν με άλλα στοιχεία αστικού εξοπλισμού της περιοχής. Γενικά το ύψος τους θα πρέπει να συνδέεται με το ύψος των γειτονικών κτιρίων. Το μέσο ύψος καλό είναι να μην ξεπερνά το μισό του μέσου ύψους των κτιρίων της οδού, αλλά και δεν πρέπει να είναι λιγότερο από το μισό του πλάτους της οδού.

**δ). Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 13201: έκθεση του 2003 (Φωτισμός Οδών. Μέρος 2: Απαιτήσεις Επιδόσεων).**

Το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN 13201/2003 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

Το πρώτο μέρος είναι οδηγία, δηλαδή δεν έχει υποχρεωτική εφαρμογή ενώ τα υπόλοιπα τρία μέρη είναι υποχρεωτικά στην εφαρμογή τους. Με την απόφαση όμως Δ13/Β/οικ. 16522 (ΦΕΚ Β' 1792 3.12.2004) του Υπουργού ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ορίσθηκε ότι οι κανόνες, τα στοιχεία, τα μεγέθη και οι προδιαγραφές υλικών για την σύνταξη μελετών και την εκτέλεση έργων οδικού φωτισμού θα πρέπει να είναι σύμφωνα με τα πρότυπα ΕΛΟΤ ή μέχρι την έκδοσή τους, σύμφωνα με τα πρότυπα EN, δηλαδή τις οδηγίες και τα κείμενα εναρμόνισης που εκδίδονται και ισχύουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

Στο πρώτο μέρος καθορίζεται η μεθοδολογία για την επιλογή των καταστάσεων φωτισμού ενός δρόμου ή μιας περιοχής και κατόπιν επιλέγεται η κατηγορία φωτισμού του δρόμου ή της περιοχής. Στο δεύτερο μέρος έχοντας επιλέξει την κατηγορία του δρόμου (κατάσταση φωτισμού), επιλέγονται από πίνακες τα φωτοτεχνικά δεδομένα που πρέπει να εφαρμοστούν στην μελετώμενη περιοχή.

Το πρότυπο δεν καθορίζει την αναγκαιότητα φωτισμού ενός δρόμου ή μιας περιοχής, αλλά εάν αποφασισθεί να φωτιστεί ένας δρόμος ή περιοχή, προσδιορίζει την αναγκαία στάθμη φωτισμού σε συνάρτηση με ορισμένες παραμέτρους, μερικές από τις οποίες είναι:

- Κυκλοφοριακή ροή οχημάτων
- Κυκλοφοριακή ροή ποδηλάτων
- Κυκλοφοριακή ροή πεζών
- Διάφορες δυσκολίες στην οδήγηση
- Η απαίτηση για τη δυνατότητα αναγνώρισης προσώπων
- Ο βαθμός εγκληματικότητας στην περιοχή
- Η πολυπλοκότητα του οπτικού πεδίου του οδηγού
- Η φωτεινότητα του περιβάλλοντος
- Οι καιρικές συνθήκες

Με το πρότυπο αυτό οι απαιτούμενες στάθμες φωτισμού εκφράζονται, είτε μέσω του φωτισμού σε οριζόντιο ή κάθετο επίπεδο, είτε μέσω της λαμπρότητας. Αξίζει να σημειωθεί πως οι απαιτούμενες τιμές είναι μικρότερες από αυτές που εφαρμόζονταν στην Ελλάδα μέχρι σήμερα.

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

Όσο αφορά τους πεζόδρομους ορίζονται σύμφωνα με τις σειρές S, A, ES και EV, οι οποίες στηρίζονται στην κατηγορία των χρηστών του οδικού δικτύου ή τους τύπους των πεζοδρόμων. Οι κατηγορίες S χρησιμοποιούν οριζόντιο φωτισμό, συμπεριλαμβανομένων των ελαχίστων διατηρούμενων τιμών των  $E_{h,av}$  &  $E_{h,min}$ .

Πιο αναλυτικά :

- Κατηγορίες S, 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 κτλ.
- Κατηγορίες ES: Αποτελούν πρόσθετες κατηγορίες 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.
- Κατηγορίες EV: Προορίζονται ως πρόσθετες κατηγορίες στις περιπτώσεις όπου κάθετες επιφάνειες πρέπει να είναι ορατές. Εφαρμόζονται σε οδικές περιοχές όπως οι σταθμοί διοδίων κτλ.

Οι κατηγορίες A χρησιμοποιούν ημισφαιρικό φωτισμό, συμπεριλαμβανομένου του μέσου όρου των ελάχιστων τιμών διατήρησης για  $E_{hs,av}$  και της  $U_0$  (ομοιομορφία ημισφαιρικού φωτισμού). Τόσο οι S και οι A κατηγορίες παρέχουν κριτήρια φωτισμού για τους πεζούς και τους ποδηλάτες για διαφορετικούς τύπους οδού.

Οι κατηγορίες ES είναι βασισμένες στην ημι-κυλινδρική ένταση (semi - cylinder illuminance)  $E_{sc,min}$ , προκειμένου να περιορίσει το έγκλημα και να αυξηθεί το αίσθημα ασφάλειας.

Οι κατηγορίες EV χρησιμοποιούν τα κριτήρια για τον μέσο κατακόρυφο φωτισμό ( $E_{v,min}$ ), όταν παρατηρώντας κάθετες επιφάνειες. (Παναγάκος, 2007)

**ε). Τεχνική έκθεση Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού, CIE 115 : 2010 Φωτισμός Οδών για τα Κυκλοφορία Οχημάτων και Πεζών**, δίνει οδηγίες για το φωτισμό καλής ποιότητας για τους δρόμους σε περιοχές κατοικίας και παρέχει κριτήρια φωτισμού για πεζούς που βασίζονται εν μέρει στην έκθεση CIE 136:2000. Τα κριτήρια φωτισμού περιλαμβάνουν  **$E_{h,ave}$  &  $E_{h,min}$** . Επιπλέον, τα κριτήρια  **$E_{v,min}$**  και  **$E_{sc,min}$**  συνιστώνται για την αναγνώριση του προσώπου.

## **5.1 Φωτισμός οριζόντιων επιφανειών**

Κατά μήκος των πεζοδρόμων, ο φωτισμός των οριζόντιων επιφανειών αξιολογείται χρησιμοποιώντας το μέσο όρο ( **$E_{h,av}$** ) και τη ελάχιστη ( **$E_{h,min}$** ) των τιμών των οριζόντιων φωτισμών. Κύριος σκοπός είναι να εξασφαλιστεί η ασφαλής κίνηση του πεζών.

Από τη σύγκριση των στοιχείων των Technical Reports της CIE και της EN 13201-2:2003 προκύπτει ο παρακάτω **Πίνακας 3**



**Πίνακας 3** Ο Συνιστώμενος μέσος οριζόντιος φωτισμός ( $E_h, av$ ) και ελάχιστος οριζόντιος φωτισμός ( $E_h, min$ ) με βάση τις CIE και CEN δημοσιεύσεις

\*Mixed: μικτή χρήση από οχήματα και πεζούς \*\*Ped.: αποκλειστικά πεζοί

CIE 92 : 1992				CIE 115: 1995			CIE 136: 2000			EN 13201-2:2003			CIE 115: 2010		
Class		$E_h, av$ (lx)	$E_h, min$ (lx)	Class	$E_h, av$ (lx)	$E_h, min$ (lx)	Class	$E_h, av$ (lx)	$E_h, min$ (lx)	Class	$E_h, av$ (lx)	$E_h, min$ (lx)	Class	$E_h, av$ (lx)	$E_h, min$ (lx)
City or Town Centres	*Mixed	25	10	<b>P1</b>	20	7,5	<b>P1</b>	20	7,5	<b>S1</b>	15	5	<b>P1</b>	15	3,0
	**Ped.	15	5	<b>P2</b>	10	3	<b>P2</b>	10	3	<b>S2</b>	10	3	<b>P2</b>	10	2,0
Suburban Shopping Streets	*Mixed	20	8	<b>P3</b>	7,5	1,5	<b>P3</b>	7,5	1,5	<b>S3</b>	7,5	1,5	<b>P3</b>	7,5	1,5
	**Ped.	10	3	<b>P4</b>	5	1	<b>P4</b>	5	1	<b>S4</b>	5	1	<b>P4</b>	5,0	1,0
Village Centres	*Mixed	10	4	<b>P5</b>	3	0,6	<b>P5</b>	3	0,6	<b>S5</b>	3	0,6	<b>P5</b>	3,0	0,6
	**Ped.	8	2	<b>P6</b>	1,5	0,2	<b>P6</b>	1,5	0,2	<b>S6</b>	2	0,6	<b>P6</b>	2,0	0,4
				<b>P7</b>	Not Applicable		<b>P7</b>	Not applicable		<b>S7</b>	Performance not determined				

(ότι είναι σημειωμένο με πορτοκαλί και κίτρινο αντιστοιχούν στη περίπτωση του Ρεθύμνου όπως θα δούμε παρακάτω).

Παρατηρούμε ότι η έκθεση CIE 115:1995 συνιστά οριζόντιο φωτισμό για τους πεζοδρόμους χρησιμοποιώντας επτά τάξεις φωτισμού (P1 με P7). Αυτές οι ίδιες συστάσεις δόθηκαν επίσης στην έκθεση CIE 136:2000, στην οποία χρησιμοποιούνται για τον φωτισμό ίδιες τάξεις και επίπεδα του φωτός. Η έκθεση EN 13201-2 συνιστά κλάσεις φωτισμού που κυμαίνονται από S1 μέχρι S7.

Οι κλάσεις P και S έχουν παρόμοιες τιμές για **Eh,av** (Πίνακας 3), εκτός του ότι η κλάση S1 έχει μικρότερη τιμή από 15 lx στην EN 13201 - 2:2003, από την κατηγορία P1 (20 lx) στη CIE 136 : 2000, ενώ η τάξη P6 έχει μικρότερη τιμή από 1,5 lx στην έκθεση CIE 136:2000 από το S6 κατηγορία (2 lx) της έκθεσης EN 13201-2:2003.

Οι τιμές για **Eh,min** αναβαθμίστηκαν με μικρότερο εύρος μεταξύ 3 και 0,4 lx για τις P1 έως P6 τάξεις στο CIE 115:2010. Στην έκθεση EN 13201-2:2003, οι τιμές για **Eh,min** κυμαίνονται μεταξύ 5 και 0,6 lx για τις S1 μέχρι S6 τάξεις.

Όπως φαίνεται στον παραπάνω πίνακα, η συνιστώμενη μέση τιμή (**Eh,av**) φωτισμού κυμαίνεται γενικά από 1,5 έως 25 lx, ανάλογα με το περιβάλλον και τους τύπους των πεζοδρόμων. Ως ελάχιστη τιμή (**Eh,min**) δόθηκε αρχικά 0,2 lx στη δεκαετία του 1990 [Wei Luo, 2014], αλλά έκτοτε έχει αναβαθμιστεί σε 0,4 lx ή 0,6 lx σε μεταγενέστερες δημοσιεύσεις, όπως EN 13201-2:2003 καθώς και CIE 115:2010.

Στην CIE 92: έκθεση του 1992, οι τιμές για **Eh,av** κυμαίνονται από 8 έως 25 lx και οι τιμές για **Eh,min** κυμαίνονται από 2 έως 10 lx, ανάλογα με το περιβάλλον (πόλη ή κέντρα των πόλεων, προαστιακοί εμπορικοί δρόμοι ή κέντρα χωριών) και τα είδη των δρόμων (μικτοί οχημάτων και πεζών, ή μόνο των πεζών). Ωστόσο, αυτή η έκδοση έχει αντικατασταθεί από την έκθεση CIE 136:2000, στην οποία και οι κατηγορίες και τα επίπεδα φωτισμού έχουν αναβαθμιστεί.

Τα συνιστώμενα επίπεδα φωτισμού που φαίνονται στον παραπάνω πίνακα βασίζονται σε μελέτες που έγιναν κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 και του 1980 (Wei Luo, 2014). Οι μελέτες αυτές αναφέρουν τιμές για το μέσο επίπεδο οριζόντιου φωτισμού που κυμαίνονται από 1 έως 20 lx ανάλογα με το σκοπό του δημόσιου φωτισμού σε κατοικημένες περιοχές. Προηγούμενες μελέτες συνιστούσαν την τιμή 5 lx για **Eh,av** ως βάση για την ορατότητα κατά μήκος του δρόμου. Οι μελέτες πρότειναν επίσης τη χρήση της τιμής αυτή ως το γενικό μέσο όρο φωτισμού σε οριζόντια επιφάνεια σε περιοχές για τους πεζούς, και για τη διευκόλυνση του προσανατολισμού. (Wei Luo, 2014).

Το 1978, ο Tan διερεύνησε το απαιτούμενο επίπεδο φωτισμού για δρόμους σε περιοχές κατοικιών. Βρήκε ότι η τιμή των 2 έως 3 lx θα μπορούσε να γίνει αποδεκτή από τους εμπειρογνώμονες του φωτισμού, τους κατοίκους και τις αστυνομικές αρχές. Οι κάτοικοι δέχτηκαν χαμηλότερη τιμή από 1 έως 2 lx, αλλά οι εμπειρογνώμονες του φωτισμού και οι αστυνομικές αρχές εξέφρασαν αντίρρηση ότι αυτή η τιμή ήταν πολύ χαμηλή.

Μια υψηλότερη τιμή για το μέσο φωτισμού σε οριζόντια επιφάνεια, όπως 15 lx, συστήθηκε σε ένα γερμανικό οδηγό για στοές και παράδρομους (παρόδους). Ομοίως, η τιμή 20 lx αναφέρθηκε για την αναγνώριση ανθρώπινων χαρακτηριστικών. Όλες αυτές οι τιμές συνοψίζονται στον **Πίνακα 4**. (Wei Luo, 2014)

**Πίνακας 4.** Οι συνιστώμενες μέσες τιμές οριζόντιου φωτισμού σύμφωνα με τη μελέτη του Wei Luo, 2014

Illuminance	References	Remarks
1 to 2 lx	Tan, 1978[52].	Αποδεκτό από τους κατοίκους, αλλά οι εμπειρογνώμονες φωτισμού και οι αστυνομικές αρχές διαφώνησαν, με το επιχείρημα ότι ήταν πολύ χαμηλή.
2 to 3 lx	Tan, 1978[52].	Αποδεκτό από κατοίκους,

		εμπειρογνώμονες φωτισμού και αστυνομικές αρχές
5 lx	NSVV, 1974/1975 - NSVV, 1977 - Hendriks, 1978 Schreuder, 1978 - Schreuder, 1979	Βάση για την ορατότητα κατά μήκος των πεζόδρομων
	de Boer, 1975[60].	Γενικός μέσος όρος οριζόντιου φωτισμού για τις περιοχές των πεζών
	FGS, 1977[61].	Διευκόλυνση προσανατολισμού
15 lx	FGS, 1977[61].	Συνιστάται για στοές, περάσματα και παρόδους
20 lx	Fischer, 1973[63].	Αναγνώριση των ανθρώπινων χαρακτηριστικών

(ότι είναι σημειωμένο με πορτοκαλί και κίτρινο αντιστοιχούν στη περίπτωση του Ρεθύμνου όπως θα δούμε παρακάτω)

## 5.2 Φωτισμός κάθετων επιφανειών

Ο σκοπός του φωτισμού των κάθετων επιφανειών είναι να ανιχνεύονται οι επιφάνειες αυτές και να καθίσταται δυνατή η αναγνώριση του προσώπου. Οι συστάσεις αφορούν το κατακόρυφο, τον ημι-σφαιρικό και τον ημι-κυλινδρικό φωτισμό.

Κατακόρυφος φωτισμός (Ev) είναι ο φωτισμός στο κατακόρυφο επίπεδο

Ημι-κυλινδρικός φωτισμός (Esc) είναι ο αριθμητικός μέσος όρος του κατακόρυφου φωτισμού, ο οποίος βρίσκεται σε ένα σημείο στην περιοχή των γωνιών αζιμουθίου.

Ημι-σφαιρικός φωτισμός (Ehs) είναι η φωτεινή ροή σε ένα μικρό ημισφαίριο με μια οριζόντια βάση, διαιρούμενη με το εμβαδόν επιφανείας του ημισφαίριου. Η χρήση του ημισφαιρικού φωτισμού είναι σπάνια. Οι μόνες συστάσεις γι' αυτόν δίνονται στην έκθεση EN13201-1:2003 και περιέχουν τιμές για τον ελάχιστο ημισφαιρικό φωτισμό (**Ehs,min**) και τη συνολική ομοιομορφία του (Uo). Οι τιμές για τον

**E<sub>h</sub>,min** προκύπτουν από τη σύσταση της Δανίας για διάφορες κατηγορίες δρόμων σε περιοχές κατοικιών, και κυμαίνονται από 1 έως 5 lx (Wei Luo, 2014).

**Πίνακας 5.** Ο συνιστώμενος ελάχιστος ημισφαιρικός φωτισμός (*E<sub>h</sub>, min*) και η συνολική ομοιομορφία του (*U<sub>o</sub>*), με βάση την δημοσίευση EN13201-1: 2003

Class (Τάξη)	Hemispherical illuminance (Ημισφαιρικός φωτισμός)	
	E <sub>h</sub> ,min in Lx (minimum mantained)	U <sub>o</sub> (minimum)
A1	5	0,15
A2	3	0,15
A3	2	0,15
A4	1,5	0,15
A5	1	0,15
A6	Δεν προσδιορίζεται απόδοση	Δεν προσδιορίζεται απόδοση

Σε γενικές γραμμές, ο φωτισμός των κάθετων επιφανειών χαρακτηρίζεται από τον μέσο κατακόρυφο φωτισμό (**E<sub>v,av</sub>**) και τον ελάχιστο ημι-κυλινδρικό φωτισμό (**E<sub>sc,min</sub>**).

**Μέσος κατακόρυφος φωτισμός (E<sub>v,av</sub>):** Οι μελέτες σπάνια παρέχουν άμεσα τις τιμές για τον κατακόρυφο φωτισμό. Μόνο οι εκθέσεις EN 13201-2:2003 και CIE 115:2010 κάνουν συστάσεις σχετικά με τον κατακόρυφο φωτισμό. Όπως φαίνεται στον **Πίνακα 6**, οι τιμές που προτείνονται στις διαφορετικές δημοσιεύσεις διαφέρουν σημαντικά.

**Πίνακας 6.** Ο συνιστώμενος μέσος κατακόρυφος φωτισμός (***Ev,av***) με βάση τις δημοσιεύσεις CEN και CIE

<b>Μέσος κατακόρυφος φωτισμός(<i>Ev,av</i>)</b>			
<b>EN 13201-2:2003</b>		<b>CIE 115: 2010</b>	
<b>Class</b>	<b><i>Ev,av</i> (lx)</b>	<b>Class</b>	<b><i>Ev,av</i> (lx)</b>
EV1	50	P1	5,0
EV2	30	P2	3,0
EV3	10	P3	2,5
EV4	7,5	P4	1,5
EV5	5	P5	1,0
EV6	0,5	P6	0,6

Οι τιμές για ***Ev,av*** κυμαίνονται από 50 lx έως 0,5 lx στην έκθεση EN 13201-2:2003, ενώ κυμαίνονται μόνο από 5,0 έως 0,6 lx στην έκθεση CIE 115:2010.

Η διαφορά μπορεί να εξηγηθεί από τους διαφορετικούς στόχους. Η σύσταση στο πρότυπο EN 13201-2:2003 είναι για καταστάσεις περιοχών που εμπλέκονται αλληλεπιδράσεις και όπου οι κάθετες επιφάνειες πρέπει να ξεχωρίζουν/να φαίνονται, ενώ η σύσταση της έκθεσης CIE 115:2010 βασίζεται στις ανάγκες της αναγνώρισης του προσώπου.

Σε υποκειμενικές εκτιμήσεις του φωτισμού των δρόμων σε περιοχές κατοικιών, ο κατακόρυφος φωτισμός είναι απαραίτητος για την παροχή μιας αίσθησης οπτικού προσανατολισμού, στον οποίο τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, όπως τα κτίρια και τα φυτά, πρέπει να προσδιορίζονται.

Επανεξετάζοντας τις μελέτες που διεξήχθησαν στη δεκαετία του 1970, ο Schreuder στη μελέτη του για τον φωτισμό περιοχών με κατοικίες, πρότεινε ότι η τιμή κατακόρυφου φωτισμού θα πρέπει να είναι 20 lx, όταν είναι σημαντικό να μπορούμε να παρατηρήσουμε τις εκφράσεις του προσώπου του ανθρώπου.

Έφτασε σε αυτήν την τιμή με βάση τις μελέτες του Fischer των επιπέδων φωτισμού που απαιτείται προκειμένου να εντοπιστούν τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά σε εσωτερικούς χώρους εργασίας (Wei Luo, 2014)

Ο Fischer συνιστούσε τη χρήση τεσσάρων επιπέδων φωτισμού για τον εντοπισμό των χαρακτηριστικών του προσώπου και συνθήκες ορατότητας (**Πίνακας 7**). Υπέδειξε ότι η τιμή των 20 lx είναι ο ελάχιστος κάθετος φωτισμός στον οποίο τα χαρακτηριστικά του προσώπου μπορούν μόλις και μετά βίας να διακρίνονται.

Ωστόσο, μεταγενέστερες μελέτες στη δεκαετία του 1980 επικεντρώθηκαν στην αναγνώριση του προσώπου που βασίζεται σε ημι-κυλινδρικό φωτισμού [Wei Luo, 2014]

**Πίνακας 7.** Τέσσερα επίπεδα φωτισμού για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών του προσώπου και τις συνθήκες ορατότητας (κατά Fischer)

<b>Illuminance (lx)</b>	<b>Ένδειξη</b>	<b>Συμπέρασμα</b>
20	Χαρακτηριστικά του ανθρώπινου προσώπου μόλις που διακρίνονται	Ο ελάχιστος φωτισμός δημόσιων χώρων και διάδρομων πρέπει να είναι 20 lx
200	Χαρακτηριστικά του ανθρώπινου προσώπου αντιληπτά σε αποδεκτό βαθμό	Ο ελάχιστος φωτισμός εσωτερικών χώρων εργασίας πρέπει να είναι 200 lx
2.000	Βέλτιστες συνθήκες θέασης σε κανονικούς εσωτερικούς χώρους εργασίας	Ένα εύρος μεταξύ 200 και 2.000 lx προτείνεται για γενικό φωτισμό σε εσωτερικούς χώρους εργασίας
20.000	Φωτεινότητα εργασίας τουλάχιστον 1000 cd/m <sup>2</sup> για ανάκλαση πάνω από 0,15	Ένα εύρος μεταξύ 2.000 και 2.000 lx προτείνεται για τοπικό φωτισμό για οπτικά απαιτητικές εργασίες

### Ελάχιστος ημι-κυλινδρικός φωτισμός (**Esc,min**) :

Ο ημι-κυλινδρικός φωτισμός (**Esc,min**) που συνιστάται στις δημοσιεύσεις CIE 92:1992, CIE 136:2000, EN13201-1: 2003 και CIE 115:2010 έχει διαφορετικές τιμές ανάλογα με την κατηγορία φωτισμού.

Ενώ η έκθεση CIE 115:1995 αν και αναφέρεται στον ημι-κυλινδρικό φωτισμό, δεν κάνει οποιεσδήποτε συστάσεις σχετικά με αυτόν.

Όπως φαίνεται στον **Πίνακα 8**, οι συνιστώμενες από την έκθεση CIE 92:1992 τιμές κυμαίνονται από 10 έως 3 lx lx για τον **Esc,min**. Ωστόσο, η έκθεση αυτή αντικαταστάθηκε από την έκθεση CIE 136:2000, η οποία επαναπροσδιόρισε τις κατηγορίες φωτισμού χρησιμοποιώντας επτά διαφορετικές κατηγορίες (P1 με P7), με τις τιμές για τον **Esc,min** να κυμαίνονται από 5 lx μέχρι 0,5 lx. Η έκθεση EN 13201-2:2003 χρησιμοποιεί εννέα κατηγορίες φωτισμού (ES1- ES9) για την **Esc,min** που κυμαίνονται από 10 έως 0,5 lx lx. Ενώ η 115:2010 CIE στενεύει το εύρος για τον **Esc,min** από 3 lx σε 0,4 lx για 6 κατηγορίες φωτισμού P1- P6.



**Πίνακας 8.** Ο συνιστώμενος ελάχιστος ημι-κυλινδρικός φωτισμός (*Esc, min*) για τον φωτισμό πεζοδρόμων με βάση τις δημοσιεύσεις CIE και CEN  
 \*Mixed: μικτή χρήση από οχήματα και πεζούς \*\*Ped.: αποκλειστικά πεζοί.

<b>Ελάχιστος ημι-κυλινδρικός φωτισμός (<i>Esc, min</i>)</b>								
<b>CIE 92: 1992</b>			<b>CIE 136: 2000</b>		<b>EN 13201-2: 2003</b>		<b>CIE 115: 2010</b>	
Class		<i>Esc, min</i> (lx)	Class	<i>Esc, min</i> (lx)	Class	<i>Esc, min</i> (lx)	Class	<i>Esc, min</i> (lx)
City or Town Centres	*Mixed	10	P1	5	ES1	10	P1	3.0
	**Ped.	5	P2	2	ES2	7.5	P2	2.0
Suburban Shopping Streets	*Mixed	8	P3	1.5	ES3	5	P3	1,5
	**Ped.	4	P4	1	ES4	3	P4	1.0
Village Centres	*Mixed	4	P5	0.75	ES5	2	P5	0.6
	**Ped.	3	P6	0.5	ES6	1.5	P6	0.4
			P7	Not Applicable	ES7	1		
					ES8	0.75		
					ES9	0.5		

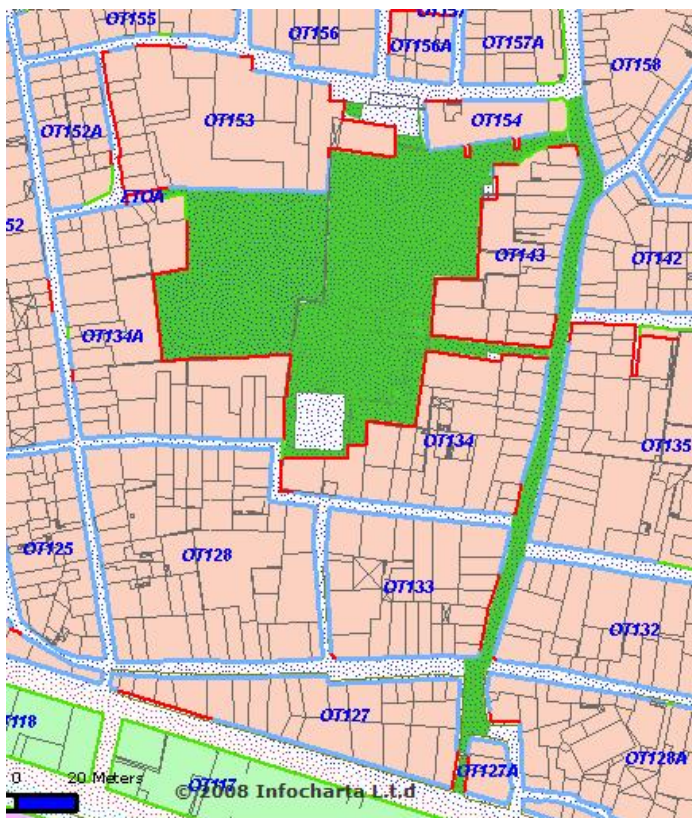
Η βάση για τις ημι-κυλινδρικές συστάσεις φωτισμού στηρίζεται στην έρευνα που έγινε από τους Caminada και Van Bommel. Χρησιμοποίησαν μια απόσταση παρατήρησης 4 m, η οποία βασίστηκε σε μελέτες του Hall πάνω στην ανθρώπινη συμπεριφορά σε διαφορετικές αποστάσεις. Οι Caminada και Van Bommel κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι ο ημι-κυλινδρικός φωτισμός που απαιτείται για την αναγνώριση του προσώπου είναι 0,8 lx σε απόσταση 4 m και 2,7 lx σε απόσταση 10 m. Τις τιμές αυτές τις υιοθετεί και το πρότυπο CIE 136: 2000. (Wei Luo, 2014)

Η ιστορική και θεωρητική ανασκόπηση στα κριτήρια φωτισμού υποδεικνύει ότι η επίτευξη μιας ιδανικής τιμής φωτισμού για δρόμους και πεζόδρομους τόσο στο επίπεδο του οριζόντιου φωτισμού όσο και στο επίπεδο του κάθετου φωτισμού είναι μια συνεχής εξελικτική διαδικασία. Η ανίχνευση των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των διαφόρων περιπτώσεων δρόμων οδηγεί στην κατηγοριοποίηση τους ως προς τις ανάγκες φωτισμού και στη δημιουργία προτύπων, που θα μας φανούν χρήσιμα στη συνέχεια της μελέτης της πλατείας και της οδού στο Ρέθυμνο.

## 6. Μεθοδολογία

### 6.1 Επιλογή του τόπου διεξαγωγής της έρευνας.

Ως περιοχή μελέτης της έρευνας ορίζονται η Πλατεία Μικρασιατών και η οδός Εθνικής Αντιστάσεως στο Ρέθυμνο. Η επιλογή έγινε με γνώμονα ότι η Πλατεία Μικρασιατών (α) συγκεντρώνει πλήθος αρχιτεκτονικών χαρακτηριστικών κτιρίων και περιβάλλοντα χώρου τα οποία έχουν ιστορική σημασία και αποτελούν τοπόσημα της περιοχής που θα αναδειχθούν μέσα από την μελέτη



**Εικ 45:** Χάρτης ευρύτερης περιοχής Παλιάς Πόλης Ρέθυμνου. Με πράσινο σημειώνεται η περιοχή μελέτης (Πλατεία Μικρασιατών και η Εθν. Αντιστάσεως). *Πηγή :* [http://www.rethymno.gr/Rethymno\\_Public/](http://www.rethymno.gr/Rethymno_Public/), ίδια επεξεργασία

φωτισμού και (β) αποτελεί πόλο κοινωνικών δραστηριοτήτων τις νυχτερινές ώρες.

Η οδός Εθνικής Αντιστάσεως αποτελεί αντιπροσωπευτικό παράδειγμα εμπορικού πεζοδρομημένου δρόμου με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά ενός δρόμου σε ιστορικό κέντρο μιας μεσογειακής πόλης. (στενός, ακανόνιστου πλάτους της τάξεως των 6 m, και όχι τελείως ευθυγραμμισμένης μορφής).

## 6.2 Διάρθρωση εργασίας και μέθοδοι έρευνας.

Η έρευνα περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα :

**α.** Ανάλυση υφιστάμενης κατάστασης φωτισμού Πλατείας Μικρασιατών μέσω καταγραφής υφιστάμενων φωτιστικών σωμάτων και πέρασμα δεδομένων σε λογισμικό φωτομετρίας (Relux).

**β.** Μελέτης ενεργειακής αναβάθμισης Πλατείας Μικρασιατών (Relux)

**γ.** Εμβάθυνση στην ανάλυση της υφιστάμενης κατάστασης φωτισμού της οδού Εθνικής Αντιστάσεως με υποκειμενικούς - κοινωνικούς παράγοντες (ερωτηματολόγια), όργανα μέτρησης (λουξόμετρο), απεικόνιση των αποτελεσμάτων της μέτρησης μέσω του λογισμικού ArcGIS και με προσομοιώσεις με το λογισμικό Relux.

**δ.** Προτεινόμενες λύσεις αναβάθμισης της οδού Εθνικής Αντιστάσεως, οι οποίες έγιναν με το λογισμικό Relux.

Τα δύο πρώτα βήματα (**α & β**) αναφέρονται στην Πλατεία Μικρασιατών στη παλιά πόλη του Ρέθυμνου και έχουν τη μορφή μιας μελέτης φωτισμού, κατά την οποία εφαρμόζονται τα κριτήρια που ορίζονται στα Technical Reports της CIE και της CEN. Στόχος της μελέτης αυτής φωτισμού της Πλατείας Μικρασιατών Ρέθυμνου με το λογισμικό Relux είναι να κατανοηθούν οι σχέσεις του τεχνητού υπαίθριου αστικού φωτισμού με τη λειτουργία του δημοσίου χώρου, να αναδειχθούν τα αρχιτεκτονικά στοιχεία της πλατείας και γενικότερα να αναβαθμιστεί ενεργειακά το νυχτερινό τοπίο.

Το τρίτο βήμα της έρευνας επικεντρώνεται στο υφιστάμενο φωτισμό της οδού Εθν. Αντιστάσεως. Γίνεται εμβάθυνση μέσω έρευνας πεδίου με ερωτηματολόγια, μετρήσεις με λουξόμετρο, απεικόνιση των αποτελεσμάτων της μέτρησης με το λογισμικό ArcGIS. Αφού κατανοηθεί η υφιστάμενη κατάσταση

φωτισμού, εντοπίζονται οι αδυναμίες και τα σφάλματα της και εντοπίζεται κατά πόσο η προσομοίωση της υφιστάμενης κατάστασης φωτισμού μέσω του λογισμικού Relux ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα όπως αυτή εμφανίζεται μέσα από τις μετρήσεις του λουξόμετρου και της απεικόνισης του στο ArchGIS, η έρευνα προχωρά στο τέταρτο βήμα. Δηλαδή, στις προσομοιώσεις εναλλακτικών λύσεων με το λογισμικό φωτομετρίας (Relux), ώστε να διερευνηθεί ο προαναφερόμενος προβληματισμός: *Ποιές από τις βασικές **παραμέτρους** χαρακτηριστικών και χωροθέτησης φωτιστικών σωμάτων (**α.** ύψος φωτιστικού σώματος, **β.** απόσταση μεταξύ φωτιστικών σωμάτων, **γ.** εύρος κατανομής φωτός) ανταποκρίνονται στα **κριτήρια** φωτισμού όπως αυτά διαμορφώνονται με βάση ευρωπαϊκές οδηγίες και οδηγούς καλής εφαρμογής σε: **α.** εξοικονόμηση ενέργειας, **β.** ομοιομορφία και **γ.** ένταση φωτισμού. Επίσης εξετάζεται η συμβολή των παραπάνω βασικών παραμέτρων σε αισθητικά και ποιοτικά κριτήρια σχεδιασμού.*

Η συνολική μελέτη του θέματος γίνεται σε εμπειρικό και υπολογιστικό επίπεδο, αφού έχει ληφθεί υπόψη η θεωρητική αναδρομή στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία σε άρθρα δημοσιευμένα σε επιστημονικά περιοδικά και στο διαδίκτυο πάνω σε θέματα αστικού φωτισμού και εξοικονόμησης ενέργειας. Δόθηκε βαρύτητα στις παρακάτω Τεχνικές εκθέσεις της Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού και του Ευρωπαϊκού Πρότυπου EN :

1. CIE 92 : 1992. Οδηγός για τον φωτισμό των αστικών περιοχών.
2. CIE 115 : 1995. Συστάσεις για τον φωτισμό του δρόμου για κυκλοφορία οχημάτων και πεζών.

3. CIE 136 : 2000. (αντικατάστησε την CIE 92 : 1992). Οδηγός για τον φωτισμό των αστικών περιοχών.

4. EN : 13201 -2 Φωτισμός οδών. Μέρος 2 απαιτήσεις επιδόσεων.

**6.2.1. Στο εμπειρικό επίπεδο :** βασίζεται σε πληροφορίες ποιοτικού και ποσοτικού χαρακτήρα. Οι πληροφορίες δίνονται από πρωτογενείς πηγές, δηλαδή τους χρήστες της οδού Εθνικής Αντιστάσεως, μέσα από επιτόπια έρευνα με ερωτηματολόγια και μετρήσεις με λουξόμετρο.

Τα ερωτηματολόγια εστιάζονται σε ερωτήσεις που σχετίζονται με το αίσθημα των χρηστών για την ένταση και τη θάμβωση του υφιστάμενου φωτισμού στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως και αν ικανοποιεί τις ανάγκες ασφάλειας και τη δυνατότητα αναγνώρισης των προσώπων. Εντοπίζονται, με υποκειμενικά κριτήρια, η επίδραση της ποιότητας και της ποσότητας του υφιστάμενου φωτισμού στους χρήστες και οι προτεραιότητες των χρηστών όσο αφορά το νυχτερινό φωτισμό.

Η μορφή του ερωτηματολογίου βασίστηκε στο ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της διδακτορικής διατριβής με τίτλο " Outdoor Lighting - Mesopic photometry, adptation conditions and user preference in pedestrian way lighting" (Wei Luo, 2014), προσαρμοσμένο στις ανάγκες της παρούσας έρευνας. Τα ερωτηματολόγια έχουν σκοπό την διατύπωση σύντομων, εύκολων και περιεκτικών απαντήσεων, έτσι ώστε να μην είναι κουραστικά και χρονοβόρα αλλά ταυτόχρονα να δοθεί μια ξεκάθαρη εικόνα της κατάστασης άνεσης του ερωτωμένου σε σχέση με την ένταση του φωτισμού καθώς και σε θέματα ασφάλειας και ευκολίας αναγνώρισης των προσώπων.

Παράλληλα πραγματοποιούνται μετρήσεις των υφισταμένων επίπεδων φωτισμού μέσω της χρήσης του φορητού λουξόμετρου MAVO - SPOT 2 της GOSSEN. Η επιλογή του συγκεκριμένου μοντέλου για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας έγινε με γνώμονα ότι το MAVO - SPOT 2 είναι ένα όργανο υψηλής ακρίβειας που έχει τη δυνατότητα να προσεγγίζει πιστά τα πραγματικά επίπεδα έντασης φωτισμού και λαμπρότητας της οδού. Εκτελεί μετρήσεις φωτεινότητας από το 1μ έως θεωρητικά το άπειρο. Διαθέτει φωτοευαίσθητο αισθητήρα με φασματική ευαισθησία προσαρμοσμένη στη φασματική φωτεινή απόδοση του ανθρώπινου οφθαλμού στο φως της ημέρας  $V(\lambda)$ . Η ταξινόμηση των μέτρων φωτεινότητας καθορίζονται από το DIN 5032, μέρος 7 και το EN 13032 "Light and lighting. Measurements and presentation of photometric data of lamps and luminaires". Το MAVO-SPOT 2 πληροί τις απαιτήσεις σύμφωνα με τα πρότυπα αυτά.

Οι λήψεις των συντεταγμένων σε ΕΓΣΑ '87 των σημείων δειγματοληψίας μέτρησης των εντάσεων φωτισμού και λαμπρότητας έγιναν με το φορητό gps Garmin eTrex 30 δια χειρός και ταυτόχρονα με δέκτη GNSS συσκευή κινητής τηλεφωνίας. Η όλη αυτή διαδικασία έγινε για να γεωαναφερθούν οι τιμές έντασης φωτισμού και λαμπρότητας στο λογισμικό ArcGIS και να παραχθούν χάρτες στους οποίους αποτυπώνονται με κατάλληλη χρωματική απόδοση οι τιμές των εντάσεων φωτισμού (lx) και η λαμπρότητα ( $\text{cd/m}^2$ ).

**6.2.2. Στο υπολογιστικό επίπεδο :** Τα στοιχεία που συλλέγονται από τα υφιστάμενα φωτιστικά σώματα της οδού Εθνικής Αντιστάσεως Ρέθυμνου εισάγονται στο σχέδιο της κάτοψης της οδού σε μορφή dwg στο Relux ώστε να δημιουργηθεί η γεωμετρία του δρόμου σε τρισδιάστατη μορφή με την παραμετροποίηση των αντικειμένων ως προς τις ιδιότητες του (ύψος, υλικό κλπ).

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων της υφιστάμενης κατάστασης συγκρίνονται με τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου, τα αποτελέσματα των μετρήσεων με το λουξόμετρο, όπως αυτά έχουν αποτυπωθεί-απεικονιστεί σε χάρτες μέσω του λογισμικού ArcGis και έχοντας ως σημείο αναφοράς τις ιδανικές τιμές φωτισμού που απορρέουν από τις τεχνικές εκθέσεις βγαίνουν εμπειριστатωμένα αποτελέσματα αναφορικά με την αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης.

### **6.2.3 Δημιουργία πρότυπου :**

Αφού ολοκληρωθεί η αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης φωτισμού της οδού Εθνικής Αντιστάσεως στο Ρέθυμνο, η εργασία προχωρά στο επόμενο στάδιο: τη δημιουργία ενός "επαναλήψιμου πρότυπου" για εμπορικούς δρόμους μέσα σε ιστορικά κέντρα μεσογειακών πόλεων. Αναζητήθηκαν διαφορετικά φωτιστικά μορφής LED με συνολική ισχύ (total system power) 25 έως 50 W και με διαφορές που εντοπίζονται στο εύρος κατανομής του φωτός (beam).

Με την εισαγωγή των επιλεγμένων φωτιστικών στο Relux και κάνοντας συνδυασμούς με παραμέτρους : **α.** το ύψος των φωτιστικών σωμάτων, **β.** τη μεταξύ τους απόσταση και **γ.** την κατανομή του φωτός, θα γίνουν προσομοιώσεις προκειμένου να διαπιστωθούν οι πιο ικανοποιητικές λύσεις με βάση τα εξής κριτήρια φωτομετρικής φύσεως και εξοικονόμησης ενέργειας: **α.** την ένταση του φωτισμού, **β.** την ομοιομορφία και **γ.** την κατανάλωση ενέργειας.

Οι καλύτερες λύσεις που προκύπτουν μπορούν να αποτελέσουν το προαναφερόμενο επαναλήψιμο πρότυπο και να εφαρμόζονται σε δρόμους που βρίσκονται σε ιστορικά κέντρα μεσογειακών πόλεων με παρόμοια γεωμετρικά χαρακτηριστικά με αυτά της οδού Εθνικής Αντιστάσεως στο Ρέθυμνο και να αποτελούν ένα οδηγό ώστε ο κάθε μελετητής που ασχολείται με θέματα φωτισμού



να έχει στη διάθεση του διάφορες επιλογές που θα βασίζονται στο συνδυασμό των τριών παραμέτρων (ύψος - απόσταση - κατανομή φωτός) και θα πληρούν κάποιες αρχές-κριτήρια φωτομετρίας (ένταση φωτισμού, ομοιομορφία φωτισμού), εξοικονόμηση ενέργειας καθώς και κάποιους κανόνες αισθητικής (ύψος των φωτιστικών σωμάτων, μεταξύ τους απόσταση) σύμφωνα με τις σχεδιαστικές προθέσεις του κάθε μελετητή.

## **7. Μελέτη φωτισμού Πλατείας Μικρασιατών Ρεθύμνου**

Η πλατεία Μικρασιατών αποτελεί την καρδιά της πόλης του Ρεθύμνου, όπως συμβαίνει σε κεντρικές πλατείες μεσογειακών πόλεων. Η συγκέντρωση πολλών αξιόλογων μνημείων περιμετρικά υποδεικνύει την ανάγκη να αναδειχθούν μέσα στο νυχτερινό τοπίο της πόλης χωρίς όμως να παραμερίζεται το κεντρικό τμήμα της το οποίο πρέπει να φωτίζεται με τα επίπεδα φωτισμού που περιγράφηκαν στο κεφάλαιο 5, ώστε να εμπνέει αισθήματα ασφάλειας και άνεσης στην κίνηση των χρηστών της, παρατείνοντας τις δραστηριότητες της ημέρας στη νύχτα. Η μελέτη που παρουσιάζεται παρακάτω προσπαθεί να καλύψει βασικούς στόχους φωτισμού σε μια πλατεία. Αυτοί είναι οι εξής :

- ανάδειξη μνημείων και δημιουργία ενός συνολικού ελκυστικού τουριστικού προϊόντος.
- επίτευξη ιδανικών τιμών έντασης φωτισμού και ομοιομορφίας.
- εξοικονόμηση ενέργειας και κόστους για το δήμο Ρεθύμνου.

### **7.1 Ανάδειξη στοιχείων (αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά των κτιρίων και του περιβάλλοντος χώρου) μέσω φωτοτεχνικής μελέτης.**

Τα αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά των κτιρίων και του περιβάλλοντα χώρου που έχουν ιστορική σημασία και αποτελούν τοπόσημα της περιοχής και θα πρέπει να αναδειχθούν μέσα από την μελέτη φωτισμού είναι τα εξής :



**α.** Τα τοξωτά ψηλόκορμα παράθυρα στις προσόψεις του Τούρκικου σχολείου, από τα οποία τα τέσσερα είναι χτισμένα (τυφλά), για λόγους στατικότητας του κτηρίου.



**β.** Η δυτική όψη και το θύρωμα του ναού του Αγ. Φραγκίσκου.



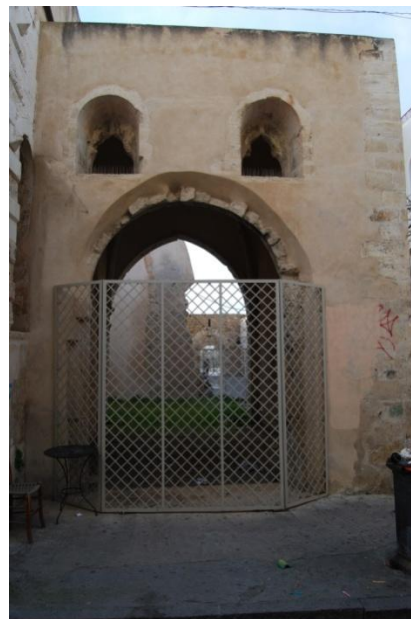
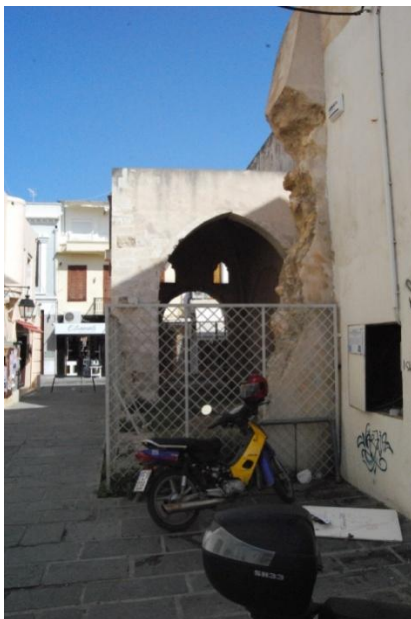
**γ.** Η ανατολική είσοδος του τούρκικου σχολείου



δ. Ο μινάρές και οι τρούλοι του  
Νερατζέ Τζαμί



ε. Το σιντριβάνι



στ. Ο ναΐσκος του Αγ.  
Φραγκίσκου που  
σηματοδοτεί την  
είσοδο από Εθν.  
Αντίστασης προς τη  
πλατεία





ζ. οι φοίνικες



η. Το δυτικό άκρο της Πλατείας με την καμπυλωτή πέργκολα και τις κερκίδες - δημόσιες τουαλέτες



θ. η Μεγάλη Πόρτα (Πόρτα Guora)



**Εικ 46:** Άνοψη Πλατείας Μικρασιατών Ρέθυμνου. Με κόκκινα βέλη σημειώνονται οι θέσεις των τοποσμήμων της.  
(Πηγή : Γραφείο Παλιάς Πόλης Ρέθυμνου, ίδια επεξεργασία)



## 7.2 Περιγραφή υφιστάμενης κατάστασης φωτισμού της Πλατείας Μικρασιατών

Για τον υφιστάμενο φωτισμό στον κύριο χώρο της πλατείας χρησιμοποιούνται φωτιστικά σώματα τύπου Disano 1555 Brera, τοποθετημένα επί μεταλλικών ιστών ύψους 4,10m. Σε κάθε ιστό υπάρχουν ένα ή τρία φωτιστικά σώματα με βραχίονα, ανάλογα με την περίπτωση και σύμφωνα με τα σχέδια της μελέτης που είχε εκπονηθεί για την ανάπλαση της πλατείας Μικρασιατών από το Γραφείο Παλιάς Πόλης Ρεθύμνου.



**Εικ. 47 κ 48:** Τα φωτιστικά σώματα τύπου Disano 1555 Brera που βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα της Πλατείας Μικρασιατών Ρεθύμνου.



Σύμφωνα το σχέδιο της μελέτης τα φωτιστικά είναι 79 σε αριθμό με λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων των 150W. Στη παρούσα μελέτη λαμβάνουμε υπόψη ότι λειτουργούν και τα 79 φωτιστικά με τους λαμπτήρες χωρίς να υπολογίζονται οι καταστροφές που έχουν υποστεί κάποια φωτιστικά σώματα από βανδαλισμούς και χωρίς να ληφθεί επίσης υπόψη ότι κάποιοι λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων έχουν αντικατασταθεί, από το δήμο Ρεθύμνου, με λαμπτήρες φθορισμού των 30-40W (Compact Fluorescent Lamps – CFLs). Τα μειονεκτήματα τους όμως είναι πολλά, όπως ο τοξικός υδράργυρος που περιέχουν, το τρεμόπαιγμα, ο χρόνος για να ανάψουν, ο ακόμα μεγαλύτερος χρόνος για να φτάσουν στην μέγιστη φωτεινότητα, η διαδικασία απόρριψής τους, η ασυμβατότητα τους με τα περισσότερα dimmers στην αγορά. (Τσαγκρασούλης, 2004).



**Εικ. 49 κ 50:** Φωτιστικά σώματα στην παιδική χαρά και στο χώρο έξω από τις δημοτικές τουαλέτες, όπου έχουν καταστραφεί από βανδαλισμούς





Για την ανάδειξη του κορμών των φοινίκων της πλατείας τοποθετήθηκαν ενδοδαπέδια φωτιστικά σε απόσταση 0,65m από το κορμό. Τα ενδοδαπέδια φωτιστικά είναι συμμετρικής δέσμης με σώμα από χυτό αλουμίνιο με ειδική βαφή ανθεκτική στην διάβρωση και φέρουν λαμπτήρες μεταλλικού αλογόνου 70W, με όλα τα απαραίτητα όργανα έναυσης (ενδ. τύπου Simes Megazip-Plus Round/ S. 8528.19). Είναι τα μόνα φωτιστικά τα οποία διατηρούνται και στην πρόταση μελέτης.

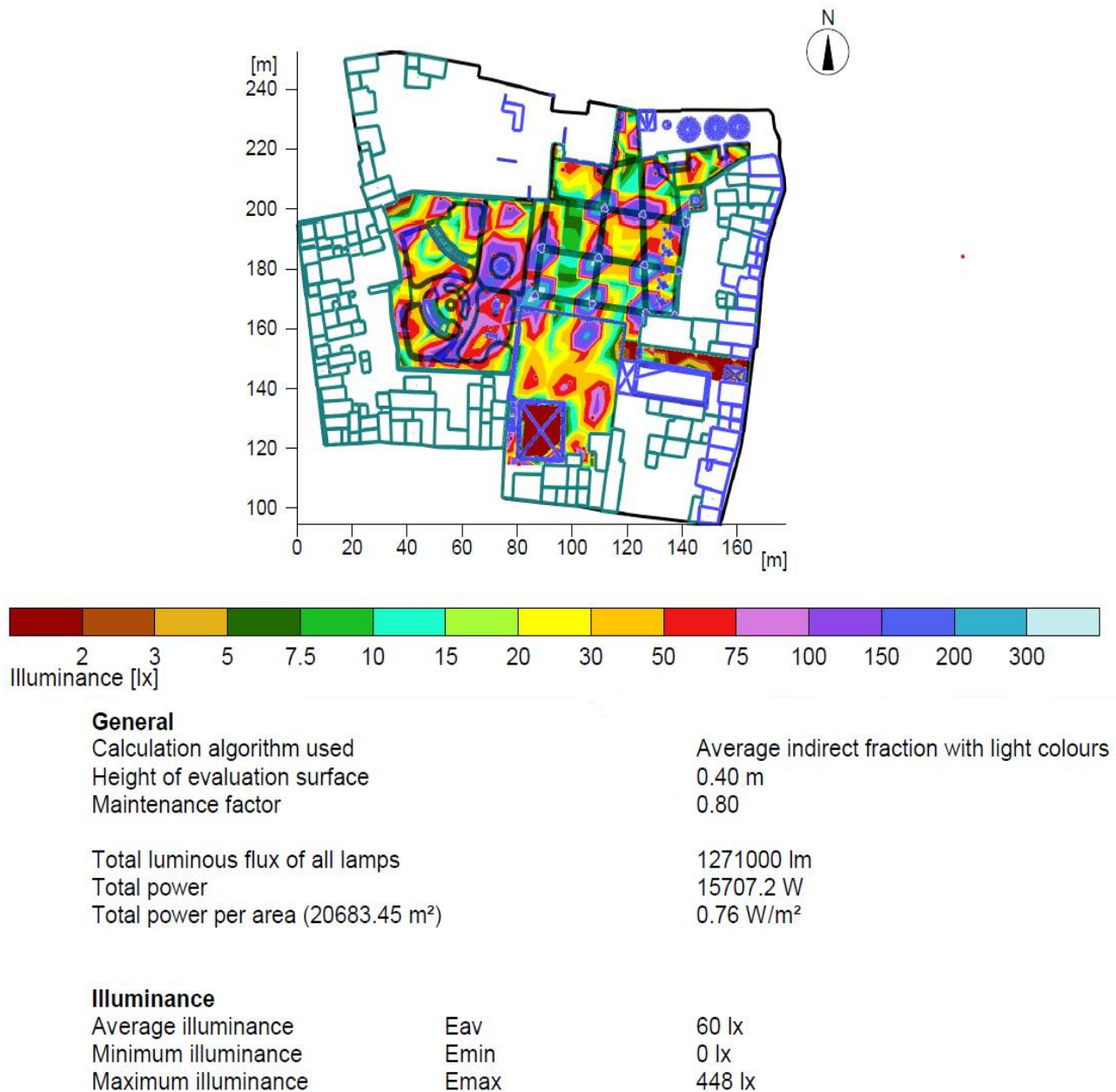
Για τον φωτισμό του γηπέδου έχουν τοποθετηθεί μεταλλικοί ιστοί ύψους 5,00m με τρία φωτιστικά σώματα τύπου προβολέα, με βραχίονα στήριξης από χάλυβα, με σώμα από χυτό αλουμίνιο, με κατάλληλη βαφή για προστασία έναντι διάβρωσης και αλμυρού περιβάλλοντος, με λαμπτήρες αλογόνων μετάλλου 400W, με όλα τα απαραίτητα όργανα έναυσης, προστασίας IP65, (ενδ. τύπου Disano 1158 Indio).

Έγινε η εισαγωγή του σχεδίου της κάτοψης της πλατείας Μικρασιατών στο πρόγραμμα Relux και με το ειδικό toolbar βοηθημάτων τύπου Osnaps δημιουργήθηκε η γεωμετρία της σε τρισδιάστατη μορφή και η παραμετροποίηση των αντικειμένων ως προς τις ιδιότητές τους (ύψος, υλικό κλπ) καθώς και η εισαγωγή των φωτιστικών σωμάτων της υφιστάμενης κατάστασης.

Η προσομοίωση για την υφιστάμενη κατάσταση έδωσε τα αποτελέσματα οριζόντιας έντασης φωτισμού σε lx, όπως φαίνονται στο διάγραμμα που ακολουθεί.

Παρατηρούμε ότι υπάρχουν περιοχές έντονου φωτισμού, με μέγιστη σημειακή τιμή τα 448 lx και περιοχές που δεν φωτίζονται καθόλου (0 lx). Η μέση τιμή φωτισμού υπολογίστηκε στα 60 lx.

Οι τιμές αυτές παρουσιάζουν αισθητή απόκλιση από τις τιμές όπως υπολογίστηκαν με βάση τον ΕΛΟΤ EN 13201/2004 και τα CIE 136:2000 150:2003 (3-10 lx), αν και στην πραγματικότητα όμως η ένταση του φωτισμού είναι χαμηλότερη λόγω της παλαιότητας των λαμπτήρων που έχουν χάσει ποσοστό της αποδοτικότητας τους



**Εικ 51:** Άνοψη Πλ. Μικρασιατών με τα αποτελέσματα της έντασης του φωτισμού όπως δημιουργήθηκαν μετά τις προσομοιώσεις με τα υφιστάμενα φωτιστικά σώματα στο Relux.

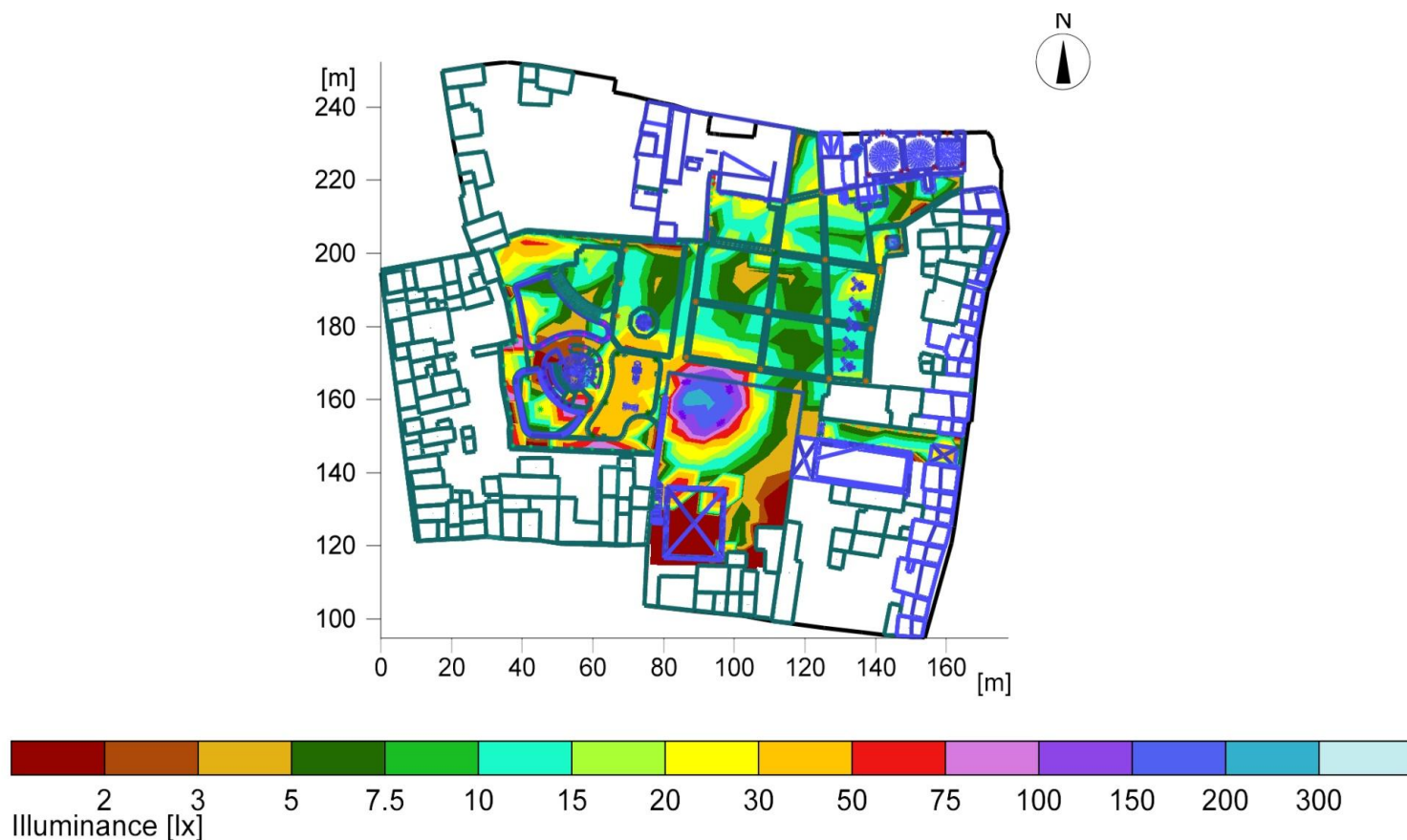
### **7.3 Πρόταση ενεργειακής και ποιοτικής αναβάθμισης νυχτερινού τοπίου.**

Παρατηρείται ότι τα 4 περιμετρικά μνημεία της πλατείας που αποτελούν τοπόσημα, άρα και τουριστικό πόλο έλξης για την παλιά πόλη του Ρεθύμνου, δεν φωτίζονται καθαυτά αλλά φωτίζονται από το διάχυτο φωτισμό που πηγάζει από τα κεντρικά φωτιστικά της πλατείας. Με αυτόν τον τρόπο όμως δεν αναδεικνύονται σωστά και αντιμετωπίζονται ως δευτερεύουσας σημασίας για τον περιβάλλοντα χώρο της πλατείας. Η φιλοσοφία της αντιμετώπισης της πρότασης είναι ότι θα πρέπει να αντιστραφεί η σχέση φωτισμού μνημείου και περιβάλλοντα χώρου. Θα πρέπει να αναδειχθούν τα μνημεία με φωτισμό τύπου προβολών. Ο φωτισμός της πλατείας να γίνει ήπιος και ομοιόμορφος στο επίπεδο των 10lx όπως περιγράφηκε στις προδιαγραφές παραπάνω. (Κεφ. 5) , ώστε να μην προκαλεί θάμβωση και να μην αποσπά την προσοχή από τα μνημεία και ταυτόχρονα να προσφέρει το αίσθημα της ασφάλειας και της συναναστροφής στο κεντρικό τμήμα της πλατείας.

Οι δεκαπέντε τύποι φωτιστικών σωμάτων που χρησιμοποιήθηκαν στη πρόταση χωρίζονται σε τέσσερις (4) μεγάλες κατηγορίες :

1. Φωτιστικά εσωτερικών μονοπατιών και καθοδήγησης (τύπου bollards, γραμμικά χωνευτά φωτιστικά τοίχου)
2. Φωτιστικά για την ανάδειξη των μνημείων (χωνευτά ενδοδαπέδια φωτιστικά και προβολείς)
3. Φωτιστικά υπαίθριου χώρου επί στύλων ώστε να επιτευχθεί ο φωτισμός της πλατείας (curtain wall).
4. Προβολείς για το γήπεδο.

Με τη βασική σχεδιαστική φιλοσοφία όπως περιγράφηκε παραπάνω και την εισαγωγή όλων αυτών των νέων φωτιστικών σωμάτων που στηρίζονται κυρίως σε λαμπτήρες LED , η προσομοίωση του Relux έδωσε τα παρακάτω αποτελέσματα οριζόντιας έντασης φωτισμού σε lx και σημειακής αποτύπωσης των αποτελεσμάτων φωτεινότητας στην επιφάνεια μέτρησης.



#### General

Calculation algorithm used  
Height of evaluation surface  
Maintenance factor

Average indirect fraction  
0.40 m  
0.80

Total luminous flux of all lamps  
Total power  
Total power per area (20683.45 m<sup>2</sup>)

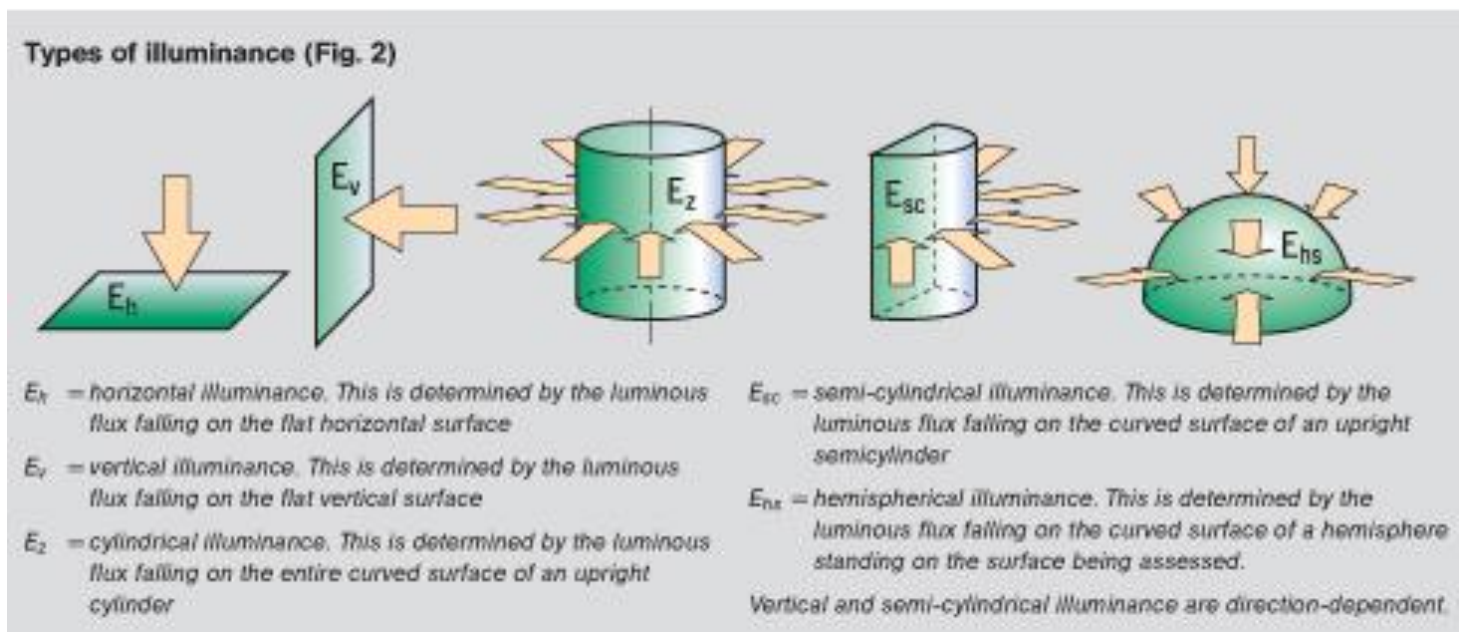
1123062 lm  
12890.4 W  
0.62 W/m<sup>2</sup>

**Εικ 52:** Άνοψη Πλ. Μικρασιατών με τα αποτελέσματα της έντασης του φωτισμού όπως δημιουργήθηκαν μετά τις προσομοιώσεις με τα νέα φωτιστικά σώματα πρότασης στο Relux.

## 7.4 Σύγκριση υπάρχουσας κατάστασης με πρόταση μελέτης

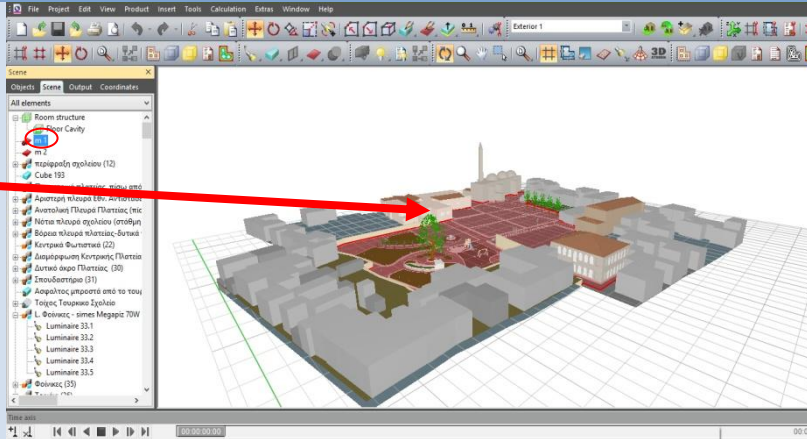
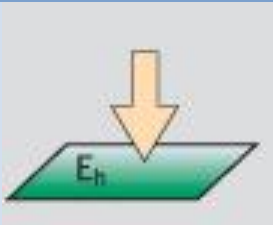
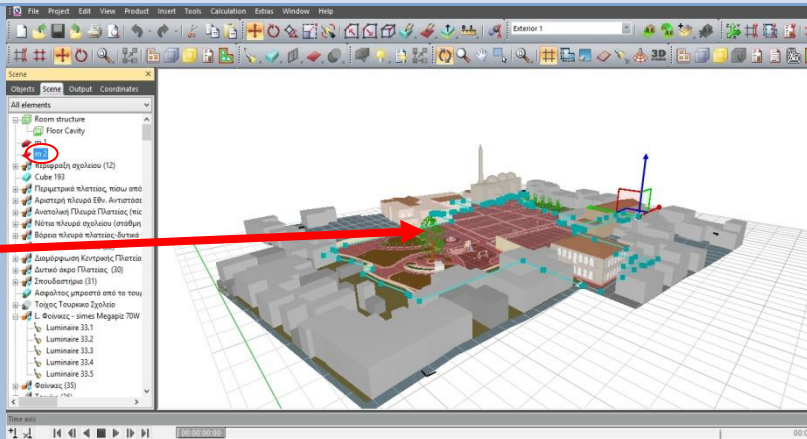
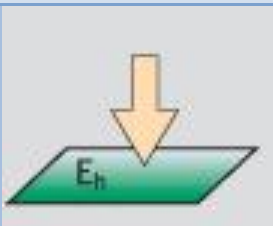
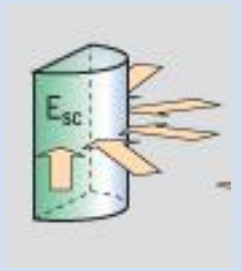
Για την άμεση οπτική σύγκριση των δύο καταστάσεων (υφιστάμενη και πρόταση) παρατίθενται, αμέσως παρακάτω, τρία ζεύγη των ψευδοχρωματικών αναπαραστάσεων της επιφάνειας μέτρησης, όπως δόθηκαν από το Relux, για την

υφιστάμενη κατάσταση (αριστερά) και για την πρόταση (δεξιά). Τα τρία αυτά ζεύγη εικόνων αναφέρονται σε τρία επίπεδα μέτρησης (reference plan). Τα δυο πρώτα είναι οριζόντια επίπεδα μέτρησης ( $E_h$ ). Το πρώτο σε ύψος 0,20m πάνω από το έδαφος και το δεύτερο σε ύψος 0,40m πάνω από το έδαφος για να καλύψει και τα επίπεδα φωτισμού που πέφτουν πάνω στα παρτέρια τα οποία δεν αποτυπώνονταν στην πρώτη περίπτωση των 0,20m καθώς τα παρτέρια έχουν ύψος 0,40m. Το τρίτο είναι το λεγόμενο semi-cylindrical το οποίο μετρούμενο σε ύψος 1,5 m από το έδαφος περιγράφει το μέγεθος του κατακόρυφου φωτισμού που πέφτει σε μια ημι-κυλινδρική επιφάνεια. Με αυτό το τρόπο πετυχαίνεται καλύτερη αξιολόγηση των πραγματικών επιπέδων φωτισμού "διαβάζοντας" τα αποτελέσματα των μετρήσεων φωτισμού σε οριζόντια επιφάνεια μέτρησης ( $E_h$ ) σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα σε ημικυλινδρική επιφάνεια μέτρησης ( $E_{sc}$ ). Στην παρακάτω εικόνα φαίνονται διάφοροι τύποι μέτρησης φωτεινότητας, στη περίπτωση εξωτερικών χώρων μας ενδιαφέρουν η οριζόντια επιφάνεια μέτρησης και η ημικυλινδρική όπως άλλωστε καθορίζονται από τα Technical Reports της CIE.



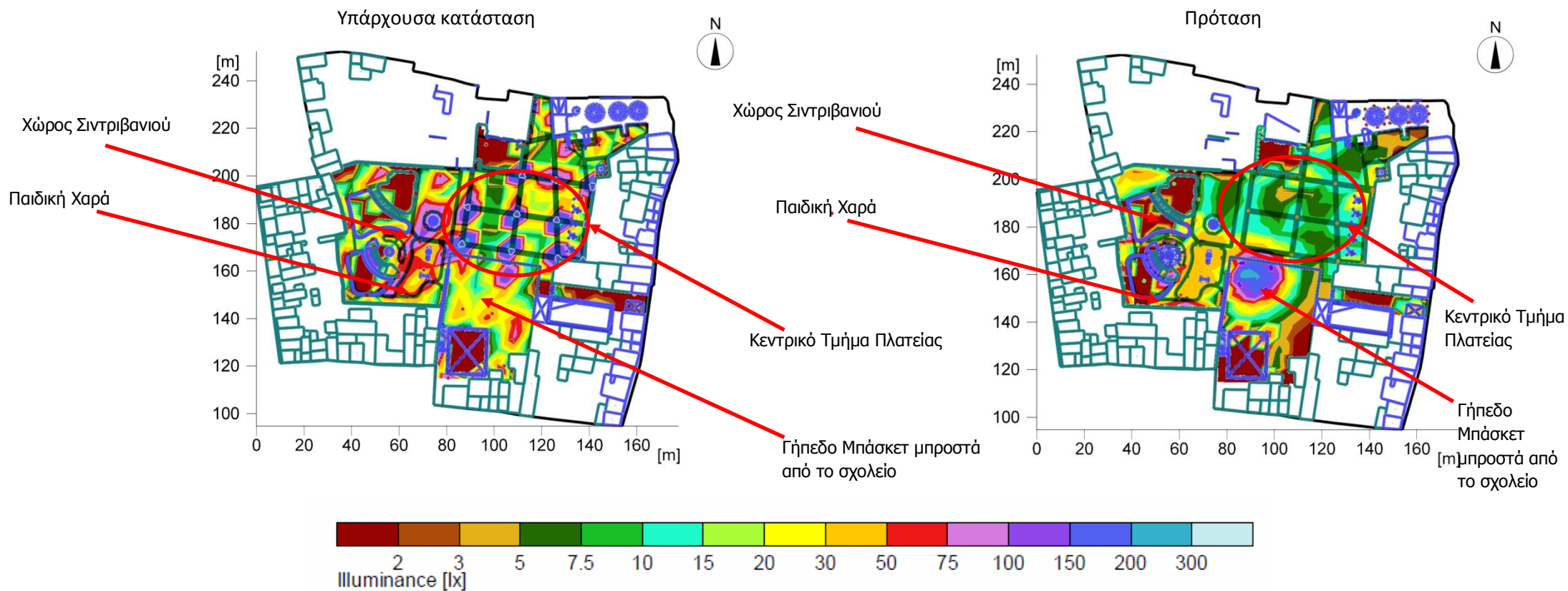
**Εικ 53:** Τύποι έντασης φωτισμού (Πηγή : Urban Image Lighting )

**Πίν. 9 :** Οι τρεις επιφάνειες μέτρησης έντασης φωτισμού για τη μελέτη φωτισμού της Πλ. Μικρασιατών.

	Τύπος Φωτεινότητας	Προοπτική απεικόνιση	Σχηματική Απεικόνιση φωτεινότητας
Σενάριο 1.	<b>E<sub>h</sub></b> στα 0,20 m από το έδαφος της πλατείας.		
Σενάριο 2.	<b>E<sub>h</sub></b> στα 0,40 m από το έδαφος της πλατείας.		
Σενάριο 3.	<b>Esc</b>	Ρυθμίζεται από τις παραμέτρους του Calculation Manager στο Relux.	



## Σενάριο 1 :

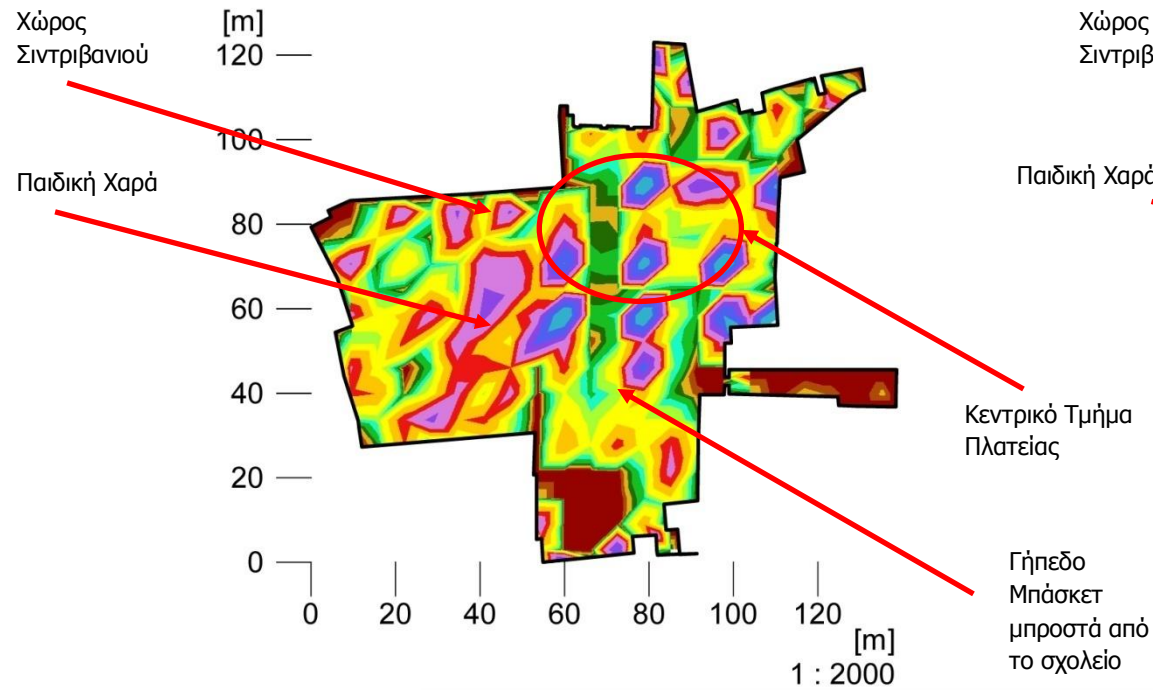


**Εικ 54 :** Κάτοψη πλατείας με ενσωματωμένη την απεικόνιση των επιπέδων lx σε ύψος 0.20μ από το έδαφος.

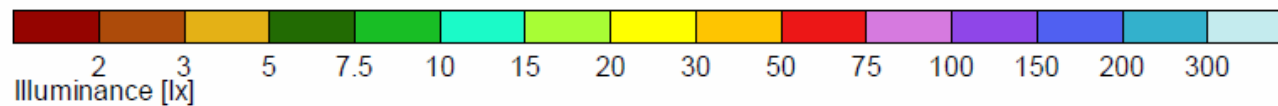
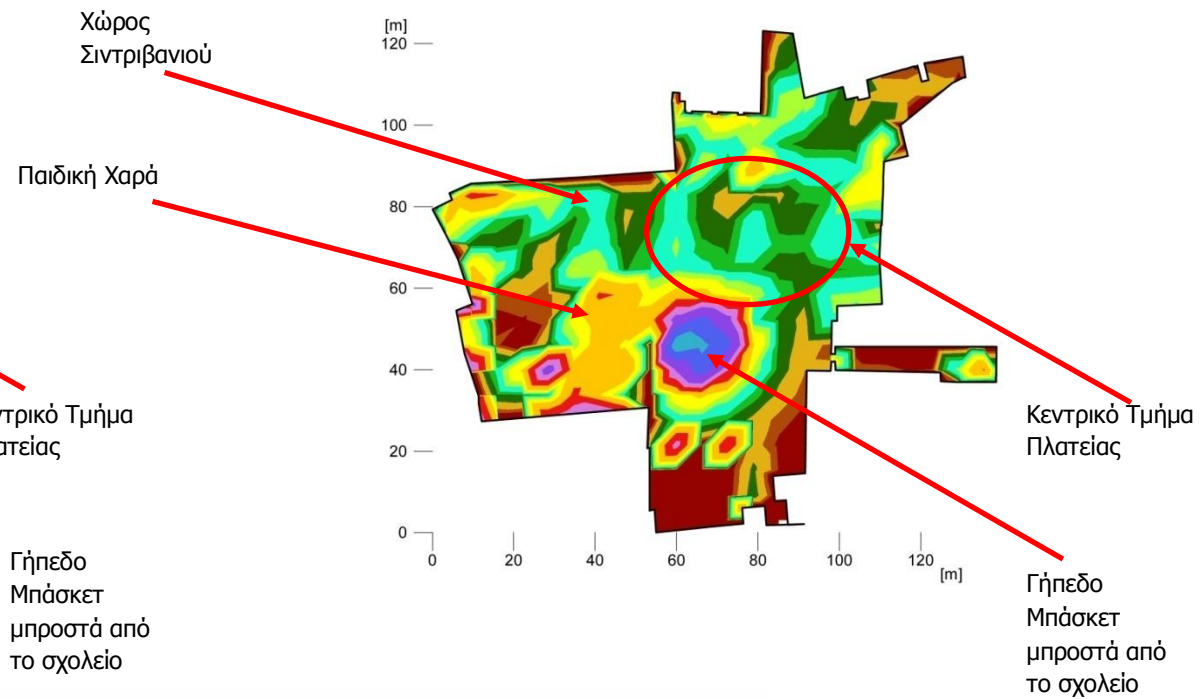


## Σενάριο 2 :

Υπάρχουσα κατάσταση



Πρόταση

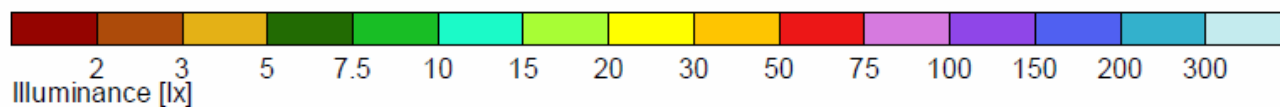
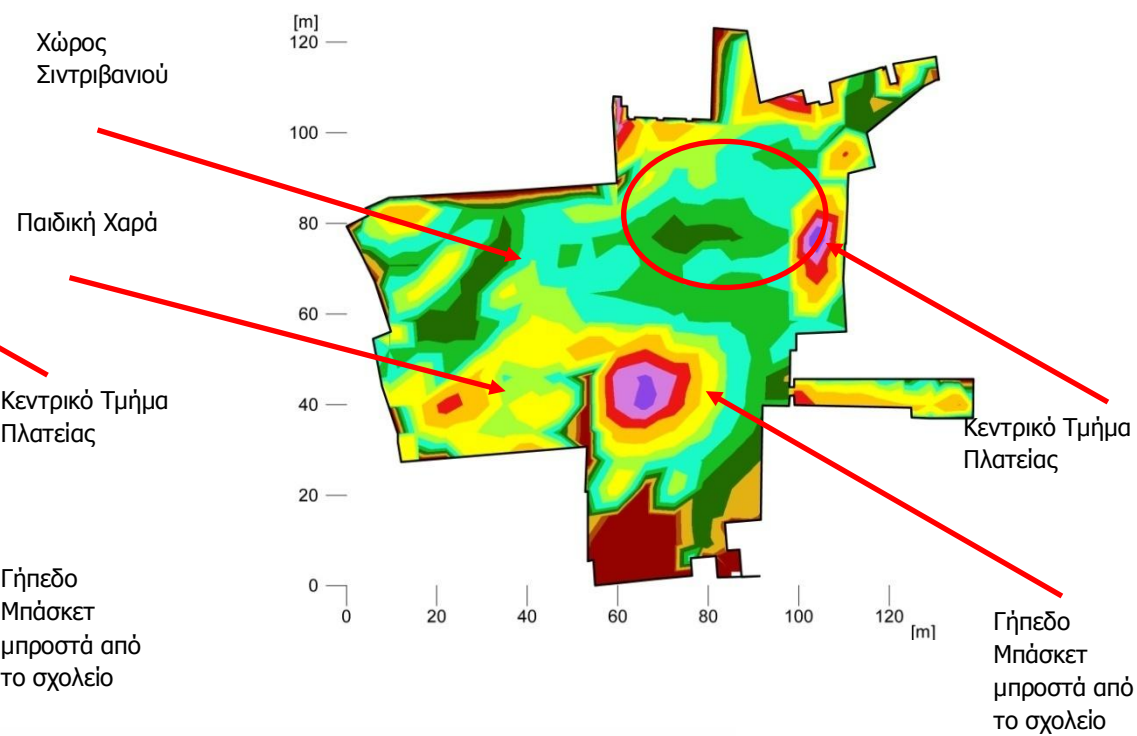
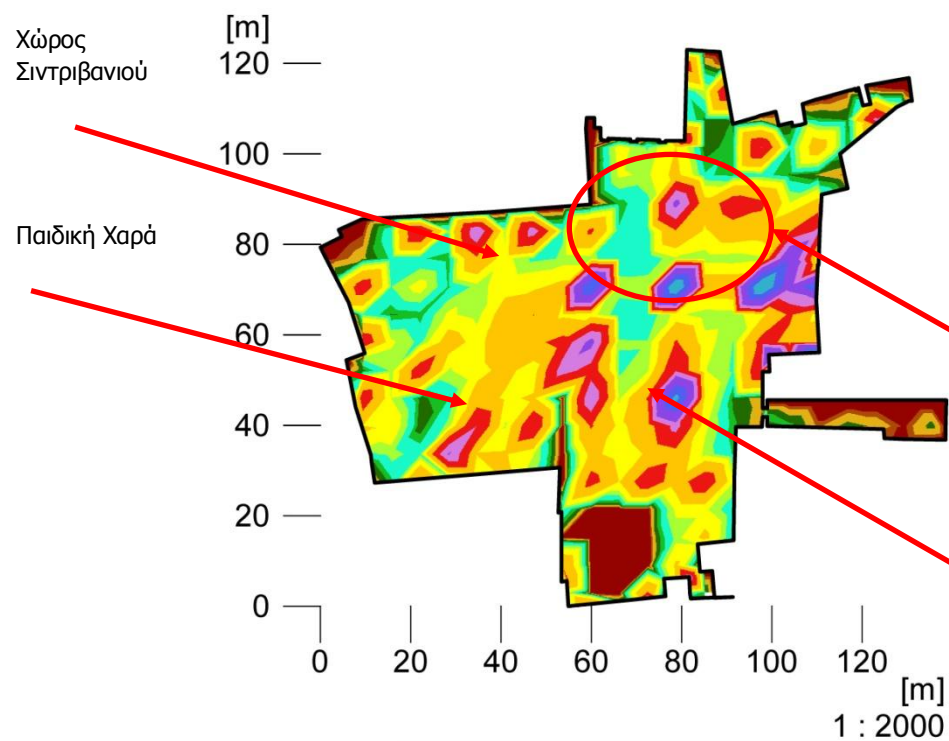


**Εικ.55 :** Κάτοψη πλατείας με ενσωματωμένη την απεικόνιση των επιπέδων lx σε ύψος 0.40μ από το έδαφος.

### Σενάριο 3 :

Υπάρχουσα κατάσταση

Πρόταση

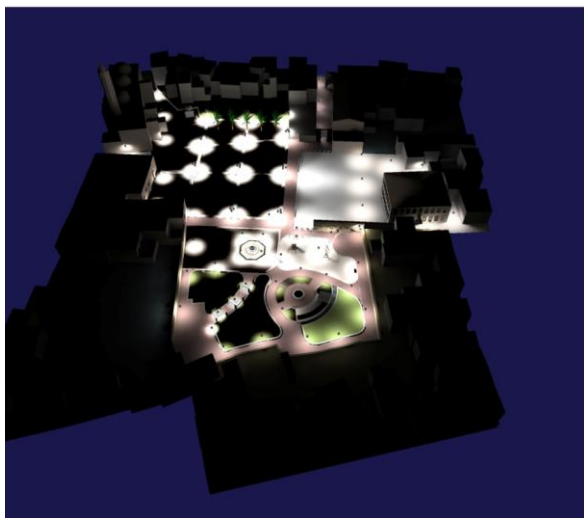


Εικ. 56 : Επίπεδα φωτισμού lx στο Semi – Cylindrical (Esc)

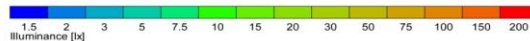
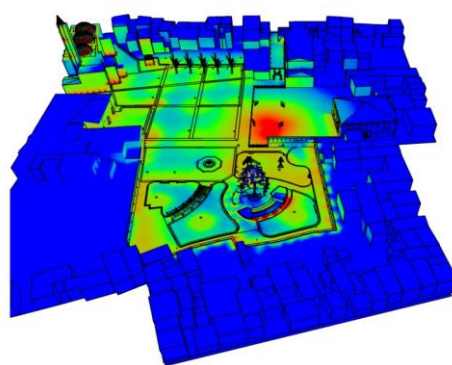
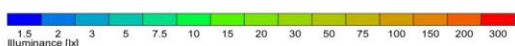
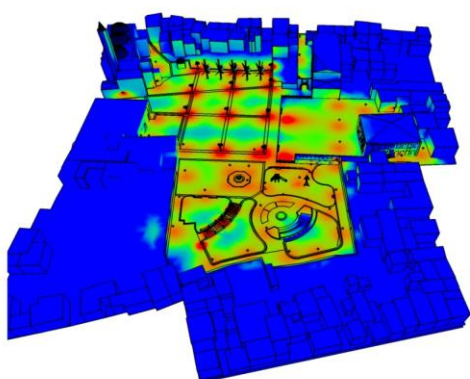
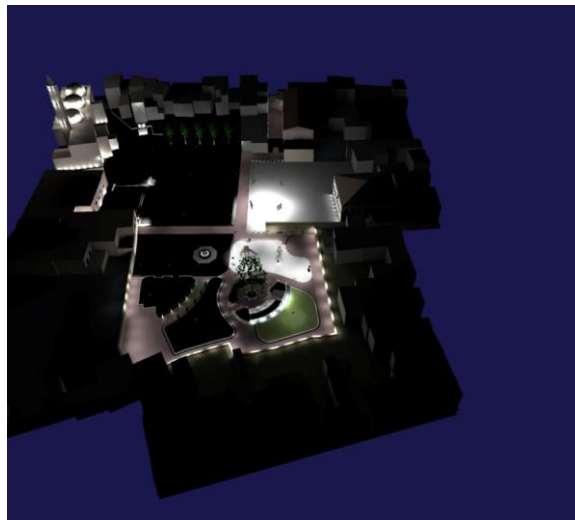
Παρατηρούμε ότι στη υφιστάμενη κατάσταση (αριστερά) υπάρχουν έντονες αντιθέσεις φωτισμού. Στα σημεία ακριβώς κάτω από τα φωτιστικά στην κεντρική πλατεία ο φωτισμός φτάνει μέχρι και τα 300lx και όσο απομακρυνόμαστε από τους ιστούς των φωτιστικών η ένταση φτάνει στα 75lx (ομόκεντροι κύκλοι).

Ενώ στην πρόταση διαπιστώνεται ότι στο κεντρικό τμήμα του χώρου της πλατείας, ο φωτισμός είναι πιο ομοιόμορφος και διάχυτος με την ένταση να κυμαίνεται 5 έως 15 lx. Παρατηρούνται 2 διαφοροποιήσεις σε σχέση με το υπόλοιπο φωτισμό στο νότιο τμήμα της πλατείας. Το ένα σημείο είναι ο μεγάλος κύκλος των 30 με 50lx (με ομοιόμορφο πορτοκαλί χρώμα) όπου είναι το σημείο που βρίσκεται η παιδική χαρά. Εδώ η ένταση του φωτισμού αυξήθηκε για λόγους ασφάλειας, για να μπορούν τα παιδιά να παίζουν το βράδυ καθώς και να μπορούν να αντιλαμβάνονται λεπτομέρειες από τον εξοπλισμό της παιδικής χαράς για αποφυγή ατυχημάτων. Τέλος δεξιά της παιδικής χαράς υπάρχει ένας μεγάλος κύκλος, φωτιζόμενος από μεγάλους προβολείς σε ύψος 6 m, με την ένταση να κυμαίνεται από 100 lx έως 200lx. Είναι το γήπεδο μπάσκετ μπροστά από το σχολείο που θα πρέπει σύμφωνα με τις διεθνείς προδιαγραφές να φωτίζεται γύρω στα 300 lx, ανάλογα με το άθλημα και τις διαστάσεις του γηπέδου.

Υπάρχουσα κατάσταση

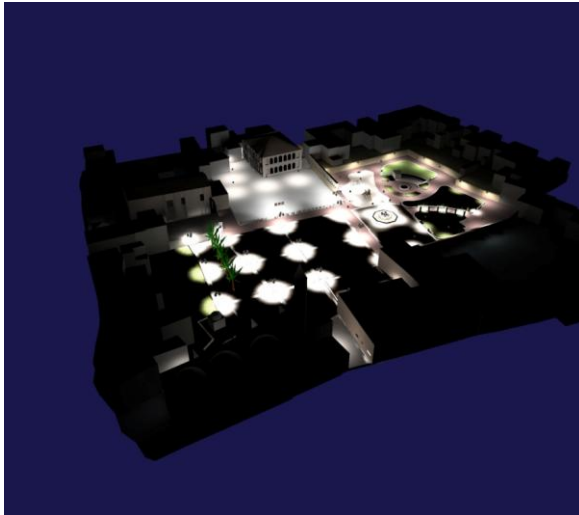


Πρόταση

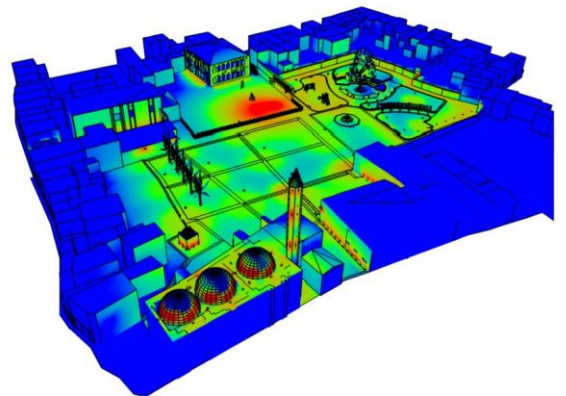
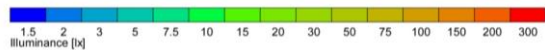
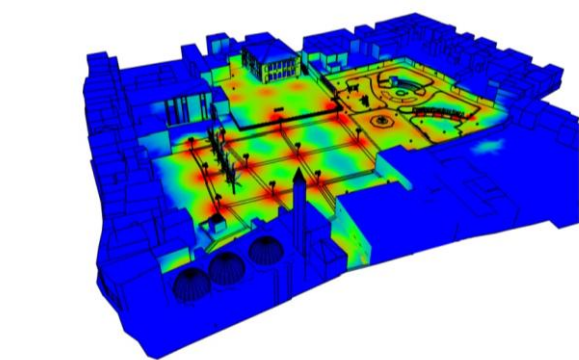
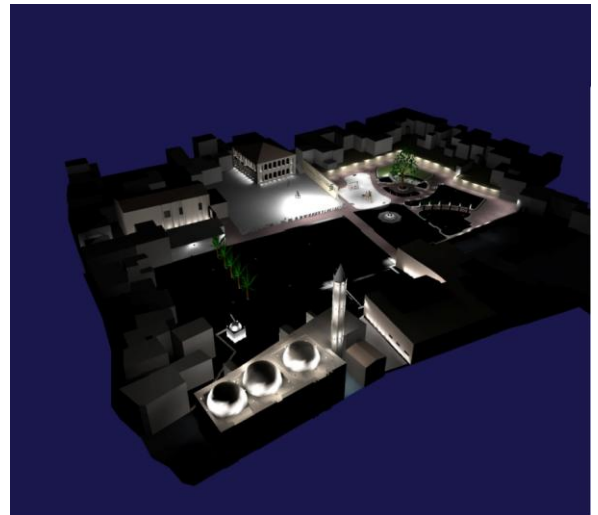


**Εικ. 57, 58, 59 κ 60:** Τρισδιάστατες απεικονίσεις των αποτελεσμάτων προσομοίωσης της πλατείας Μικρασιατών. Αριστερά η υπάρχουσα κατάσταση και δεξιά η πρόταση. Στην πρόταση φαίνεται ότι ο φωτισμός είναι κατανεμημένος πιο ομοιόμορφα στο κεντρικό τμήμα της πλατείας και της τάξεως 7,5-10 lx. Διακρίνεται ο έντονος φωτισμός του γηπέδου μπάσκετ μέσα στο προαύλιο του σχολείου. Η παιδική χαρά έχει μια μικρή αυξημένη ένταση φωτισμού της τάξεως 20lx για λόγους ασφάλειας. Οι φοίνικες αναδεικνύονται πιο σωστά, καθώς και οι τρούλοι και ο μιναρές του Νερατζέ τζαμί (ωδείο). Γενικά το παιχνίδι φωτός και σκιάς τονίζει την θεατρικότητα της πλατείας.

Υπάρχουσα κατάσταση



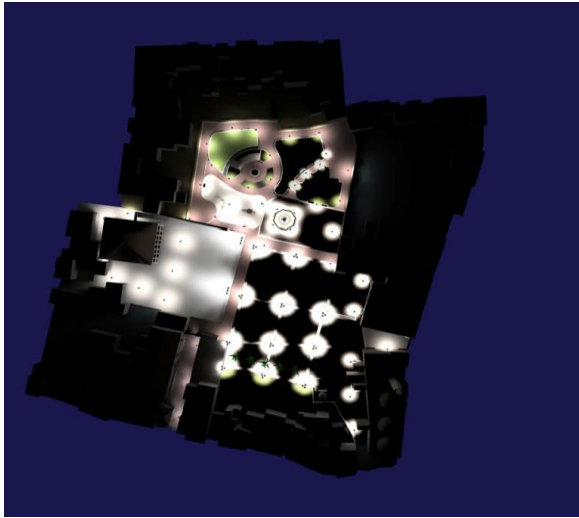
Πρόταση



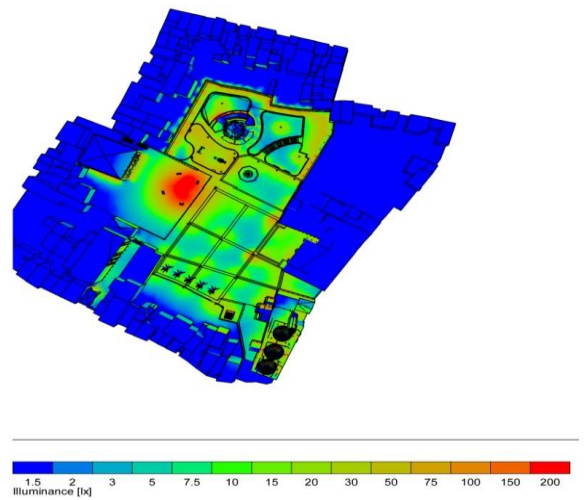
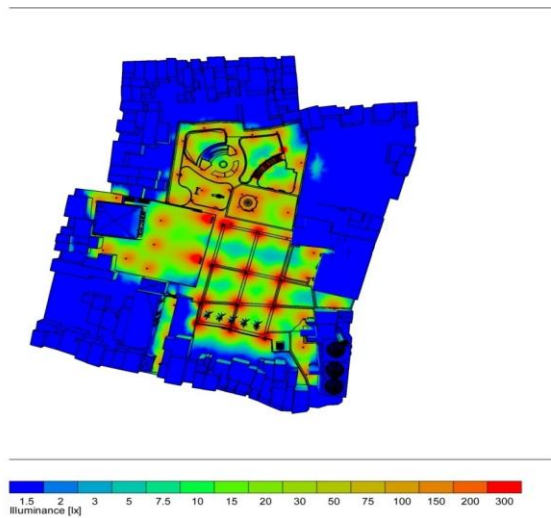
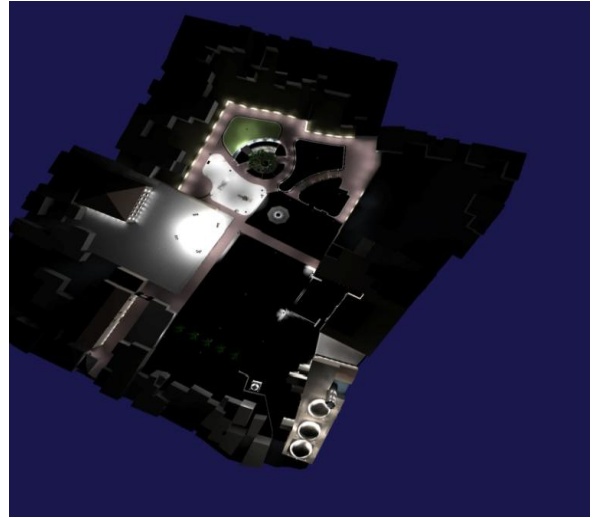
**Εικ. 61, 62, 63 κ 64:** Τρισδιάστατες απεικονίσεις των αποτελεσμάτων προσομοίωσης της πλατείας Μικρασιατών. Αριστερά η υπάρχουσα κατάσταση και δεξιά η πρόταση. Στην πρόταση φαίνεται ότι ο φωτισμός είναι κατανεμημένος πιο ομοιόμορφα στο κεντρικό τμήμα της πλατείας και της τάξεως 7,5-10 lx. Ο τοίχος δυτικά που περικλείει την πλατεία φωτίζεται περιμετρικά με ενδοδαπέδια φωτιστικά για την ανάδειξη του.



Υπάρχουσα κατάσταση

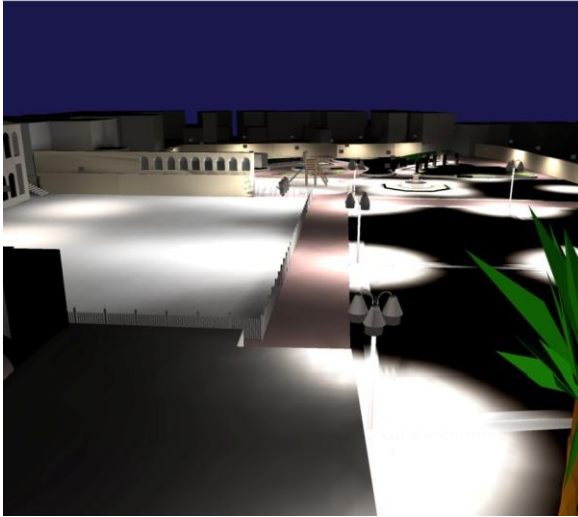


Πρόταση

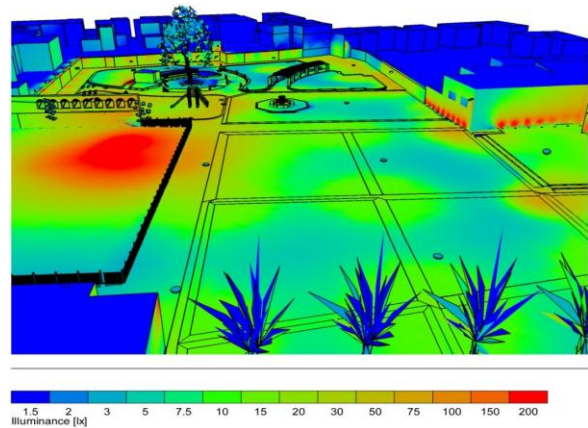
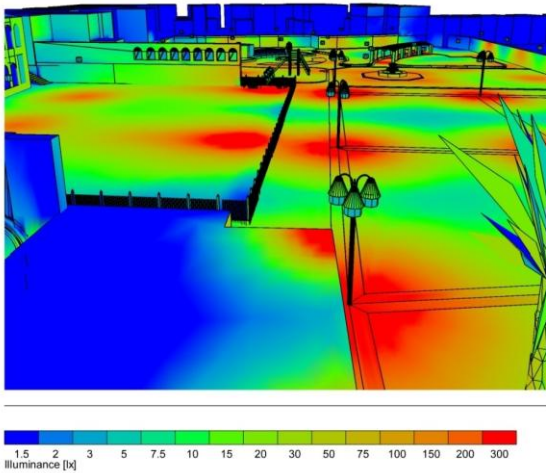
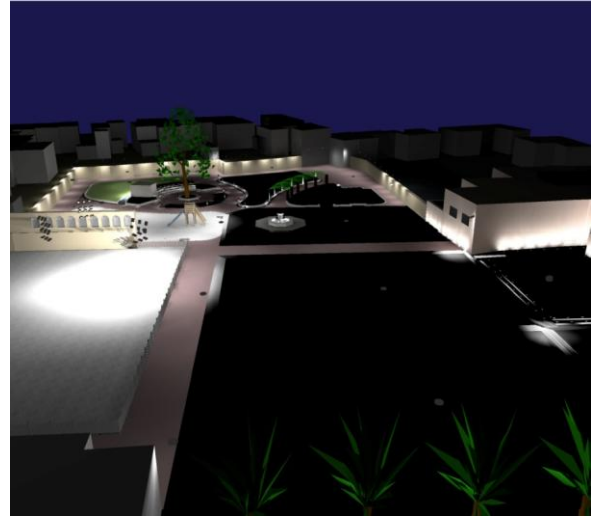


**Εικ. 65, 66, 67 κ 68:** Τρισδιάστατες απεικονίσεις των αποτελεσμάτων προσομοίωσης της πλατείας Μικρασιατών. Αριστερά η υπάρχουσα κατάσταση και δεξιά η πρόταση.

Υπάρχουσα κατάσταση



Πρόταση

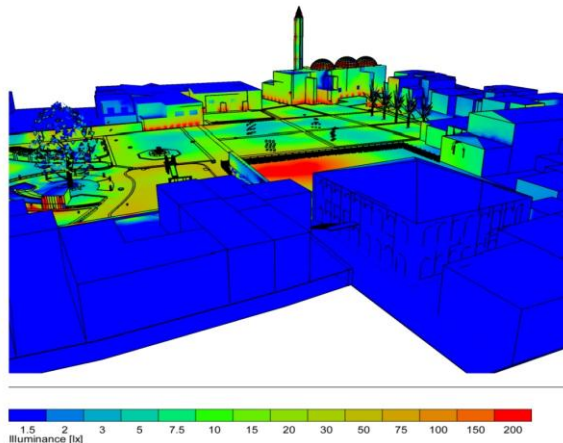
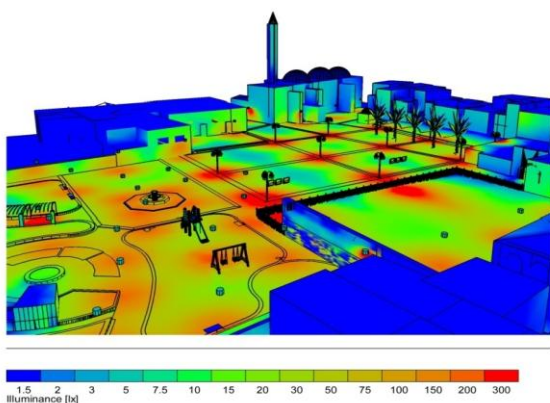


**Εικ. 69, 70, 71 κ 72:** Τρισδιάστατες απεικονίσεις των αποτελεσμάτων προσομοίωσης της πλατείας Μικρασιατών. Αριστερά η υπάρχουσα κατάσταση και δεξιά η πρόταση. Το σιντριβάνι φωτίζεται διακριτικά αλλά ταυτόχρονα καταφέρνει και αναδεικνύεται.

Υπάρχουσα κατάσταση



Πρόταση



**Εικ. 73, 74, 75 κ 76:** Τρισδιάστατες απεικονίσεις των αποτελεσμάτων προσομοίωσης της πλατείας Μικρασιατών. Αριστερά η υπάρχουσα κατάσταση και δεξιά η πρόταση. Ο μιναρές και οι τρούλοι φωτίζονται προβάλλοντας το τοπίο της πλατείας και γενικά της παλιάς πόλης του Ρεθύμνου.



### 7.4.1 Ενεργειακά και οικονομικά οφέλη πρότασης

Ο παρακάτω πίνακας περιέχει στοιχεία που προέκυψαν συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων και αφορούν την **εξοικονόμηση της ενέργειας**.

**Πίνακας 10 :** Φωτομετρικά μεγέθη υφιστάμενης κατάστασης Πλατείας Μικρασιατών και πρότασης μελέτης.

	Υφιστάμενη κατάσταση	Πρόταση
ΓΕΝΙΚΑ		
Συνολική φωτεινή ροή λαμπτήρων (lm)	1.271.000lm	1.123.062lm
Συνολική ισχύς	15.707,2W	12.890,4W
Συνολική ισχύς ανά τετραγωνικό μέτρο. (Συνολική έκταση 20683.45 τ.μ)	0,76W/m <sup>2</sup>	0,64W/m <sup>2</sup>
ΕΝΤΑΣΗ ΦΩΤΙΣΜΟΥ (Esc)		
Μέση ένταση φωτισμού	31lx	19lx
Ελάχιστη ένταση φωτισμού	0lx	0lx
Μέγιστη ένταση φωτισμού	263lx	134lx

Για τον υπολογισμό του κόστους καταναλισκόμενης ενέργειας: Θεωρούμε ότι το κάθε φωτιστικό λειτουργεί περίπου για 4015 ώρες το χρόνο (δηλαδή περίπου 11 ώρες την μέρα κατά μέσον όρο).

Το δε κόστος πώλησης της ενέργειας υπό χαμηλή τάση όπως ορίζεται από το τιμολόγιο Γ-4 της ΔΕΗ για φωτισμό δρόμων και πλατειών των δήμων και των κοινοτήτων προκύπτει :

Ζώνη	Χρέωση ενέργειας (€/KW)
Όλο το έτος	0,08103

Πάγια χρέωση (€/ μήνα ) : 0,53

[Από το site της ΔΕΗ (<http://www.dei.gr>) τιμολόγιο για τον φωτισμό οδών και πλατειών ( T-49, T-49/1, Γ-4). Ανταγωνιστικές χρεώσεις με εφαρμογή στις καταναλώσεις από 1.1.2013]

**Πίνακας 11 :** Οικονομική σύγκριση υφισταμένης κατάστασης και προτεινομένης βελτίωσης

Ετήσιο κόστος λειτουργίας υφιστάμενης κατάστασης	Ετήσιο κόστος πρότασης
15,7072kW * 4015h*0,08103 €/kW = <b>5.110,11 €</b> (χωρίς ΦΠΑ)	12,8904kW* 4015h*0,08103 €/kW = <b>4.193,70 €</b> (χωρίς ΦΠΑ)

**Πίνακας 12 :** Οφέλη από την πρόταση

Οικονομικό όφελος σε ετήσια βάση	Εξοικονόμηση ενέργειας σε ετήσια βάση	Μείωση συνολικής φωτεινής ροής των λαμπτήρων/αντιμετώπιση φωτορρύπανσης (προσαρμογή στην ΕΛΟΤ EN 13201/2004)
5.110,11 - 4.193,70= <b>916,41 € ή 18%</b>	(15,7072kW * 4015h) – (12,8904kW*4015h) = <b>11.309,452 kWh ή 18%</b>	1.271.000 lm– 1.123.062 lm = <b>147.938 η κατά 11,6%</b>

Το κόστος αυτό μπορεί να μειωθεί με την σωστή διαχείριση φωτισμού και ειδικότερα με το καθορισμό ωρών λειτουργίας : Αν υποθέσουμε ότι όλα τα φωτιστικά της πλατείας λειτουργούν μέσο όρο το χρόνο 4015h, η κατανάλωση φτάνει στους 51.754,95kWh και το κόστος της λειτουργίας των φωτιστικών ανέρχεται σε 4.193,7 € όπως έχει υπολογιστεί παραπάνω. Η σωστή διαχείριση του χρόνου λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων ανάλογα τις πραγματικές ανάγκες φωτισμού επιμέρους στοιχείων της πλατείας που έχουν διαφορετικές λειτουργίες. Από τα 12.890,4W συνολικής κατανάλωσης των φωτιστικών σωμάτων της Πλατείας, ο φωτισμός των μνημείων αντιστοιχεί σε 7860W, οι προβολείς του γηπέδου σε 3360W και τα 1670W από τα υπόλοιπα φωτιστικά (στύλοι στο κεντρικό τμήμα της πλατείας κτλ). Κάνοντας τις παρακάτω παραδοχές - υποθέσεις :

**A).** Αν οι προβολείς του γηπέδου ανάβουν γύρω στις 5 το απόγευμα το χειμώνα και 9 το καλοκαίρι και κλείνουν στις 12 το βράδυ ο μέσος όρος λειτουργίας είναι  $5h \times 365 = 1825h$ . Η ετήσια συνολική κατανάλωση των προβολέων είναι 6.132kWh και το κόστος διαμορφώνεται στα 496,88€.

**B)** Τα μνημεία φωτίζονται συνεχόμενα όλες τις νυχτερινές ώρες, ο μέσος όρος λειτουργίας τους είναι 4015h, οπότε προκύπτει συνολική κατανάλωση 31.557,9 kWh και ετήσιο κόστος στα 2.557,14€.

**Γ)** Οι στύλοι και τα υπόλοιπα φωτιστικά της πλατείας ανάβουν στις 5 το απόγευμα το χειμώνα και στις 9 το βράδυ και κλείνουν τις 2 η ώρα τα μεσάνυχτα που η κίνηση στο κεντρικό τμήμα της πλατείας θα έχει ελαττωθεί και δεν θα χρησιμοποιείται από τους κατοίκους και για να φωτίζονται τα μνημεία μόνο συμβάλλοντας με αυτό το τρόπο στη σκηνογραφία που θα δημιουργείται μέσω της

αντίθεσης του σκοτεινού περιβάλλοντος και στα φωτισμένα μνημεία. Οπότε με μέσο όρο λειτουργίας 7 ώρες έχουμε  $7h \times 365 = 2555h$ . Η ετήσια συνολική κατανάλωση φτάνει 4.266,85kWh και το κόστος 345,74€.

Υιοθετώντας τη διαχείριση αυτή η συνολική ετήσια κατανάλωση της πρότασης πέφτει στα 41.956,75 kWh από 51.754,95kWh που θα είχε αν όλα της τα φωτιστικά λειτουργούσαν συνεχόμενα και το κόστος πέφτει στα 3.399,76 € από τα 4.193,70€. Με άλλα λόγια η διαχείριση του χρόνου λειτουργίας των φωτιστικών σωμάτων αποφέρει κέρδος 18,93%.

#### **7.4.2. Ποιοτική αναβάθμιση νυχτερινού φωτισμού πρότασης**

Αναβαθμίζεται η αισθητική της περιοχής διότι με το φωτισμό των όψεων :

- Αναδεικνύεται η αρχιτεκτονική των κτιρίων,
- Ενισχύεται το αίσθημα ασφάλειας και σιγουριάς των κατοίκων, καλώντας τους να χρησιμοποιήσουν περισσότερο τους εξωτερικούς χώρους για την αναψυχή και τη διασκέδαση τους,
- Προβάλλονται τα τέσσερα (4) επιλεκτικά σημεία ιστορικής σημασίας.

Στο παρελθόν, η ανάδειξη των όψεων γινόταν με προβολείς οι οποίοι τοποθετούνταν σε κάποια απόσταση από το κτίριο εξαιτίας κυρίως του μεγάλου τους μεγέθους. Οι πιο συνηθισμένοι τρόποι στήριξης των φωτιστικών είναι είτε στις κολώνες των φωτιστικών δρόμου, είτε σε ειδικές (για το σκοπό αυτό) κολώνες, είτε στην οροφή κάποιου γειτονικού κτιρίου, είτε με μπράτσα στην πρόσοψη του κτιρίου, είτε χωνευτά στο έδαφος, είτε πίσω από τοίχιο χαμηλού ύψους, είτε μέσα σε λουλούδια ή θάμνους.

Σήμερα, υπάρχουν φωτιστικά μικρού μεγέθους με εξαιρετικά ισχυρές φωτεινές πηγές και με άριστο έλεγχο της φωτεινής ροής κάτι που επιτρέπει την τοποθέτηση των φωτιστικών αρκετά κοντά στην πρόσοψη του κτιρίου.

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα:

- Ο φωτισμός να είναι λιγότερο «επίπεδος»
- Να ελαχιστοποιείται η πρόκληση ενοχλητικών θαμβώσεων στους περαστικούς γύρω από το κτίριο.
- Να μην είναι απαραίτητη η τοποθέτηση φωτιστικών σε άλλες ιδιοκτησίες.
- Να ελαχιστοποιείται η ποσότητα φωτισμού που χάνεται στην ατμόσφαιρα.

(Κοντορήγας, 2011).

Για αυτό στη πρόταση υιοθετήθηκαν χωνευτά ενδοδαπέδια φωτιστικά τα οποία αναδεικνύουν κάποιες λεπτομέρειες των όψεων των κτιρίων (π.χ τα θυρώματα αναγεννησιακής εποχής του Τζαμιού Νερατζέ -Ωδείο και του ναού του Αγ. Φραγκίσκου) και επιπλέον δεν αλλοιώνουν την ημερήσια εικόνα. Τοποθετήθηκαν κυλινδρικά φωτιστικά εξωτερικών χώρων στα τοξωτά υψηλόκορμα παράθυρα του Τούρκικου Σχολείου , ώστε να τονίζεται το χαρακτηριστικό της καμάρας των παραθύρων και στις τέσσερις προσόψεις. Ειδικά μετά τις δώδεκα το βράδυ που οι προβολείς του γηπέδου στην αυλή του Τούρκικου Σχολείου κλείνουν, θα δημιουργείται ένα σκηνικό θεάτρου (σκηνογραφία) καθώς η αντίθεση ανάμεσα στο σκοτεινό περιβάλλοντα χώρο και στα φωτισμένα επαναλαμβανόμενα τοξωτά παράθυρα (που στην ουσία καλύπτουν όλη την πρόσοψη) θα εντείνεται αναδεικνύοντας το μνημείο. Τέλος οι τρούλοι του Ωδείου θα φωτίζονται πιο έντονα σε σχέση με το υπόλοιπο μνημείο με διακριτικούς προβολείς στερεωμένους στο δώμα του κτιρίου, ώστε να βρίσκονται

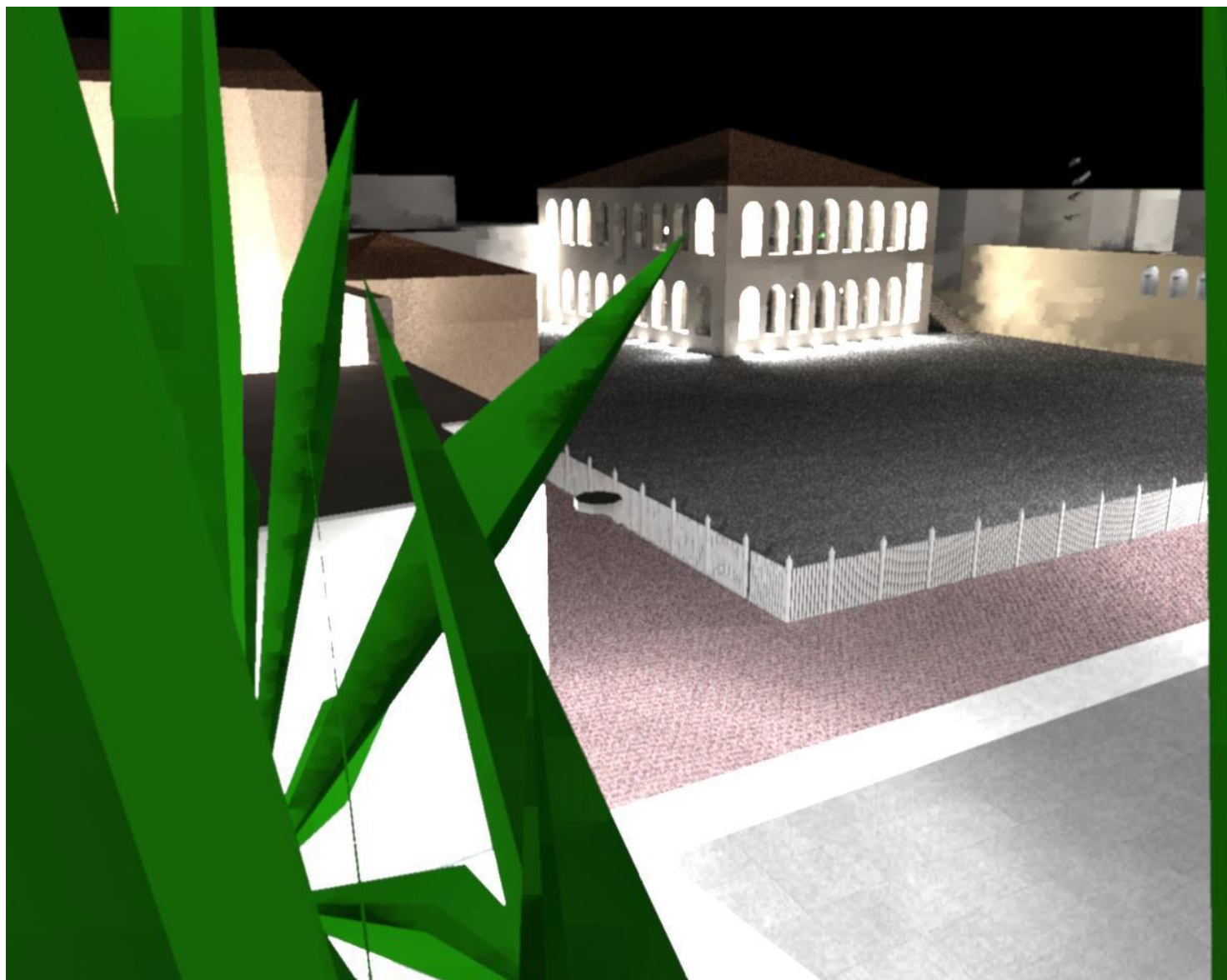
σε περίοπτη θέση και να «τραβούν» το βλέμμα του επισκέπτη προς τα πάνω, σε όποιο σημείο της Πλατείας ή της οδού Εθνικής Αντιστάσεως και αν βρίσκεται ο επισκέπτης. Με την ίδια φιλοσοφία, ο μιναρές τού Ωδείου (που φτάνει τα 27 m και ξεχωρίζει σε όλο το Ρέθυμνο) φωτίζεται με διακριτικά κυλινδρικά φωτιστικά σώματα (μικρά σε μέγεθος και σε ίδια απόχρωση με το Μιναρέ) ώστε να αναδεικνύεται η καμπυλότητα και το ύψος του.

## **7.5 Συμπεράσματα**

Η μελέτη που προηγήθηκε προσφέρει ενεργειακά και οικονομικά οφέλη αλλά κυρίως βελτίωσε αισθητικά το νυχτερινό τοπίο της πλατείας ως προϊόν συνεργασίας φωτισμού και αρχιτεκτονικού περιβάλλοντος. Εστιάστηκε στο φωτισμό-ανάδειξη των ιστορικών κτιρίων ώστε να γίνονται αντιληπτά από τους επισκέπτες και η πλατεία να αποκτήσει ιστορικό και ψυχαγωγικό ενδιαφέρον. Στην προσπάθεια αυτή δεν παραλείφτηκε το τεχνικό μέρος της εξοικονόμησης ενέργειας.

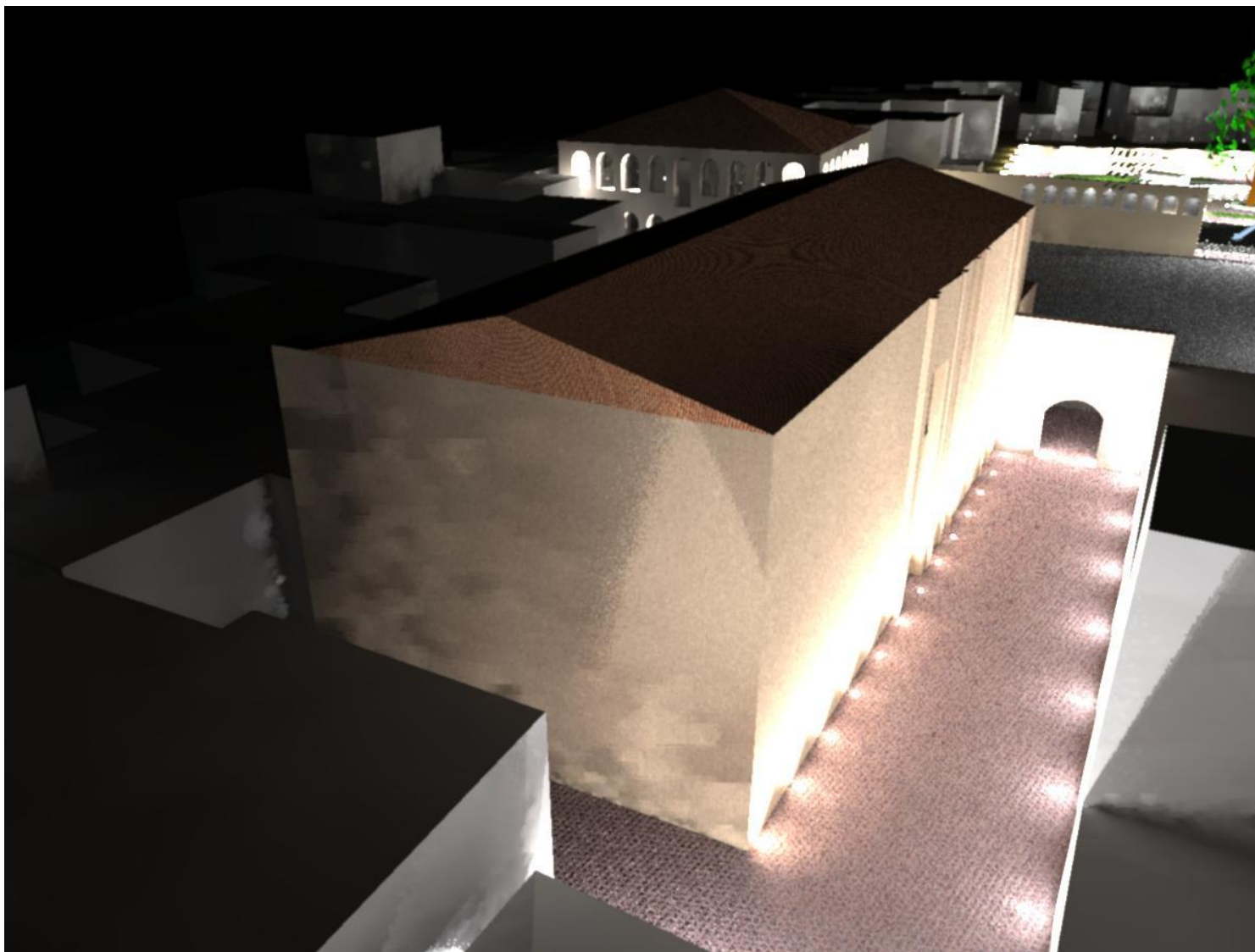


**Εικ. 77:** Ο ευρύτερος χώρος της πλατείας Μικρασιατών με τους προβολείς του σχολείου κλειστούς. Ο κεντρικός χώρος με το απαλό διάχυτο φωτισμό (curtain wall) δεν κλέβει την προσοχή από τα φωτισμένα μνημεία - τοπία της πλατείας.



**Εικ. 78:** Το Τούρκικο σχολείο με φωτισμένα τα τοξωτά του επαναλαμβανόμενα παράθυρα δημιουργεί μια αντίθεση και σκηνογραφική σύνθεση με το σκοτεινό του περίγυρο μετά τις 12 το βράδυ που οι προβολείς του σχολείου θα κλείνουν.





**Εικ 79:** Η είσοδος από την Εθνική Αντίσταση προς τη πλατεία. Τα χωνευτά ενδοδαπέδια φωτιστικά "οδηγούν" τον επισκέπτη προς τη πλατεία και ταυτόχρονα αναδεικνύουν το ναό του Αγ. Φραγκίσκου. Η καμάρα φωτίζεται και αυτή με ενδοδαπέδια φωτιστικά ως σηματοδότηση της εισόδου.

## **8. Υφιστάμενη κατάσταση φωτισμού οδού Εθν. Αντιστάσεως Ρεθύμνου.**

Η αισθητική βελτίωση ενός δημόσιου χώρου σε μια ιστορική περιοχή επιτυγχάνεται με δυο τρόπους :

- Ανάδειξη των μνημείων.
- Επίτευξη ιδανικών τιμών έντασης φωτισμού όπως αυτές δίνονται μέσα από τις τεχνικές εκθέσεις της Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού.

Σε αντίθεση με την πλατεία Μικρασιατών, η οδός Εθνικής Αντιστάσεως δε διαθέτει μνημεία εκτός από τη «Μεγάλη Πόρτα». Συνεπώς η έρευνα επικεντρώνεται στην επίτευξη ιδανικών τιμών φωτισμού και εξοικονόμησης ενέργειας σε ένα χώρο με σαφή όρια, μορφή και χρήση, ο οποίος μπορεί να αποτελέσει σημείο αναφοράς για παρόμοιους δρόμους στην Μεσόγειο

### **8.1 . Αξιολόγηση και κατηγοριοποίηση της οδού Εθνικής Αντιστάσεως με βάση τη χρήση και τον κυκλοφοριακό φόρτο.**

Η σημερινή μορφή του δημόσιου χώρου της παλιάς πόλης του Ρεθύμνου χρονολογείται, με μικρές μόνο διαφορές, από τα τέλη του 16ου αιώνα. Δρόμοι, πλατείες και πλατώματα, επηρεασμένα από αντίστοιχες μορφές της Βενετίας, διατηρούν την αρχική τους χάραξη και μορφή και ως ένα βαθμό και την αρχική τους λειτουργική σημασία. (Ζήβας et al, 1998).

Η οδός Εθνικής Αντιστάσεως στο Ρέθυμνο, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί τον κεντρικό δρόμο της παλιάς πόλης όπου συγκεντρώνεται η εμπορική κίνηση, με καταστήματα λιανικού εμπορίου και τουρισμού μέσα στην παλιά πόλη του Ρεθύμνου και έχει μήκος περίπου 210 m.

Αν και η συνταχθείσα μελέτη «Κυκλοφοριακής Οργάνωσης και Στάθμευσης στην πόλη του Ρεθύμνου» προτείνει μεταξύ άλλων:

"... Α) κύριους άξονες κίνησης αυτοκινήτων τον περιφερειακό, την οδό Αρκαδίου από το τέλος του περιφερειακού μέχρι τη συνάντησή της με τις οδούς Πετυχάκη και Παλαιολόγου, τις οδούς Πετυχάκη και Παλαιολόγου, καθώς και τις οδούς Ελ. Βενιζέλου, Εθνικής Αντιστάσεως και Κουντουριώτου, ...", στην πραγματικότητα η οδός Εθν. Αντιστάσεως είναι ένας από τους δρόμους όπου εφαρμόζεται ο δακτύλιος, όπως και σε ολόκληρο το ιστορικό κέντρο της πόλης του Ρεθύμνου. Σύμφωνα με όσα ισχύουν, η διέλευση οχημάτων στο ιστορικό κέντρο απαγορεύεται από τις 11:00 το πρωί έως τις 6:00 τα ξημερώματα. Δικαίωμα εισόδου στο ιστορικό κέντρο έχουν μόνο οι κάτοικοι και οι επαγγελματίες, που φέρουν ειδική κάρτα. Από τις 6:00πμ έως τις 11:00πμ, η είσοδος είναι ελεύθερη κυρίως για να εξυπηρετούνται οι ανάγκες τροφοδοσίας των καταστημάτων.



**Εικ. 80:** Πινακίδα δακτυλίου ιστορικού κέντρου Ρεθύμνου

(Πηγή : <http://www.flashnews.gr/page.ashx?pid=3&aid=118855&cid=305>)

Έτσι, η οδός Εθν. Αντιστάσεως αποτελεί ένα πεζοδρομημένο εμπορικό δρόμο πλάτους 3,50m έως 6m με κύριους χρήστες τους πεζούς. Κατά τους θερινούς μήνες η κίνηση των πεζών είναι ιδιαίτερη υψηλή λόγω τουριστών, ενώ η κίνηση οχημάτων είναι σπάνια έως μηδενική και περιορίζεται σε όσους από τους κατοίκους της παλιάς πόλης διαθέτουν κάρτα άδειας διέλευσης στο ιστορικό κέντρο του Ρεθύμνου. Το χειμώνα η κίνηση των πεζών περιορίζεται στους κατοίκους της παλιάς πόλης του Ρεθύμνου και η κίνηση οχημάτων εξακολουθεί και είναι ελάχιστη. Η σημερινή κατάσταση φωτισμού αποτελεί τυπικό παράδειγμα στενού εμπορικού δρόμου, όπου η συμβολή του δημοτικού φωτισμού στη διαμόρφωση της τελικής στάθμης φωτισμού αποτελεί μόνο μικρό κλάσμα της, καθώς ενισχύεται κυρίως από το φως των προθηκών και των φωτεινών επιγραφών των καταστημάτων λιανικού εμπορίου.

#### **8.1.1 Εφαρμόζοντας το Ευρωπαϊκό Πρότυπο 13201/2004 στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως.**

Η ανάλυση στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως θα επικεντρωθεί αρχικώς στον προσδιορισμό των πραγματικών αναγκών επίπεδων φωτισμού ενός εμπορικού δρόμου με παρόμοια χαρακτηριστικά, με βάση τα Technical Reports της CIE και EN, ανεξάρτητα από τον φωτισμό που διαχέεται από τα εμπορικά καταστήματα και σε δεύτερη φάση θα υπολογιστεί η συμβολή του δημοσίου φωτισμού στο συνολικό φωτισμό του δρόμου.

Για την εφαρμογή του προτύπου στην οδό Εθνική Αντιστάσεως, αρχικά προσδιορίζονται η χρήση και η ταχύτητα κυκλοφορίας στη περιοχή, από τις οποίες

θα προκύψουν οι αντίστοιχες καταστάσεις φωτισμού (σύμφωνα με τον **Πίνακα 13** του ΕΛΟΤ EN13201/2004).

Οι πεζόδρομοι και οι πλατείες γενικά χαρακτηρίζονται ως κατάσταση φωτισμού E1. Όπου όμως χρησιμοποιούνται επίσης για εργασίες φόρτωσης και υπάρχει ελαφριά κίνηση οχημάτων, ιδιαίτερα ποδηλατών και μοτοποδηλάτων, ισχύουν οι απαιτήσεις για την κατάσταση φωτισμού E2.

**Πίνακας 13 :** Σενάρια κυκλοφορίας για τις Κλάσεις Φωτισμού **S** (της EN 13201)

Σενάριο	Ταχύτητα του κύριου χρήστη (km/h)	Κύριος Χρήστης	Άλλοι Επιτρεπόμενοι χρήστες	Απαγορευμένοι χρήστες
A1	>60	κυκλοφορία αυτοκινήτων		αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες, πεζοί
A2			αργά κινούμενα οχήματα	Ποδηλάτες, πεζοί
A3			αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	
B1	30-60	κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα	ποδηλάτες, πεζοί	
B2		κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	πεζοί.	
C1	5-30	Ποδηλάτες	πεζοί.	αυτοκινήτα, αργά κινούμενα οχήματα.
D1	5-30	κυκλοφορία αυτοκινήτων, πεζοί		αργά κινούμενα οχήματα, πεζοί
D2			αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	
D3		κυκλοφορία αυτοκινήτων, ποδηλάτες	αργά κινούμενα οχήματα, πεζοί.	
D4		κυκλοφορία αυτοκινήτων αργά κινούμενων, ποδηλάτες, πεζοί		
E1	ταχύτητα βαδίσματος	Πεζοί		Κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα. ποδηλάτες
E2			κυκλοφορία αυτοκινήτων, αργά κινούμενα οχήματα, ποδηλάτες	

Η ασφάλεια της οδού Εθνικής Αντιστάσεως θεωρείται γενικά φυσιολογική. Το καλοκαίρι η κίνηση πεζών είναι κανονική προς υψηλή και η ανάγκη αναγνώρισης προσώπου είναι μεταξύ αναγκαίου και μη αναγκαίου. Το χειμώνα η κίνηση είναι κανονική προς ελάχιστη επειδή η κίνηση των πεζών ελαττώνεται. Το αίσθημα ανασφάλειας αυξάνεται και έτσι η αναγνώριση προσώπου θεωρείται αναγκαία. Ο φωτισμός του περιβάλλοντος θεωρείται μέτριος προς το υψηλός.

**Πίνακας 14 :** Κατηγορίες φωτισμού **S** για το σύνολο καταστάσεων **E1** και **E2**

		ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ E1						ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ E2					
Υπάρχουσα Ασφάλεια	Αναγνώριση προσώπου	Ροή Κυκλοφορίας πεζών						Ροή Κυκλοφορίας πεζών					
		Κανονική (χειμώνας)			Υψηλή (καλοκαίρι)			Κανονική (χειμώνας)			Υψηλή (καλοκαίρι)		
		←	0	→	←	0	→	←	0	→	←	0	→
Φυσιολογική	Μη αναγκαία	6	5	4	5	4	3	5	4	3	4	3	2
	Αναγκαία	4	3	2	4	3	2	3	2	1	3	2	1
Μικρότερη του φυσιολογικού		3	2	1	2	1	CE2	2	1	CE2	2	1	CE2

Όπου τα «←», «→» και «0» για το σύνολο καταστάσεων φωτισμού E1 και E2, προσδιορίζονται από ειδικές παραμέτρους όπως φαίνεται στον παρακάτω **Πίν. 15**:

**Πίνακας 15 :** Ειδικές παράμετροι για τα επίπεδα φωτισμού E1 και E2

Ambient brightness levels (Επίπεδα φωτεινότητας περιβάλλοντος)		
Low (Υπεραστικός) Αγροτικές περιοχές, μικρά χωριά και σκοτεινοί αστικοί χώροι	Medium (Αστικός) Αστικές περιοχές ή κέντρα μικρών πόλεων	High (κέντρο πόλης) Κέντρα μεγάλων πόλεων με υψηλά κυρίως επίπεδα νυχτερινής ζωής
←	0	→

Η οδός Εθνικής Αντιστάσεως, με βάση τη μορφή της και το μέγεθος της πόλης του Ρεθύμνου, αντιστοιχεί περισσότερο στους εμπορικούς δρόμους προαστίων παρά σε κέντρο πόλης σύμφωνα με το **Πίνακα 3** (τάξεις S3 και S4) καθώς τα κέντρα πόλεων (τάξεις S1 και S2) αφορούν κυρίως μεγάλες μητροπόλεις όπου οι ανάγκες για επίπεδα φωτισμού είναι υψηλότερες.

Με βάση όμως, τον όγκο κυκλοφορίας των πεζών (λόγω τουρισμού και εμπορικότητας), τη χρήση (εμπορική και οικιστική περιοχή) και τη μέτρια συχνότητα χρήσης από ποδηλάτες, μοτοποδηλάτες και αυτοκίνητα (κατοίκων και φορτοεκφόρτωσης) τελικά κατατάσσεται, ως προς τον οριζόντιο φωτισμό στις κατηγορίες **S2** (ή P2 των CIE) ή **S3** (P3 των CIE) που αφορούν δρόμους μέτριας συχνότητας χρήσης από πεζούς, ποδηλάτες και άλλα τροχοφόρα, σύμφωνα με τις CIE 136/2000 και 115/2010 και EN 13201-2: 2003. Οι τιμές για τις τάξεις αυτές κυμαίνονται από 7,5 μέχρι 10 lx για τον μέσο οριζόντιο φωτισμό ( $E_{h,av}$ ) και από 1,5 μέχρι 3 lx για τον ελάχιστο οριζόντιο φωτισμό ( $E_{h,min}$ ).

Ως προς τον ημι-κυλινδρικό φωτισμό ( $E_{sc}$ ), για τους ίδιους λόγους, κατατάσσεται στον **Πίνακα 10** στις τάξεις ES2 και ES3, με τιμές που κυμαίνονται από 5 μέχρι 7,5 lx όσον αφορά τον ελάχιστο φωτισμό ( $E_{sc,min}$ ).



### 8.1.2 Βασικές παράμετροι φωτισμού για την οδό Εθνικής Αντιστάσεως Ρεθύμνου και γενικά για εμπορικούς πεζοδρομημένους δρόμους μικρών ιστορικών πόλεων της Μεσογείου.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, δημιουργούνται για την οδό Εθνικής Αντιστάσεως του Ρεθύμνου οι εξής πίνακες :

**Πίνακας 16 :** Συνθήκες κίνησης οχημάτων και πεζών στην οδό Εθν. Αντιστάσεως.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ			
Κατάσταση φωτισμού (σενάριο)	Ταχύτητα του κύριου χρήστη Km/h	Τύπος χρηστών		
		Κύριος Χρήστης	Άλλοι επιτρεπόμενοι χρήστες	Απαγορευμένοι χρήστες
E1/E2	Ταχύτητα βαδίσματος	Πεζοί	Κανένας εκτός από τα οχήματα των κατοίκων της παλιάς πόλης και ποδήλατα	Αυτοκίνητα, αργά κινούμενα οχήματα

Στο δρόμο αυτό, παρόλο που είναι εμπορικός δρόμος για πεζούς στο κέντρο της πόλης, υπάρχουν οι εξής ιδιαιτερότητες : α) επιτρέπεται η διέλευση αυτοκινήτων και τα μοτοποδηλάτων των κατοίκων της περιοχής και β) δεν απαγορεύονται τα ποδήλατα, οπότε ισχύουν εν μέρει και οι καταστάσεις φωτισμού E2 που θα ληφθούν υπόψη.

**Πίνακας 17 :** Γενικότερες περιβαλλοντικές συνθήκες στην οδό Εθν. Αντιστάσεως.

ΔΕΔΟΜΕΝΑ	
Φωτισμός περιβάλλοντος	Μέτριος
Ασφάλεια	Φυσιολογική
Αναγνώριση προσώπων	Αναγκαία
Κυκλοφορία	Υψηλή τους θερινούς μήνες Χαμηλή τους χειμερινούς μήνες

Ο πίνακας 1 διαμορφώνεται για τις ανάγκες της οδού Εθνικής Αντιστάσεως Ρεθύμνου και γενικά για στενούς εμπορικούς δρόμους των μεσαίων μεσογειακών πόλεων με βάση τα προηγούμενα:

<b>Πίνακας 18</b> Φωτοτεχνικές απαιτήσεις του δρόμου Εθν.Αντιστάσεως - Κριτήρια Φωτισμού		
Κατηγορία : P2/P3 ή S2/S3		
Παράμετροι φωτισμού	Απαιτούμενοι δείκτες	Απαιτούμενες τιμές
<b>1.</b> Επαρκές επίπεδο φωτισμού (illuminance)	<b>1α</b> Eh,av	10 -7.5 lx
	<b>1β</b> Eh,min	2-1.5lx(CIE 115 : 2010)
		3-1.5lx (EN 13201 - 2 :2003)
	<b>1γ</b> Ehs,min	5-3lx
	<b>1δ.</b> Ev,av	3,0-2,5lx (CIE 115 : 2010)
		30-10lx (EN 13201 - 2 :2003)
	<b>1ε</b> Esc,min	2-1.5 lx (CIE 115 : 2010)
		7.5-5 lx (EN 13201 - 2 :2003)
		3lx (CIE 136 : 2000)
<b>2.</b> Ομοιομορφία (illuminance uniformity)	Uo (minimum)	0.15
Λοιπά χαρακτηριστικά με βάση την CIE 136 : 2000	Στενά - στοές (π.χ Αρχή Εθνικής αντιστάσεως που οδηγεί στην Porta Guora - Στενό που οδηγάει στην πλατεία Μικρασιατών	Eh,av 10lx. Eh,min 5 Esc,min 10

## **8.2 Αξιολόγηση υφιστάμενης κατάστασης με υποκειμενικά κριτήρια.**

Για την αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης φωτισμού στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως στο Ρέθυμνο και τη διερεύνηση της επίδρασης του φωτισμού στους χρήστες της, μοιράστηκαν ερωτηματολόγια αυτοαναφοράς σε περαστικούς και καταστηματαρχες. Η έρευνα διεξήχθη στις 13 και 24 Νοεμβρίου 2014 από τις 6 το απόγευμα αφού είχε ήδη σκοτεινιάσει έως τις 8 το βράδυ. Υπήρχαν ευνοϊκές καιρικές συνθήκες χωρίς βροχόπτωση, με θερμοκρασία γύρω στους 15° C και ο δρόμος ήταν στεγνός.

Οι πέντε πρώτες ερωτήσεις των ερωτηματολογίων αφορούν δημογραφικά στοιχεία, όπως φύλλο, ηλικία, ασχολία, περιοχή κατοικίας, καθώς και τη συχνότητα που οι ερωτώμενοι χρησιμοποιούν το δρόμο. Οι επόμενες δέκα ερωτήσεις, οι οποίες είναι απλές και σύντομες, έχουν σκοπό να αξιολογήσουν την κατάσταση άνεσης και ασφάλειας των ερωτώμενων σε σχέση με την ένταση του φωτισμού καθώς και την ευκολία αναγνώρισης προσώπων. Από τις δέκα ερωτήσεις, στις πρώτες οκτώ οι ερωτώμενοι καλούνται να απαντήσουν σε κλίμακες 5 διαβαθμίσεων π.χ (1) καθόλου άνετα, (2) λίγο άνετα, (3) αδιάφορα, (4) αρκετά άνετα και (5) πολύ άνετα ή (1) πολύ σκοτεινός, (2) αρκετά σκοτεινός, (3) λίγο σκοτεινός, (4) αρκετά φωτεινός και (5) πολύ φωτεινός. Η ένατη ερώτηση είναι ερώτηση πολλαπλής επιλογής και αφορά το αίσθημα άνεσης των ερωτώμενων σε σχέση με το φωτισμό του δρόμου σε τρεις διαφορετικές χρονικές περιόδους του εικοσιτετράωρου. Τέλος, η δέκατη ερώτηση είναι ερώτηση ιεράρχησης προτεραιοτήτων, όπου οι ερωτώμενοι καλούνται να ιεραρχήσουν σε μία σειρά προτεραιοτήτων από το (1) πολύ σημαντικό μέχρι το (6) όχι σημαντικό έξι

προτάσεις σχετικές με την κάλυψη βασικών αναγκών από το φωτισμό, όπως μείωση εγκληματικότητας, αναγνώριση προσώπου κ.λπ.

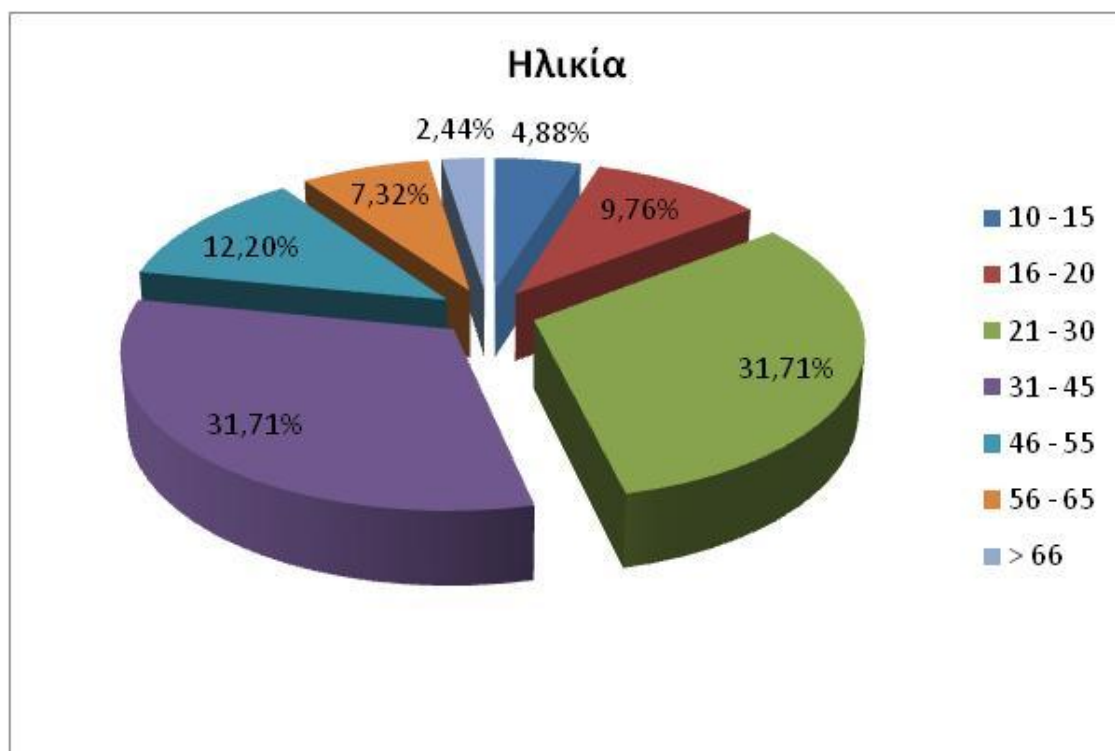
Το ερωτηματολόγιο, όπως δόθηκε στους ερωτηθέντες, παρατίθεται στο παράρτημα στο τέλος της παρούσας εργασίας.

Συνολικά, συλλέχθηκαν 41 ερωτηματολόγια. Από την καταμέτρηση των απαντήσεων των ερωτηματολογίων προέκυψαν τα παρακάτω:

Όσο αφορά τα δημογραφικά στοιχεία, σχετικά με το φύλο, από τους 41 ερωτηθέντες οι 16 ήταν άντρες (39,02%) και οι 25 γυναίκες (60,97%).

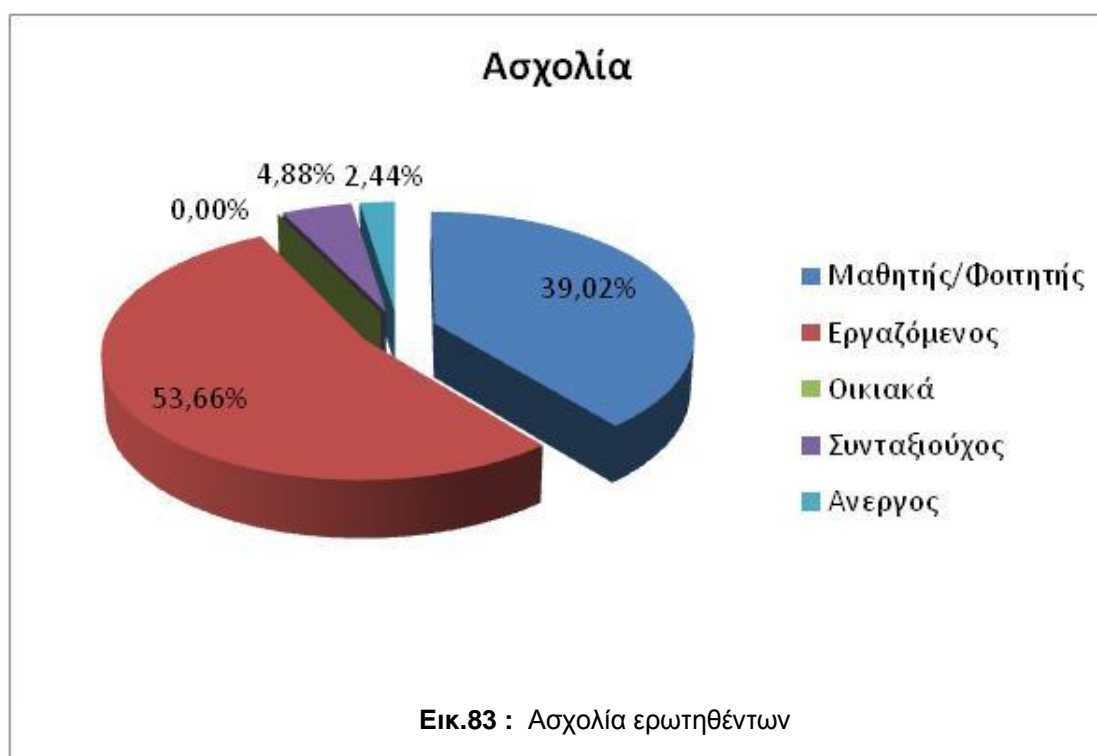


Σχετικά με την ηλικία, οι 2 (4,88%) ήταν παιδιά ηλικίας 10-15 ετών, οι 4 (9,75%) ήταν 16-20 ετών, οι 13 (31,70%) ήταν φοιτητές και γενικά άτομα νεαρής ηλικίας 21-30 ετών, οι 13 (31,70%) ήταν 31-45 ετών, οι 5 (12,19%) ήταν 46-55 ετών, οι 3 (7,32%) άνηκαν στην ηλικιακή ομάδα των 56-65 ετών και τέλος 1 (2,44%) ήταν άνω των 66 ετών.



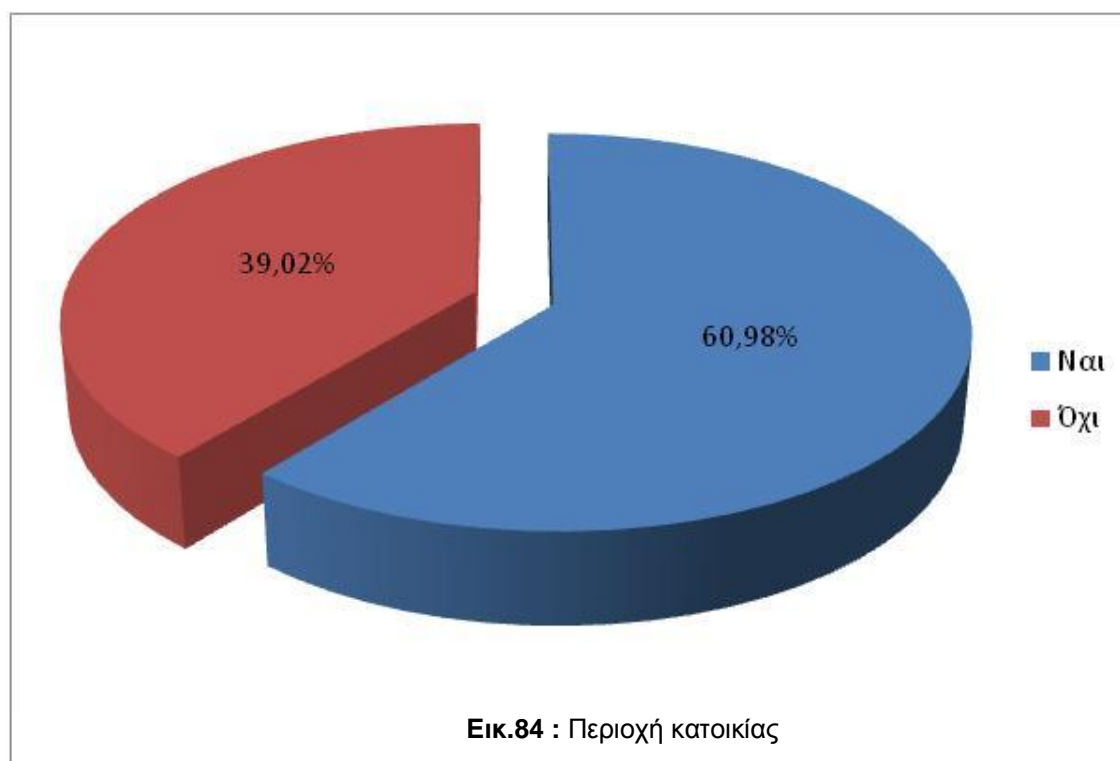
**Εικ 82. :** Ηλικία ερωτηθέντων

Σχετικά με την ασχολία τους, οι 16 (39,02%) απάντησαν ότι ήταν μαθητές ή φοιτητές, οι 22 (53,66%) ήταν εργαζόμενοι, 2 (4,88%) δήλωσαν συνταξιούχοι και 1 (2,44%) άνεργος.



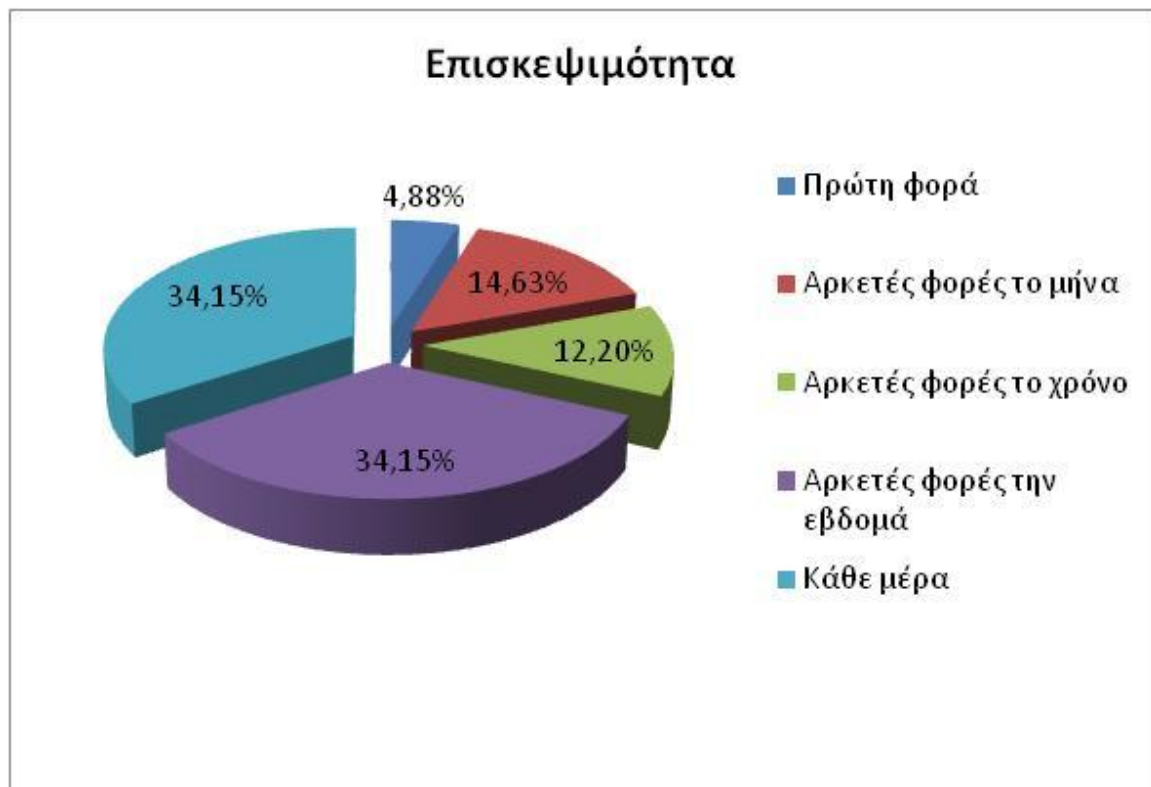
**Εικ.83 :** Ασχολία ερωτηθέντων

Σχετικά με την περιοχή κατοικίας, από τους 41 ερωτηθέντες οι 25 (60,97%) ήταν κάτοικοι της περιοχής και οι υπόλοιποι 16 (39,02%) δεν ήταν κάτοικοι της περιοχής.



Τέλος, σχετικά με τη συχνότητα χρήσης της Εθνικής Αντιστάσεως, από τους ερωτηθέντες οι 2, οι οποίοι δεν ήταν κάτοικοι περιοχής (4,88%) περπατούσαν για πρώτη φορά στην οδό Εθνικής Αντιστάσεως, οι 6 (14,63%) διασχίζουν την Εθνικής Αντιστάσεως αρκετές φορές το χρόνο, οι 5 (12,19%) διασχίζουν το δρόμο αρκετές φορές το μήνα. Οι περισσότεροι, όμως από τους ερωτηθέντες χρησιμοποιούν την οδό Εθνικής Αντιστάσεως αρκετές φορές την εβδομάδα (14 άτομα ή ποσοστό 34,15%) έως και κάθε μέρα (επίσης 14 άτομα ή ποσοστό 34,15%). Γεγονός που υποδηλώνει το κεντρικό ρόλο και τη σπουδαιότητα της

Εθνικής Αντιστάσεως στην πόλη, τους κατοίκους και τους επισκέπτες του Ρεθύμνου.



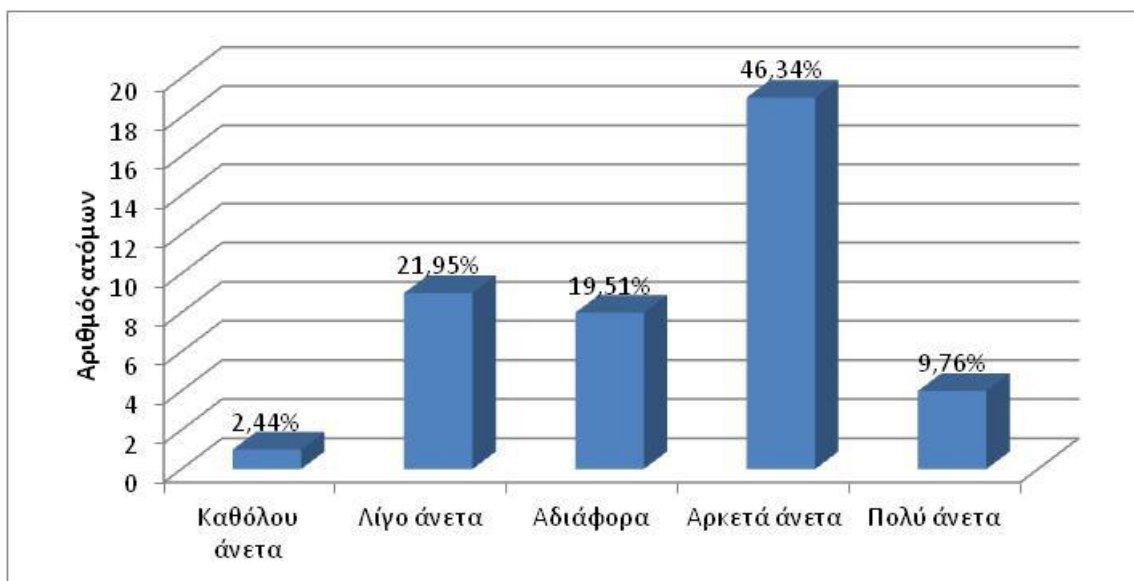
Εικ. 85 : Συχνότητα χρήσης της οδού Εθν. Αντιστάσεως

Σύμφωνα με τους παραπάνω γραφήματα προκύπτει ότι υπερτερούν σε αριθμό οι γυναίκες έναντι των αντρών, οι ηλικίες από 21 έως 45 ετών, οι εργαζόμενοι, οι κάτοικοι της περιοχής και αυτοί που κάνουν χρήση του δρόμου από αρκετές φορές την εβδομάδα έως κάθε μέρα.

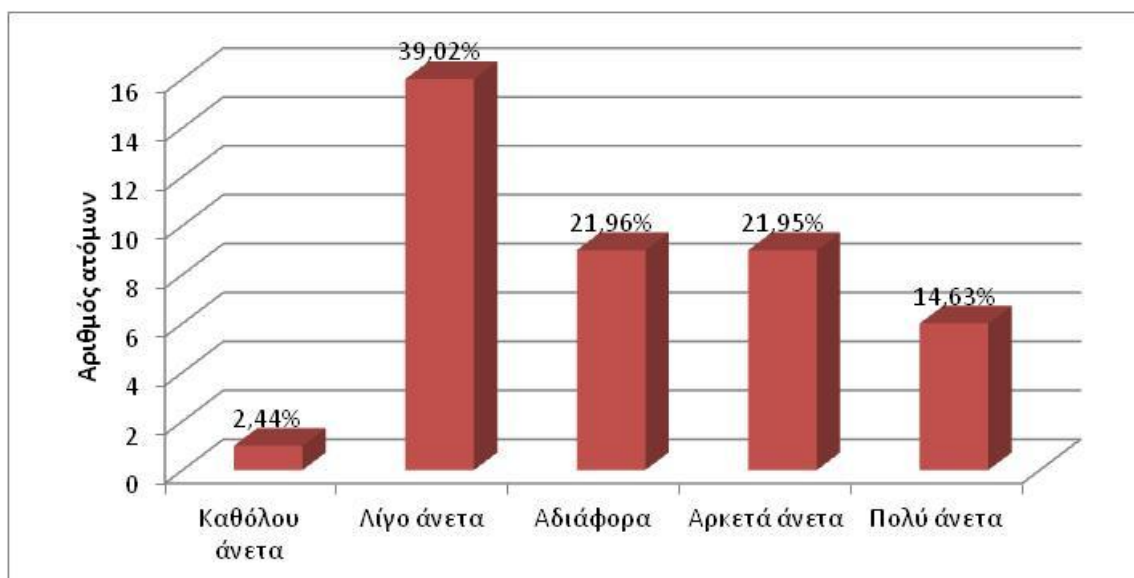
Όσο αφορά τις επόμενες 10 ερωτήσεις προέκυψαν τα εξής:

Η πρώτη ερώτηση χωρίζεται σε δυο υπο-ερωτήσεις : (1α) *"Πως αισθάνεστε σε αυτό το δρόμο γενικά;"* και (1β) *"Πως αισθάνεστε όταν περπατάτε μόνος/μόνη κατά μήκος του δρόμου αφού σκοτεινιάσει;"*. Στην ερώτηση (1α) οι απαντήσεις που συλλέχθηκαν ήταν 1 άτομο (2,44%) δήλωσε ότι δε νιώθει γενικά άνετα 9 (21,95%) απάντησαν λίγο άνετα, 8 (19,51%) αδιάφορα, 19 (46,34%) αισθάνονται αρκετά

άνετα και τέλος 4 (9,75%) νιώθουν πολύ άνετα. Στην ερώτηση (1β) που αξιολογεί την άνεση του δρόμου όπως στην ερώτηση (1α) αλλά αφού σκοτεινιάσει, οι απαντήσεις που δόθηκαν ήταν οι εξής : 1 άτομο (2,44%) απάντησε ότι δεν νιώθει καθόλου άνετα, 16 (39,02%) λίγο άνετα, 9 (21,95%) δηλώσαν ότι νιώθουν αδιάφορα στην Εθνική Αντιστάσεως κατά τη διάρκεια της νύχτας, 9 (21,95%) αρκετά άνετα και τέλος 6 (14,63%) πολύ άνετα.



**Εικ.86 :** Αίσθημα άνεσης γενικά



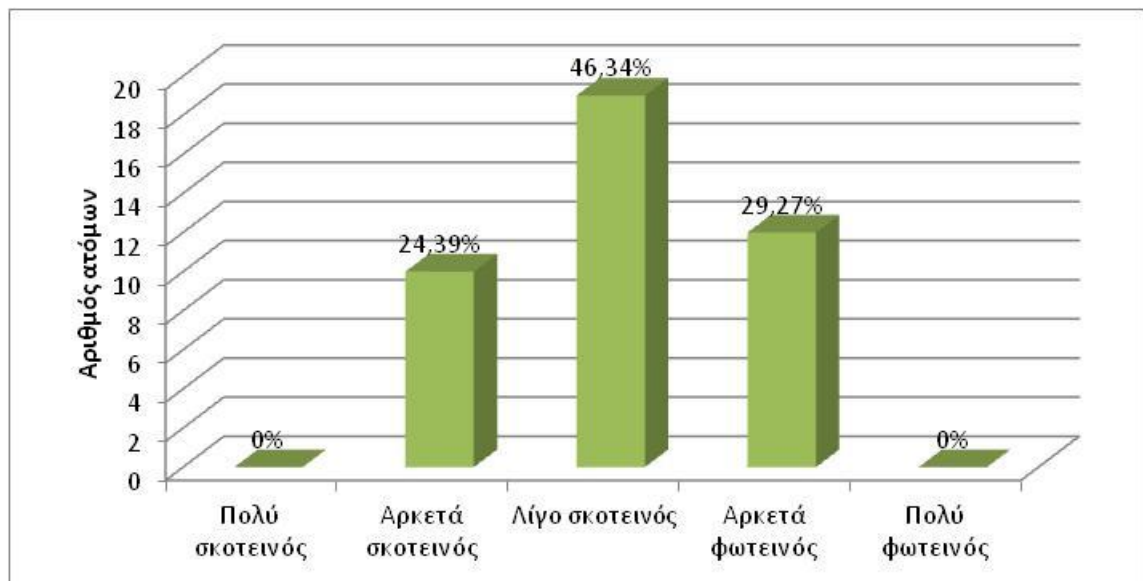
**Εικ.87:** Αίσθημα άνεσης αφού σκοτεινιάσει



Συνεκτιμώντας τις απαντήσεις προκύπτει ότι η Εθν. Αντιστάσεως θεωρείται από την πλειοψηφία των ερωτηθέντων, ένας άνετος δρόμος που λόγω των εμπορικών της καταστημάτων, τη μειωμένη έως απαγορευμένη κυκλοφορία των αυτοκινήτων και την πλακόστρωση που υπάρχει, ωθεί τους κατοίκους της πόλης καθώς και τους επισκέπτες να κυκλοφορήσουν πεζοί. Στη διάρκεια, όμως, της νύχτας υπάρχει κάποια αντιστροφή στο αίσθημα της άνεσης όσων την διασχίζουν. Αυτοί που απάντησαν ότι νιώθουν γενικά λίγο άνετα στο δρόμο αυτό (21,95%) σχεδόν διπλασιάζονται (39,02%) αφού σκοτεινιάσει. Αντίθετα το ποσοστό των ερωτηθέντων που νιώθουν γενικά αρκετά άνετα (46,34%) πέφτει λίγο πιο κάτω από το μισό (ποσοστό 21,95%) αφού σκοτεινιάσει.

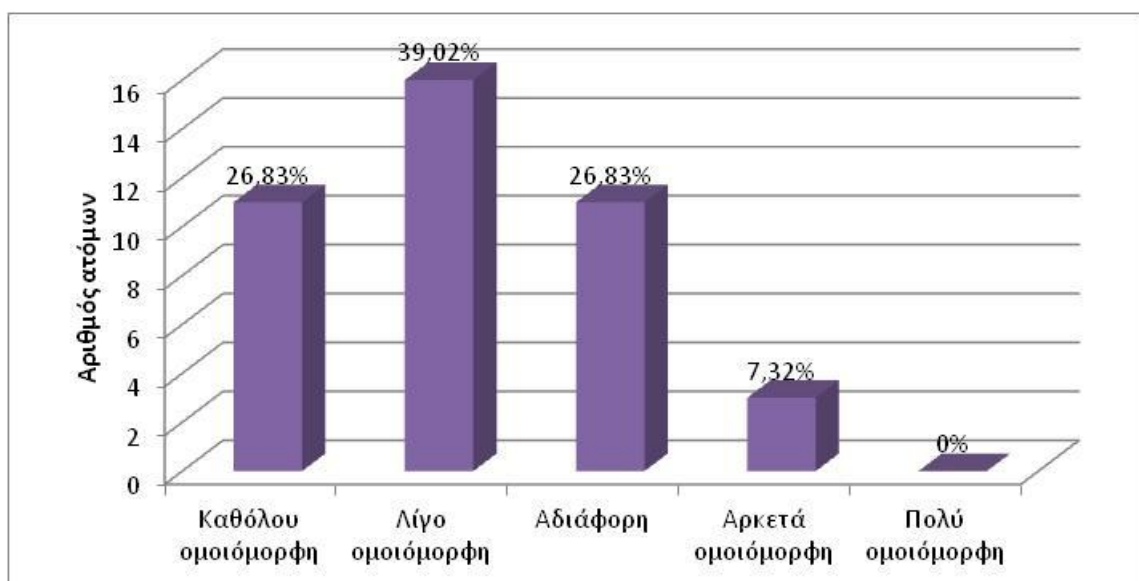
Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι πολλοί από τους ερωτηθέντες συμπλήρωσαν, χωρίς να υπάρχει σχετική ερώτηση, ότι νιώθουν περισσότερο άνετα το καλοκαίρι. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στο γεγονός ότι το καλοκαίρι κυκλοφορεί περισσότερος κόσμος ως αργά τη νύχτα και δεν σχετίζεται με το φωτισμό.

Στην ερώτηση (2) "Πως σας φαίνεται από άποψη φωτισμού ο δρόμος αυτός το βράδυ;" κανένας δεν απάντησε πολύ σκοτεινός ή πολύ φωτεινός, οι 10 (24,40%) βρίσκουν την Εθνικής Αντιστάσεως αρκετά σκοτεινή, οι 19 (46,34%) λίγο σκοτεινή και οι 12 (29,27%) αρκετά φωτεινή. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι η πλειοψηφία των ερωτηθέντων που απάντησαν ότι η Εθνικής Αντιστάσεως είναι αρκετά φωτεινή κατά τη διάρκεια της συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου βρισκόντουσαν σε σημεία κοντά στα φωτιστικά σώματα και σε έντονα φωτισμένες βιτρίνες μαγαζιών και πιθανώς να ήταν επηρεασμένοι.



**Εικ.88 :** Ένταση φωτισμού

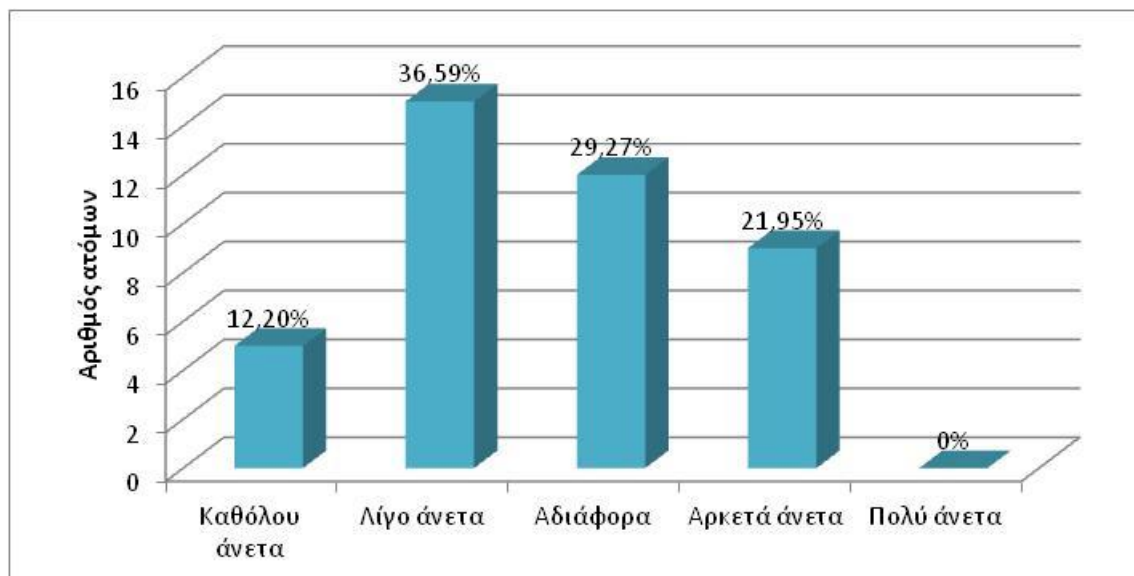
Στην ερώτηση (3) *"Πως σας φαίνεται η κατανομή (ομοιομορφία) του φωτισμού σε αυτό το δρόμο;"* 11 (26,83%) θεωρούν ότι η Εθν. Αντιστάσεως δεν έχει καθόλου ομοιόμορφο φωτισμό, 16 (39,02%) θεωρούν ότι έχει λίγο ομοιόμορφο, 11 ( 26,83%) δηλώνουν αδιάφοροι σχετικά με την ομοιομορφία, 3 (7,32%) θεωρούν ότι η Εθνικής Αντιστάσεως έχει αρκετά ομοιόμορφο φωτισμό και κανένας δεν απάντησε στη τελευταία βαθμίδα αξιολόγησης της ερώτησης δηλ πολύ ομοιόμορφο.



**Εικ.89 :** Ομοιομορφία φωτισμού

Εξάγεται το συμπέρασμα ότι η Εθνικής Αντιστάσεως θεωρείται από την πλειοψηφία των ερωτηθέντων ότι έχει λίγο έως καθόλου ομοιόμορφο φωτισμό, κάτι που επιβεβαιώνεται και από τις μετρήσεις της οδού με τη χρήση του λουξόμετρου όπως θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο.

Στην ερώτηση (4) "Πως αισθάνεστε με το χρώμα του φωτισμού σε αυτόν το δρόμο τη νύχτα;" οι 5 (12,19%) απάντησαν ότι δεν νιώθουν καθόλου άνετα, οι 15 (36,58%) απάντησαν λίγο άνετα, οι 12 (29,27%) αδιάφορα και οι 9 (21,95%) ότι αισθάνονται αρκετά άνετα. Με επιτόπια παρατήρηση στα φωτιστικά σώματα κατά μήκος της Εθνικής Αντιστάσεως, το κάθε φωτιστικό είχε διαφορετικό χρώμα και ένταση ως απόρροια των διαφορετικών λαμπών που τοποθέτησε ο δήμος Ρεθύμνου σε κάθε φωτιστικό ως αντικατάσταση σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Αυτό φαίνεται να έχει επιπτώσεις στο αίσθημα άνεσης των χρηστών της Εθνικής Αντιστάσεως.

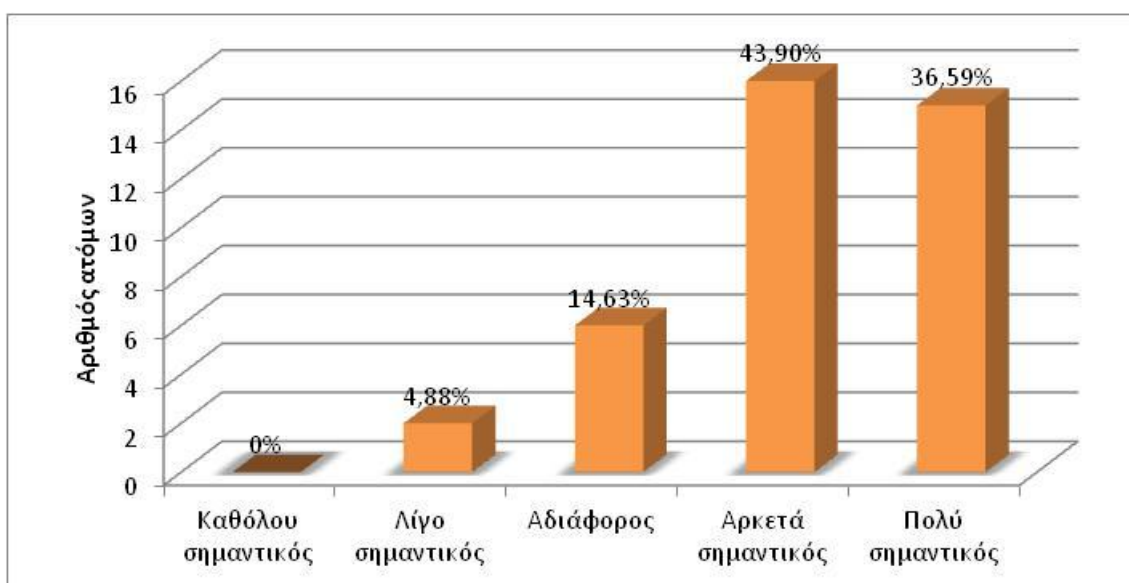


Εικ.90 : Χρώμα φωτισμού

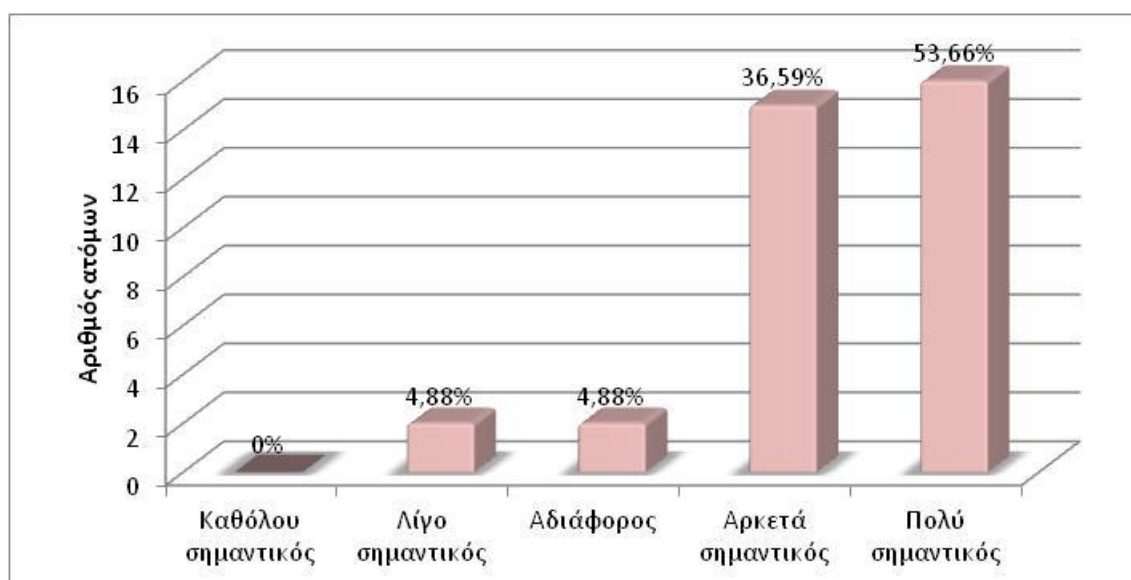
Στην ερώτηση (5) αν αισθάνονται έντονο φως (θάμβωση) όλοι απάντησαν ότι δεν αισθάνονται δυνατό φως.

Οι ερωτήσεις (6) και (7) αναφέρονται στο πόσο σημαντικός πιστεύουν ότι είναι ο φωτισμός της Εθνικής Αντιστάσεως αφού σκοτεινιάσει για την ευνοϊκή μετακίνηση τους και για το αίσθημα ασφάλειας.

Από τις απαντήσεις φαίνεται ότι για την διευκόλυνση της μετακίνησης οι 18 (43,90%) το θεωρούν αρκετά σημαντικό και οι 15 (35,58%) πολύ σημαντικό, ενώ περίπου οι μισοί (22 άτομα ή ποσοστό 53,66%) από τους ερωτηθέντες θεωρούν πολύ σημαντικό το φωτισμό για το αίσθημα της ασφάλειας και οι 15 (36,58%) αρκετά σημαντικό. Συμπερασματικά, η πλειοψηφία των ερωτηθέντων θεωρούν αρκετά ή πολύ σημαντικό το φωτισμό για τη μετακίνηση και για το αίσθημα ασφάλειας.

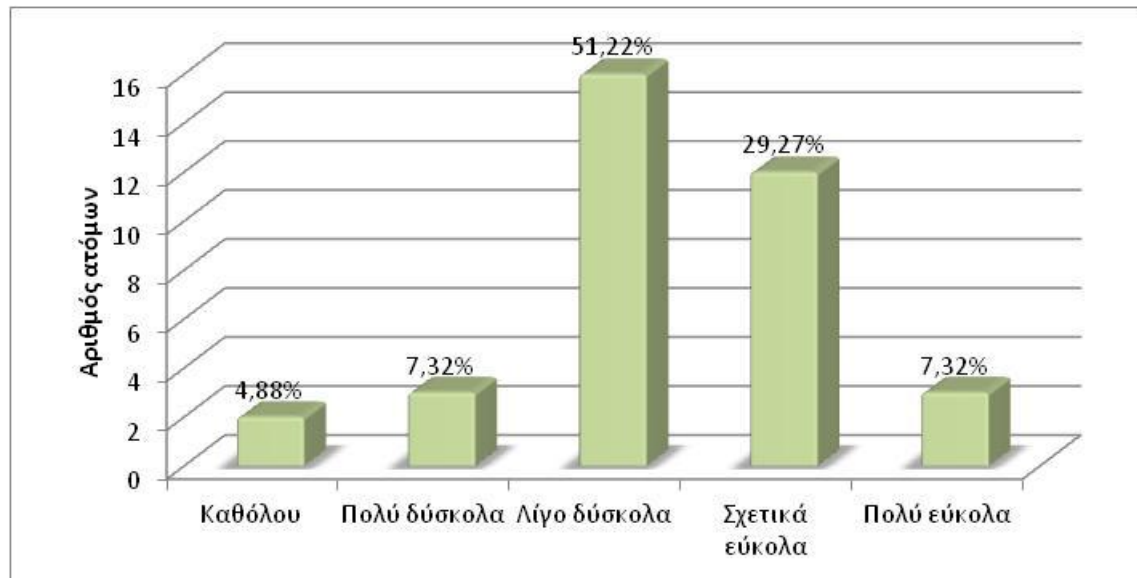


Εικ.91 : Αξιολόγηση φωτισμού για τη μετακίνηση



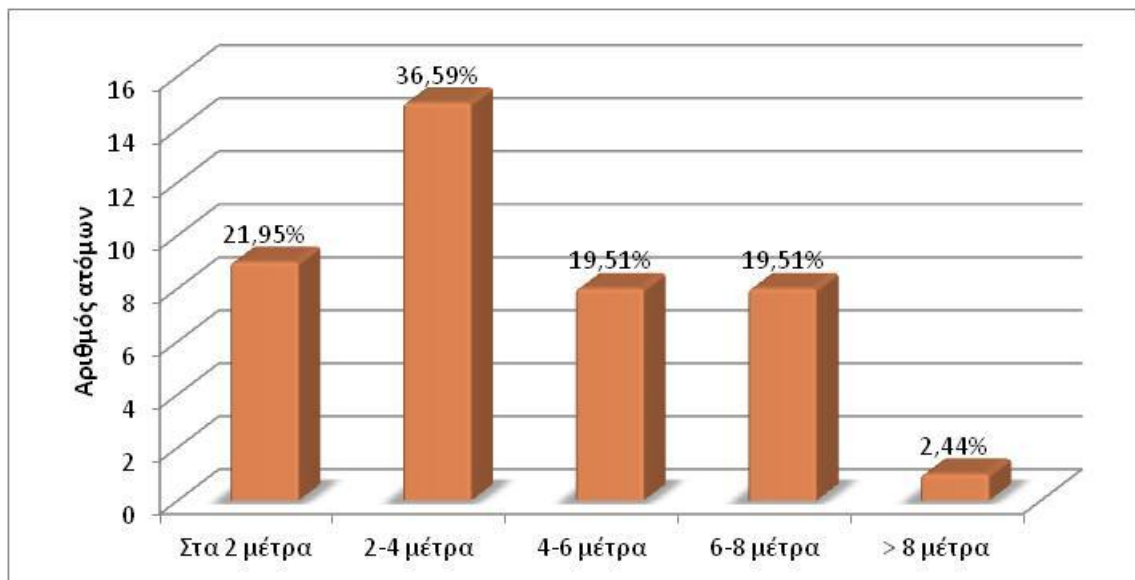
Εικ.92 : Αξιολόγηση φωτισμού για το αίσθημα ασφάλειας

Στην ερώτηση (8α) "Πόσο εύκολα αναγνωρίζετε τα πρόσωπα (χαρακτηριστικά) των άλλων περιπατητών αφού σκοτεινιάσει στο δρόμο αυτό;". Οι μισοί περίπου από τους ερωτηθέντες (21 άτομα ή ποσοστό 51,22%) απάντησαν λίγο δύσκολα, 12 (29,27%) σχετικά εύκολα, 3 (7,32%) απάντησαν ότι μπορούν να αναγνωρίσουν πολύ δύσκολα τα πρόσωπα, 3 (7,32%) ότι έχουν την ικανότητα να αναγνωρίσουν πολύ εύκολα τα χαρακτηριστικά των προσώπων και τέλος 2 (4,88%) ότι δε μπορούν να τα αναγνωρίσουν καθόλου.



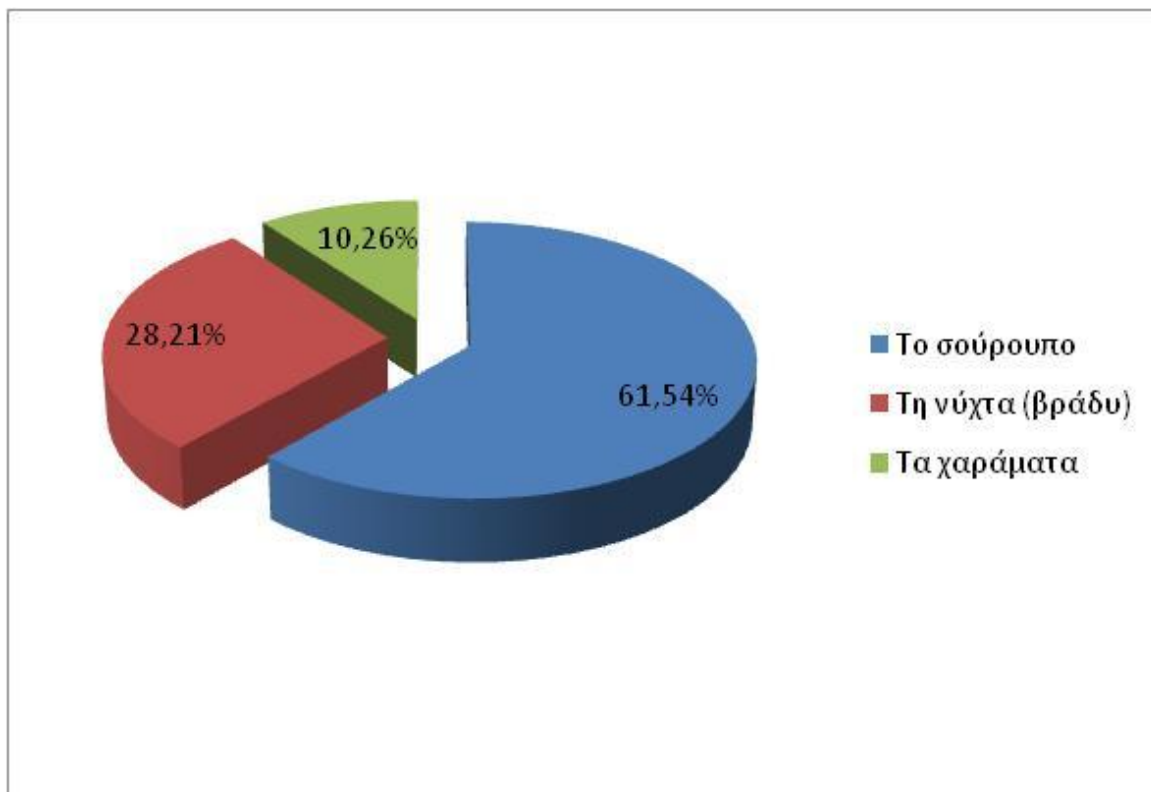
**Εικ.93** : Φωτισμός και αναγνώριση προσώπων

Στην ερώτηση (8β) "Από ποια απόσταση αναγνωρίζετε εύκολα τα πρόσωπα (τα χαρακτηριστικά) των περπατητών το βράδυ στο δρόμο αυτό;" οι 9 (21,95%) απάντησαν ότι αναγνωρίζουν τα χαρακτηριστικά των προσώπων στα 2 m, οι 15 (36,59%) στα 2-4 m, οι 8 (19,51%) στα 4-6 m, άλλοι 8 (19,51%) στα 6-8 m. Τέλος, ένας μόνο (2,44%) θεωρεί ότι μπορεί να αναγνωρίσει τα πρόσωπα πάνω από τα 8 m. Με βάση τα παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα ότι ο φωτισμός της Εθνικής Αντιστάσεως δεν έχει τα χαρακτηριστικά (ομοιομορφία, ένταση) που να προσφέρει στην πλειοψηφία των χρηστών της την ικανότητα και άνεση να αναγνωρίζουν εύκολα τα πρόσωπα των περπατητών.



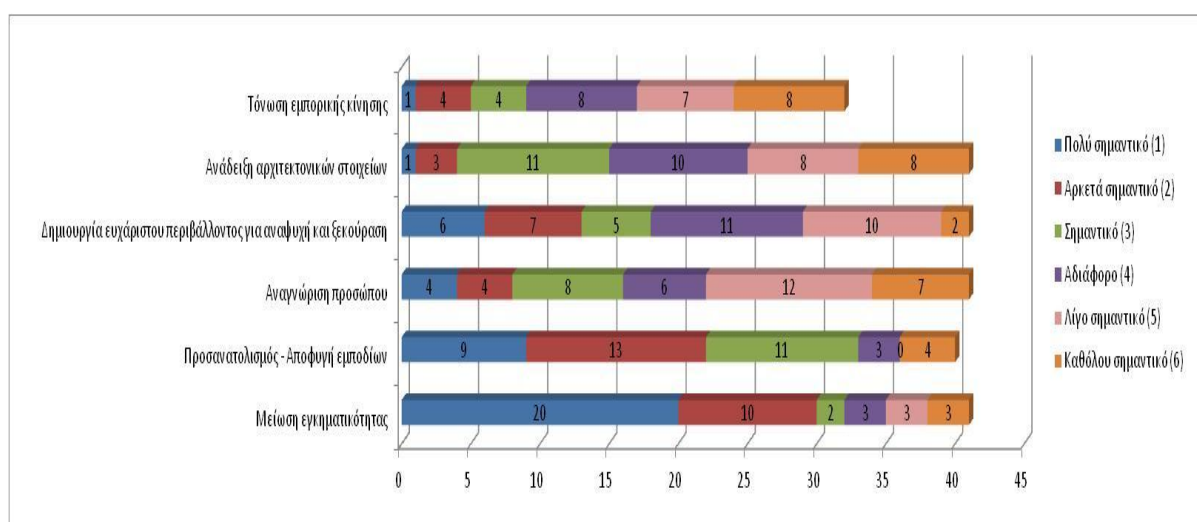
**Εικ.94 :** Απόσταση και αναγνώριση προσώπων

Στην ερώτηση 9 "Πότε αισθάνεστε περισσότερο άνετα σε σχέση με το φωτισμό του δρόμου αυτού;" απάντησαν 39 από τους ερωτηθέντες. Από αυτούς οι 24 (61,54%) απάντησαν ότι τους διευκολύνει περισσότερο ο φωτισμός το σούρουπο, οι 11 (28,21%) τη νύχτα και οι 4 (10,26%) τα χαράματα. Το εύρημα αυτό έρχεται σε αντίθεση με τη βιβλιογραφική έρευνα (Kuhn et al., 2013, Kostic et al., 2014), σύμφωνα με την οποία οι άνθρωποι δυσκολεύονται να δούνε περισσότερο το σούρουπο παρά το βράδυ. Ίσως αυτό να οφείλεται στο ό,τι οι ερωτηθέντες εστιάστηκαν στο αίσθημα της άνεσης και ασφάλειας που νιώθουν γενικά και όχι στη διευκόλυνση που τους παρέχει ο φωτισμός του δρόμου. Είναι, επομένως, αναμενόμενο να νιώθουν περισσότερη άνεση το σούρουπο που κυκλοφορεί πολύς κόσμος και τα καταστήματα είναι ανοιχτά παρά το βράδυ και ακόμα περισσότερο τα χαράματα που δεν κυκλοφορεί σχεδόν κανένας και τα καταστήματα είναι κλειστά. Αυτό το εύρημα είναι συνεπές και με τις απαντήσεις στην ερώτηση 1(β), όπου οι ερωτηθέντες συμπληρώνουν από μόνοι τους ότι νιώθουν μεγαλύτερη ασφάλεια το καλοκαίρι που κυκλοφορεί περισσότερος κόσμος. Αυτό δείχνει ότι οι ερωτηθέντες απαντούν γενικά για την ασφάλεια που νιώθουν και δεν εστιάζονται στην ασφάλεια που τους παρέχει ο φωτισμός του δρόμου



**Εικ.95 :** Φωτισμός και αίσθημα άνεσης κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου

Τέλος, στην ερώτηση 10 "Τι πιστεύετε ότι πρέπει να παρέχει ο σωστός φωτισμός ενός δρόμου; Αριθμήσετε από το ένα (1) : πολύ σημαντικό έως το έξι (6) όχι σημαντικό." Οι απαντήσεις διατυπώνονται στο παρακάτω γράφημα :



**Εικ.96 :** Προτεραιότητες παροχών κατάλληλου φωτισμού



Οι χρήστες της οδού Εθνικής Αντιστάσεως δίνουν προτεραιότητα στη μείωση της εγκληματικότητας και τον προσανατολισμό - αποφυγή εμποδίων. Όσο αφορά τη μείωση της εγκληματικότητας, οι 32 (78,05%) τη θεωρούν από πολύ σημαντική ως σημαντική, οι 3 (7,32%) αδιάφορη και οι 6 (14,63%) από λίγο ως καθόλου σημαντική. Όσο αφορά τον προσανατολισμό και την αποφυγή εμποδίων οι 33 (80,49%) τη θεωρούν από πολύ σημαντική ως σημαντική, οι 3 (7,32%) αδιάφορη και οι 4 (9,75%) καθόλου σημαντική. Η αναγνώριση προσώπου έρχεται σε ενδιάμεση θέση προτεραιότητας καθώς οι 16 (39,02%) τη θεωρούν από πολύ σημαντική έως σημαντική, 6 (14,63%) αδιάφορη, ενώ 19 (46,34%) απάντησαν ότι τη θεωρούν λίγο σημαντική ως καθόλου σημαντική. Επίσης, σε ενδιάμεση θέση στη προτεραιότητα για το ρόλο του φωτισμού βρίσκεται και η δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος για αναψυχή και ξεκούραση, κάτι που υποδηλώνει την επιθυμία των κατοίκων να χρησιμοποιούν το δημόσιο χώρο για αναψυχή και ξεκούραση και κατά τις νυχτερινές ώρες όπως συμβαίνει τις πρωινές ώρες, αφού 18 (43,90%) την αξιολόγησαν από πολύ σημαντική ως σημαντική, 11 (26,83%) αδιάφορη και 12 (29,27%) από λίγο σημαντική ως καθόλου σημαντική. Τέλος, η ανάδειξη των αρχιτεκτονικών στοιχείων και η τόνωση της εμπορικής κίνησης φαίνεται να κατέχουν την τελευταία θέση στις προτεραιότητες. Όσο αφορά την ανάδειξη αρχιτεκτονικών στοιχείων οι 15 (36,58%) τη θεωρούν από πολύ σημαντική ως σημαντική, οι 10 (24,40%) αδιάφορη και οι 16 (39,02%) από λίγο ως καθόλου σημαντική. Επίσης, όσο αφορά την τόνωση της εμπορικής κίνησης οι 9 (28,12%) τη θεωρούν από πολύ σημαντική ως σημαντική, οι 8 (25%) τη θεωρούν αδιάφορη και οι 15 (46,87%) από λίγο σημαντική ως καθόλου σημαντική. Να σημειωθεί ότι οι 9 που δηλώσαν ως πολύ σημαντική ως σημαντική προτεραιότητα την τόνωση της εμπορικής κίνησης ήταν καταστηματαρχές.

### 8.2.1 Γενικά συμπεράσματα από τα ερωτηματολόγια

Η οδός Εθνικής Αντιστάσεως, κεντρικός εμπορικός δρόμος του Ρεθύμνου, στη παλιά πόλη, αποτελεί σημείο αναφοράς για τους κατοίκους και τους τουρίστες του Ρεθύμνου.

Χαρακτηριστικές είναι οι απαντήσεις της ερώτησης (2) «Πώς σας φαίνεται από άποψη φωτισμού ο δρόμος αυτός το βράδυ», οι οποίες σχηματίζουν μια γκαουσιανή καμπύλη με τους περισσότερους από τους ερωτηθέντες (46,34 %) να απαντούν ότι θεωρούν το δρόμο λίγο σκοτεινό και τους υπόλοιπους να τον θεωρούν αρκετά σκοτεινό (24,39%) ή αρκετά φωτεινό (29,27%). Όσοι απάντησαν ότι βρίσκουν το δρόμο αρκετά φωτεινό είναι και αυτοί που νιώθουν αρκετά άνετα έως πολύ άνετα όταν περπατάνε μόνοι τους κατά μήκος του δρόμου αφού σκοτεινιάσει σε αντίθεση με αυτούς που βρίσκουν το δρόμο αρκετά σκοτεινό όπου απάντησαν στην αντίστοιχη ερώτηση ότι νιώθουν λίγο άνετα όταν περπατάνε μόνοι τους κατά μήκος του δρόμου αφού σκοτεινιάσει. Όσοι βρίσκουν το δρόμο λίγο σκοτεινό απάντησαν ότι νιώθουν λίγο άνετα, αδιάφορα και αρκετά άνετα όταν περπατάνε μόνοι τους στο δρόμο.

Επίσης, από αυτούς που βρίσκουν το δρόμο λίγο σκοτεινό οι περισσότεροι απάντησαν ότι βρίσκουν την κατανομή του φωτός (ερωτ. 3) καθόλου έως λίγο ομοιόμορφη.

Αρκετά ομοιόμορφα φωτισμένο βρίσκουν το δρόμο μόνο 3 από τους 41 ερωτηθέντες και αυτοί απάντησαν (ερωτ. 2) ότι βρίσκουν το δρόμο αρκετά φωτεινό και αισθάνονται αρκετά έως πολύ άνετα στο δρόμο (ερώτηση 1β). Επιβεβαιώνεται έτσι το γεγονός ότι από την πλειοψηφία των χρηστών ο δρόμος δεν θεωρείται επαρκώς ούτε ομοιόμορφα φωτισμένος ώστε να νιώθουν άνετα.

Συγκρίνοντας τις ερωτήσεις (8α) *"Πόσο εύκολα αναγνωρίζετε τα πρόσωπα (χαρακτηριστικά) των άλλων περιπατητών αφού σκοτεινιάσει στο δρόμο αυτό"* και (1β) *"Πως αισθάνεστε όταν περπατάτε μόνος/μόνη κατά μήκος του δρόμου αφού σκοτεινιάσει;"* προκύπτει ότι τα άτομα που απαντήσανε ότι αναγνωρίζουν πολύ εύκολα τα χαρακτηριστικά των προσώπων νιώθουν άνετα στο δρόμο αφού σκοτεινιάσει, ενώ τα άτομα που απάντησαν ότι αναγνωρίζουν πολύ δύσκολα ως καθόλου τα χαρακτηριστικά των προσώπων νιώθουν λίγο άνετα στο δρόμο αφού σκοτεινιάσει. Άρα η ευκολία αναγνώρισης των προσώπων συνδυάζεται με το αίσθημα της ασφάλειας στο δρόμο.

Συγκρίνοντας τις ερωτήσεις 6,7 και 8α *Πόσο σημαντικός πιστεύετε ότι είναι ο φωτισμός για το αίσθημα ασφάλειας στο δρόμο αφότου έχει σκοτεινιάσει; / Πόσο σημαντικός πιστεύετε ότι είναι ο φωτισμός για την εύκολη μετακίνηση στο δρόμο αφότου έχει σκοτεινιάσει; / Πόσο εύκολα αναγνωρίζετε τα πρόσωπα των άλλων περιπατητών αφότου σκοτεινιάσει στο δρόμο αυτό;* προκύπτει ότι τα άτομα που δίνουν μεγάλη βαρύτητα στο φωτισμό για να νιώθουν ασφαλείς είναι εκείνα που πιστεύουν ότι είναι σημαντικός ο φωτισμός για την εύκολη μετακίνηση και επίσης εκείνα που δυσκολεύονται περισσότερο στην αναγνώριση προσώπων όπως φαίνεται στο πίνακα 19 . Επομένως, το γενικό αίσθημα της ασφάλειας σχετίζεται τόσο από την εύκολη μετακίνηση στο δρόμο όσο και από την αναγνώριση προσώπων.

**Πίνακας 19.** : Σχέση αισθήματος ασφάλειας με την αναγνώριση προσώπων και την ευκολία μετακίνησης

Ασφάλεια (ερώτηση 7)	Μετακίνηση (ερώτηση 6)	Αναγνώριση (Ερώτηση 8α)
22 (πολύ σημαντική)	13 (πολύ σημαντική)	15 (καθόλου έως λίγο δύσκολα)
	9 (αρκετά σημαντική)	7 (σχετικά εύκολα )
15 (αρκετά σημαντική)	2 (πολύ σημαντική)	9 (λίγο δύσκολα)
	10 (αρκετά σημαντική)	
	3 (αδιάφορο έως λίγο σημαντική)	6 (σχετικά εύκολα ως πολύ εύκολα)
2 (αδιάφορο)	2 (αδιάφορη)	1 (καθόλου εύκολα)
		1 (σχετικά εύκολα)
2 (λίγο σημαντική)	2 (αδιάφορη)	1 (λίγο δύσκολα)
		1 (πολύ εύκολα)

Τέλος, η χαμηλή προτεραιότητα που έδωσαν οι χρήστες στη δημιουργία ευχάριστου αισθήματος και την ανάδειξη των αρχιτεκτονικών μνημείων σε αντίθεση με τα αισθήματα ασφάλειας και άνεσης που τα ιεράρχησαν ως πρώτες επιλογές για τον επαρκή και σωστά φωτισμένο δρόμο, επιβεβαιώνει ότι η Ελλάδα υστερεί ακόμα σε καλές πρακτικές φωτισμού δημοσίων υπαίθριων χώρων. Με άλλα λόγια για τους πολίτες προέχει η κάλυψη βασικών αναγκών, όπως η

ασφάλεια και η άνεση αφήνοντας σε δεύτερη θέση τη σημασία της ανάδειξης των μνημείων και την τουριστική προβολή.

### 8.3 Αξιολόγηση υφιστάμενης κατάστασης φωτισμού με επιτόπιες φωτομετρικές μετρήσεις.

Σε συνέχεια των ερωτηματολογίων και για καλύτερη κατανόηση της υφιστάμενης κατάστασης φωτισμού της οδού Εθνικής Αντιστάσεως πραγματοποιήθηκαν επιτόπιες μετρήσεις με τη χρήση λουξόμετρου, στις 9-1-2015.

Επιλέχτηκαν 124 σημεία πάνω στην οδό Εθν. Αντιστάσεως για τα οποία καθορίστηκαν οι συντεταγμένες με τη χρήση φορητού gps δια χειρός και στα οποία έγιναν μετρήσεις των εντάσεων του φωτισμού σε lx και της λαμπρότητας σε  $\text{cd/m}^2$ .

Τα σημεία σχηματίζουν, κατά κάποιο τρόπο, κάναβο μέσα στα όρια της μελέτης της οδού, ώστε το πλάτος του δρόμου να καλύπτεται από τρία σημεία. Το ένα σημείο βρίσκεται στο μέσο της



Εικ.97 : Σημεία δειγματοληψίας

οδού και τα άλλα δυο στις άκρες αριστερά και δεξιά, ώστε να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με το ρόλο του φωτισμού που προέρχεται από τις προθήκες των καταστημάτων, στο συνολικό φωτισμό της οδού. (βλέπε Χάρτης Νο 2, Παράρτημα II) Δεδομένου ότι η περιοχή μελέτης έχει εμβαδόν 1516τ.μ προκύπτει ότι το κάθε σημείο καλύπτει μια έκταση 12τ.μ περίπου.

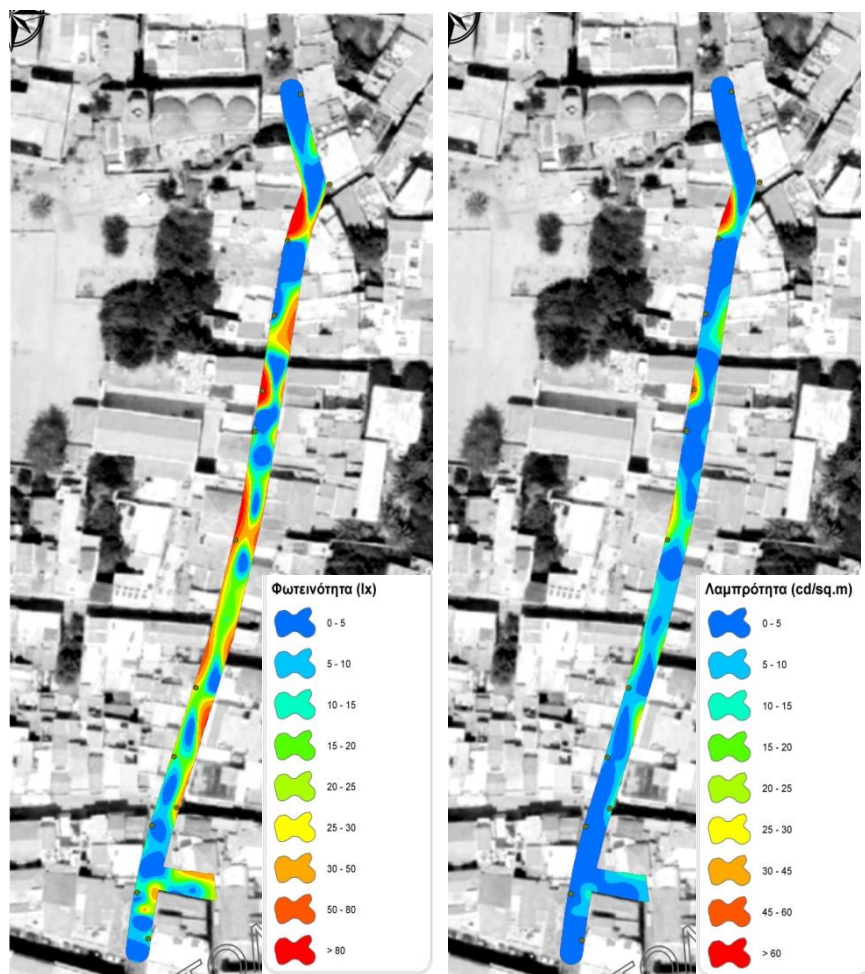
Η λήψη των σημείων δειγματοληψίας ολοκληρώθηκε με χρήση του GNSS δέκτη χειρός Garmin eTrex 30, ενώ παράλληλα διενεργούνταν και έλεγχος με δέκτη GNSS συσκευή κινητής τηλεφωνίας. Το αποτέλεσμα σύγκρισης των τιμών των δυο συσκευών επαληθεύτηκε κατ' εξακολούθηση στο πεδίο και, παράλληλα, σε υπόβαθρο που είχε εκτυπωθεί από την διαδικτυακή υπηρεσία θέασης ορθοφωτοχαρτών της Ε.Κ.ΧΑ. Α.Ε. Το σύστημα αναφοράς κατά τη λήψη των ζευγών συντεταγμένων υπήρξε το Παγκόσμιο Γεωγραφικό Σύστημα Αναφοράς 1984 ή WGS84. Τα ζεύγη συντεταγμένων καταχωρήθηκαν σε πίνακα μορφότυπου XLS - ώστε να αναλυθεί σε περιβάλλον Microsoft Excel - με αύξοντα αριθμό, μαζί με τις μετρήσεις σε lx και cd/m<sup>2</sup>. Η μετατροπή του πίνακα σε αρχείο μορφής SHP (ESRI Shapefile) έγινε μέσω της διαδικασίας "Add XY Points" σε περιβάλλον ESRI ArcGIS 10.1 και δημιουργήθηκε σημειακή κλάση οντοτήτων. Στη συνέχεια, σε περιβάλλον ESRI ArcGIS 10.1, ακολούθησε η επαναπροβολή των σημείων δειγματοληψίας στο Ενιαίο Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987 (ΕΓΣΑ87). Στο υπόβαθρο της Ε.Κ.ΧΑ. Α.Ε., το οποίο ήταν ήδη προβεβλημένο σε ΕΓΣΑ87, ακολούθησε επανέλεγχος της ορθότητας των μετρήσεων, βάσει του πλάνου δειγματοληψίας, όπως αυτό διαμορφώθηκε στο πεδίο.

Ακολούθησε περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων με χρήση εργαλείων της επέκτασης Spatial Analyst του περιβάλλοντος ESRI ArcGIS 10.1, όπου οι επιφάνειες κατανομής της φωτεινότητας και λαμπρότητας έγιναν με τη μέθοδο

χωρικής παρεμβολής spline, με χαρακτηριστική λειτουργία τη δημιουργία ενιαίων επιφανειών τιμών από σημεία με συγκεκριμένες τιμές. Στα σημεία αυτά η εκάστοτε επιφάνεια παρουσιάζει τιμή ακριβώς όπως αυτή που υποδεικνύεται από τα σημεία και όχι κατ' εκτίμηση. Στη συνέχεια, οι επιφάνειες κόπηκαν ακριβώς στα όρια του ανοίγματος (πεζοδρόμια - οδόστρωμα) της οδού Εθνικής Αντιστάσεως, όπως αυτό φαίνεται από την αεροφωτογραφία της Ε.Κ.ΧΑ. Α.Ε. και επιλέχθηκε η κατάλληλη χρωματική απόδοση των τιμών σε lx και cd/m<sup>2</sup>. (βλέπε χάρτες Νο3 και Νο4, Παράρτημα II)

Σε όλο το μήκος της οδ. Εθνικής Αντιστάσεως υπάρχουν δώδεκα (12) ιστοί φωτιστικών σωμάτων, παραδοσιακού στυλ με λαμπτήρες μεταλλικών αλογονίδιων των 150 W, τοποθετημένοι στην αριστερή πλευρά του δρόμου σε άνισες μεταξύ τους αποστάσεις.

Η σημερινή κατάσταση αποτελεί τυπικό παράδειγμα στενού εμπορικού δρόμου, όπου η συμβολή του δημοτικού φωτισμού στη διαμόρφωση της συνολικής στάθμης φωτισμού αποτελεί μόνο μικρό κλάσμα της, καθώς



**Εικ 98 κ 99:** Η Κατανομή της υφιστάμενης έντασης του φωτισμού της οδού Εθν. Αντιστάσεως (αριστερά) και η αντίστοιχη λαμπρότητα.(δεξιά)



ενισχύεται κυρίως από το φως προβολέων, προθηκών και φωτεινών επιγραφών των καταστημάτων λιανικού εμπορίου.

Η ένταση του φωτισμού κατά μήκος της οδού εξαρτάται από την ένταση των προβολέων της κάθε βιτρίνας, ξεχωριστά και την κατεύθυνση προς την οποία είναι στραμμένοι οι εν λόγω προβολείς. Δηλαδή, διαμορφώνεται ανάλογα με την επιθυμία και τις ανάγκες των καταστηματαρχών.

Η ατομική αυτή (και κατά βούληση) διακόσμηση και ελευθερία επιλογής προβολέων έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ανομοιογενούς φωτισμού, με μεγάλες διακυμάνσεις στην κατανομή και στην ένταση (από 0 έως 162 lx). Συγχρόνως οι τιμές της φωτεινότητας αυξάνονται ακόμη περισσότερο, πολύ πάνω από τα απαιτούμενα όρια, χωρίς όμως να παρέχεται η οπτική άνεση που απαιτείται σε ένα δημόσιο εμπορικό δρόμο ιστορικού κέντρου πόλης.

Επίσης παρατηρείται ότι κατά μήκος του άξονα της οδού, η ένταση του φωτισμού είναι χαμηλότερη από ότι στις άκρες της, διότι οι προβολείς των καταστημάτων είναι κατά κανόνα στραμμένοι κάθετα προς τα κάτω, ώστε η κάθε βιτρίνα να γίνεται πόλος έλξης για τους διερχόμενους καταναλωτές και τουρίστες.

Στο τμήμα της οδού, μετά την στροφή και έως την διασταύρωση της με την οδό Εμμανουήλ Βερνάρδου, όπου δεν υπάρχουν εμπορικά καταστήματα, ο δρόμος παρουσιάζεται σκοτεινός και η ένταση του φωτισμού κυμαίνεται από 1 έως 2,5 lx, εκτός μπροστά από τη μια και μοναδική βιτρίνα όπου εκεί η ένταση φτάνει στα 18lx. Κάτω από τα δυο φωτιστικά που βρίσκονται σε αυτό το τελευταίο κομμάτι της περιοχής μελέτης η ένταση φωτισμού που μετρήθηκε είναι της τάξεως του 1lx, αποδεικνύοντας την χαμηλή έως μηδενική συμβολή του δημοσίου φωτισμού στο φωτισμό της οδού Εθνικής Αντιστάσεως.

Σε αντίστοιχες περιπτώσεις στενών ιστορικών εμπορικών δρόμων που έγιναν φωτομέτρησεις, όπως στην εμπορική οδό Λήδρας στο ιστορικό κέντρο της Λευκωσίας από την «Στίλβη Φωτισμός», διαπιστώθηκε ότι εκεί ο δημοτικός φωτισμός συμβάλλει μόλις κατά 25% στη συνολική τελική στάθμη φωτισμού, στη διαμόρφωση της οποίας συμβάλλει σε ποσοστό 75% η διάχυση φωτισμού από επιγραφές και βιτρίνες των καταστημάτων. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι ακόμη και με τις μισές βιτρίνες αναμμένες ο συνολικός φωτισμός από τα καταστήματα της οδού θα εμφάνιζε υψηλότερη ένταση από αυτήν που ο δήμος εισφέρει δαπανώντας επιπλέον ενέργεια και επιβαρύνοντας με δημοτικά τέλη φωτισμού το κόστος λειτουργίας επιχειρήσεων λιανικής πώλησης για ένα αγαθό που οι ίδιες ήδη προσφέρουν σε αφθονία, στο πλαίσιο του καθιερωμένου τρόπου λειτουργίας τους και των αναγκών τους για προβολή των προωθούμενων προϊόντων (Παισίδης, 2013).

Με βάση το παραπάνω παράδειγμα, που περιγράφει την ισχύουσα κατάσταση σε όλους τους στενούς εμπορικούς δρόμους γενικά, γίνεται αντιληπτή η κλίμακα της ασυναίσθητης σπατάλης πόρων που διατίθενται για δημοτικό φωτισμό. Ο δημοτικός φωτισμός, ο οποίος υποστηρίζεται από εξαιρετικά ενεργοβόρες εγκαταστάσεις, έχει τελικά μικρή συμβολή στη συνολική στάθμη και δέχεται τουλάχιστον τριπλασιασμό ενεργειακής απόδοσης από την ιδιωτική πρωτοβουλία.

Αν ο δημοτικός φωτισμός μπορεί να στηριχτεί, σε ορισμένες περιπτώσεις, στη διάχυση φωτισμού από ιδιωτικές εγκαταστάσεις και οι τελευταίες μπορούν να γίνουν οικονομικότερες στη λειτουργία τους με εφαρμογή αντίστοιχων μέτρων βελτίωσης της ενεργειακής τους απόδοσης, τότε οι πόροι που απελευθερώνονται από την εξοικονόμηση ενέργειας στις εγκαταστάσεις αυτές αλλά και από την

ανακούφιση του δήμου από την υποχρέωση συντήρησης ενός επιπλέον οδοφωτισμού, που πρακτικά δεν προσφέρει τίποτε, υποδεικνύουν την ανάγκη θεσμικών παρεμβάσεων για τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης που ξεπερνούν τα όρια διάκρισης μεταξύ ιδιωτικού και δημόσιου. Το φως που ελεύθερα διαχέεται από το παράθυρο μιας κατοικίας και από μια αυλή προς το δημόσιο χώρο, αλλά και αντίστροφα, από έναν ιστό φωτισμού προς τον αίθριο χώρο μιας ιδιωτικής κατοικίας, υποδεικνύει ότι στο θέμα του φωτισμού, εντελώς φυσικά, η διάκριση μεταξύ δημόσιου και ιδιωτικού απαλείφεται.

Ωστόσο, το δυναμικό εξοικονόμησης ενέργειας των εγκαταστάσεων φωτισμού στις όψεις των καταστημάτων μιας εμπορικής οδού αποτελεί μεγάλη ευκαιρία για την εφαρμογή πράσινης πολιτικής από το δήμο. Ως στόχος πρέπει να τεθεί η βελτίωση της ενεργειακής τους απόδοσης, καθώς στο σύνολο σχεδόν των καταστημάτων λιανικής πώλησης η μεγάλη ειδική κατανάλωση ξεπερνά, συχνά κατά τάξη μεγέθους, τα συνιστώμενα όρια από το κοινοτικό πρότυπο EN 15193.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το πρόγραμμα «Μικρενεργείν» στη Κέρκυρα, στο οποίο συμμετείχε και η Ελληνική Επιτροπή Φωτισμού (ΕΦΕ). Πρόσφερε μια ανάσα στα λειτουργικά έξοδα των μικρών καταστημάτων λιανικής με εμβαδόν κάτω των 100 τ.μ, τα οποία καταναλώνουν για φωτισμό το 70-90% της συνολικής ενέργειας που προμηθεύονται. Τα καταστήματα δεν φωτίζονται όπου και όπως πρέπει, ούτε στους εσωτερικούς χώρους ούτε στις προθήκες με αποτέλεσμα η καταναλισκόμενη ενέργεια τους ανά τετραγωνικό μέτρο να υπερβαίνει κατά πολύ τα καθοριζόμενα από το Ευρωπαϊκό Πρότυπο φωτισμού καταστημάτων (EN 15193).

Το «Μικρενεργείν» αναφέρεται σε 3.000 καταστήματα στη Κέρκυρα και οι επεμβάσεις στον φωτισμό της εξοικονομούν 50.000.000 KWh το έτος. Μια

πιλοτική εφαρμογή σε κοσμηματοπωλείο στη Κέρκυρα μείωσε την ισχύ για φωτισμό στην προθήκη του από 4 KW σε 0,55 KW ανά τ.μ. (ισχύς πρότυπου 35W – ισχύς πριν την παρέμβαση 235W), ενώ βελτίωσε αισθητά τα Lx φωτισμού προβάλλοντας εντυπωσιακά τα κοσμήματα. Επιτεύχθηκε έτσι εξοικονόμηση 13000 KWH κατά έτος, ήτοι όφελος 1800 € (σε τιμές 2009). (Χ.Χρηστίδης Μ-Η ΕΜΠ, τ. Δ/της ΔΕΗ, μέλος Δ.Σ. Ελληνικής Επιτροπής Φωτισμού).

Η παρούσα μελέτη, όμως, δεν αφορά την ενεργειακή αναβάθμιση του φωτισμού των ιδιωτικών λιανικών καταστημάτων της οδ. Εθν. Αντιστάσεως. Εδώ εξετάζεται, όπως θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο, κατά πόσο πρέπει να φωτίζεται επαρκώς ο δρόμος, ώστε η ιδιωτική πρωτοβουλία να περιοριστεί στην εσωτερική διακόσμηση της βιτρίνας καταργώντας τους προβολείς που υπάρχουν στην πλειοψηφία των προσόψεων των καταστημάτων. Στην αντίθετη περίπτωση (σημερινή κατάσταση) ο δημοτικός φωτισμός παραμελείται, δεν συντηρείται ούτε ανανεώνεται με λάμπες νέας τεχνολογίας ώστε να προσφέρει τον κατάλληλο φωτισμό στην οδό Εθν. Αντιστάσεως.

Στις 21-1-2015 και ώρα 12 το βράδυ έγινε μια δεύτερη μέτρηση της έντασης του φωτός στην οδό Εθν. Αντιστάσεως. Έγινε αργά το βράδυ, την ώρα που η πλειοψηφία των προβολέων στις βιτρίνες είχε σβήσει, ώστε να εκτιμηθεί η πραγματική συμβολή του δημοσίου φωτισμού. Οι μετρήσεις έγιναν κάτω από τα δώδεκα φωτιστικά σώματα που υπάρχουν επί της οδού Εθν. Αντιστάσεως. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρατίθενται στο παρακάτω πίνακα 20 .

**Πίνακας 20 :** Μετρήσεις έντασης και λαμπρότητας κάτω από τα φωτιστικά σώματα της οδού Εθν. Αντίστασης

Αύξων αριθ. Φωτιστικού	Ένταση σε lx	Λαμπρότητα σε cd/m <sup>2</sup>	Παρατηρήσεις
1	1,4	0,45	
2	-	-	Δεν λήφθηκε μέτρηση επειδή υπήρχε έντονος ιδιωτικός φωτισμός
3	1,4	0,45	
4	8,4	2,67	Φαίνεται ότι είχε αντικατασταθεί πρόσφατα η λάμπα
5	8,5	2,71	Υπήρχε φωτισμένη βιτρίνα πίσω από το φωτιστικό
6	1,2	0,38	
7	-	-	Φωτιστικό σώμα σβηστό
8	1,8	0,57	
9	0,6	0,19	
10	9	2,86	Υπήρχε φωτισμένη βιτρίνα πίσω από το φωτιστικό
11	1,4	0,45	
12	0,7	0,22	

Από το παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι τα υπάρχοντα φωτιστικά σώματα επιτυγχάνουν φωτισμό έντασης μόλις της τάξεως 0,80lx έως 1,80lx, ενώ στα σημεία του δρόμου όπου φαίνεται να μην φτάνει το εύρος της φωτεινής ροής του φωτιστικού σώματος, οι μετρήσεις έδειξαν φωτισμό 0,3 lx. (ίσως επηρεασμένο και από το φως του φεγγαριού). Υπάρχει, δηλαδή, αισθητή απόκλιση από την ιδανική ένταση φωτισμού (7,5 - 10lx) που θα έπρεπε να έχει η συγκεκριμένη οδός όπως προκύπτει από τον Πίνακα 18 του προηγούμενου κεφαλαίου. Αξίζει να αναφερθεί ότι η ένταση στην περιοχή του με αριθμό 4 φωτιστικού (με τον αλλαγμένο πρόσφατα λαμπτήρα) εμπίπτει στα όρια των ιδανικών τιμών φωτισμού και συγκρίνεται με τις περιπτώσεις 5 και 10, όπου υπάρχει και ιδιωτικός φωτισμός.

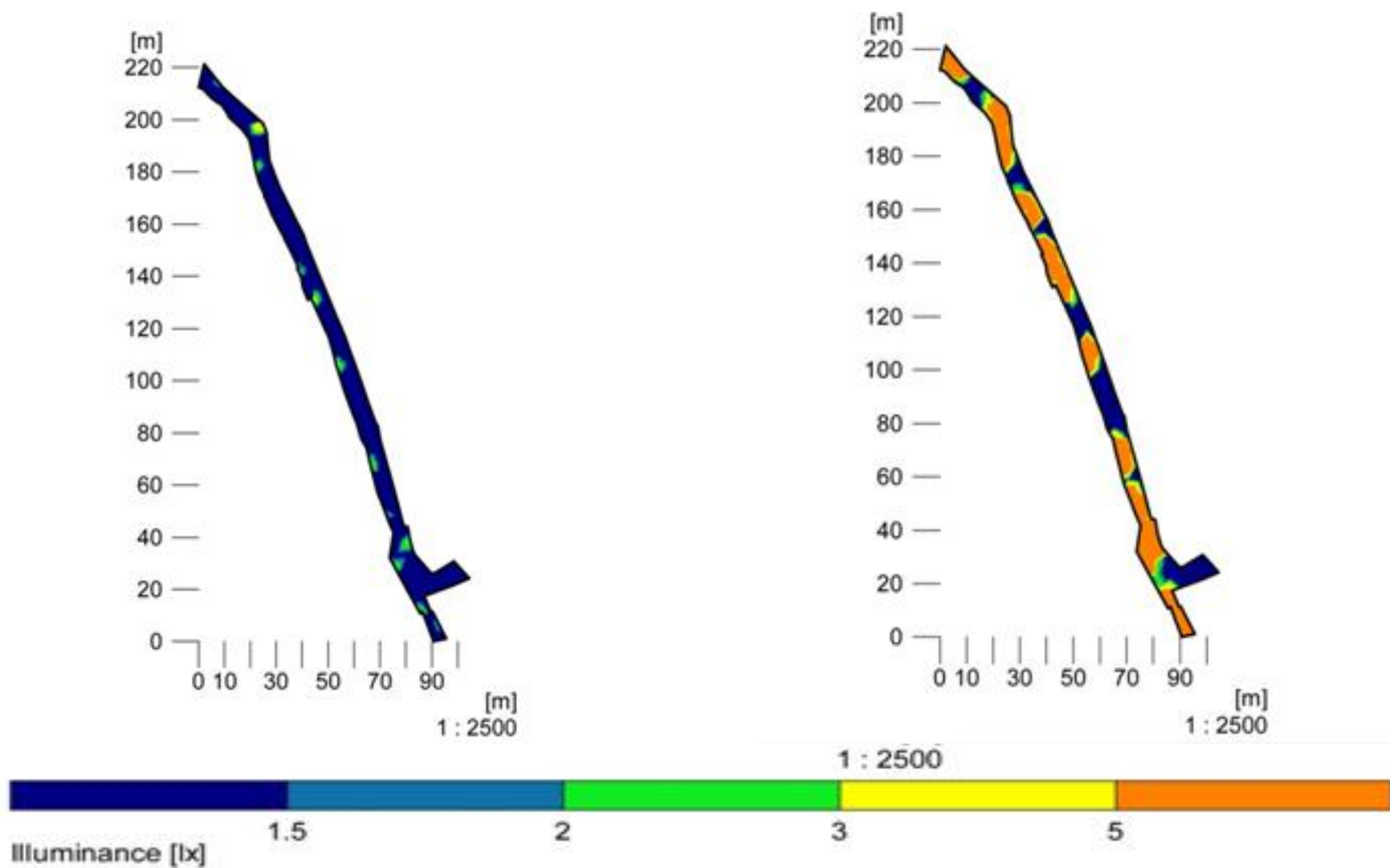
Για την καλύτερη κατανόηση του υπάρχοντος δημοτικού φωτισμού, χωρίς να ληφθεί υπόψη ο φωτισμός των βιτρινών, έγιναν δύο ειδών προσομοιώσεις. Η

πρώτη αφορά στα επίπεδα και στην κατανομή του φωτισμού, όπως προκύψαν από την παραπάνω μέτρηση. Πρόκειται ουσιαστικά για μια "αποτύπωση" της υφιστάμενης κατάστασης χωρίς τον φωτισμό των βιτρινών. Η επίτευξη των εντάσεων φωτισμού (όπως αυτή μετρήθηκε στις 21-1-2015) έγινε με ρύθμιση της παραμέτρου maintenance factor στο Relux, που αποδίδει το βαθμό συντήρησης και τη παλαιότητα των λαμπτήρων που έχουν χάσει την αποδοτικότητα τους. Η δεύτερη προσομοίωση αφορά στον φωτισμό με την παραδοχή ότι ο συντελεστής συντήρησης συστήματος (maintenance factor) είναι 0.8 (ένας καθαρισμός ανά έτος). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω, στις εικόνες 100 και 101.

Στις αποτυπώσεις των εικόνων αυτών παρατηρούμε τα εξής:

Η υπάρχουσα κατάσταση (εικ. 100) δείχνει την σχεδόν μηδενική συνεισφορά του δημοτικού φωτισμού στο συνολικό φωτισμό της οδού, η οποία, πιθανόν, οφείλεται στην παλαιότητα των λαμπτήρων και την κακή συντήρηση των φωτιστικών εκ μέρους του δήμου.

Στην εικόνα 101, η αποτύπωση της ίδιας κατάστασης, αλλά με την παραδοχή ότι τα φωτιστικά σώματα διαθέτουν καινούργιους λαμπτήρες μεταλλικών αλογονίδιων (πριν αρχίσει η μείωση της απόδοσης τους λόγω του χρόνου), δείχνει ικανοποιητικές τιμές έντασης φωτισμού, αλλά έντονη ανομοιομορφία, με την εμφάνιση εναλλαγών φωτεινών και σκοτεινών περιοχών. Η ανομοιομορφία αυτή οφείλεται σε μη σωστά μελετημένες αποστάσεις μεταξύ των φωτιστικών σωμάτων.



**Εικ 100:** Η κατά προσέγγιση απεικόνιση της υφιστάμενης κατάστασης έντασης φωτισμού μέσω του λογισμικού Relux

**Εικ 101:** Η κατάσταση έντασης φωτισμού όπως θα ήταν αν τα φωτιστικά σώματα διάθεταν καινούργιους λαμπτήρες μεταλλικών αλογονιδίων πριν αρχίσει η μείωση της απόδοσης τους λόγω του χρόνου.

## 8.4 Συμπεράσματα αξιολόγησης.

Με βάση τις ιδανικές τιμές φωτισμού για πεζόδρομους ( $E_{h,av}$ : 7,5lx-10lx και  $U_{omin}$ = 0,15) όπως αυτές προκύπτουν από τις τεχνικές εκθέσεις της Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού, η επιτόπια έρευνα (ερωτηματολόγια και φωτομετρικές μετρήσεις) έδειξε ότι η οδός Εθνικής Αντιστάσεως δεν μπορεί να θεωρηθεί ως επαρκώς και ομοιόμορφα φωτισμένη. Ο δημοτικός φωτισμός παρουσιάζει αισθητή απόκλιση προς τα κάτω και δεν προσφέρει ικανοποιητικά αποτελέσματα στους χρήστες της οδού ειδικότερα στο αίσθημα ασφάλειας που σχετίζεται με την αναγνώριση προσώπων και στο αίσθημα άνεσης που σχετίζεται με την ασφαλή κίνηση και αποφυγή εμποδίων. Οι απαντήσεις των ερωτηματολογίων έδειξαν ότι η πλειοψηφία των ανθρώπων βρίσκουν την οδό λίγο έως αρκετά σκοτεινή, ενώ υπάρχει και ένα ποσοστό (29,27%) που την βρίσκουν αρκετά φωτεινή. Αυτές οι φαινομενικά εκ διαμέτρου αντίθετες δηλώσεις ενισχύουν την άποψη ότι ο φωτισμός του δρόμου παρουσιάζει ανομοιομορφία. Αυτό άλλωστε απάντησε ένα μεγάλο ποσοστό, 65,85%, των ερωτηθέντων, (καθόλου έως λίγο ομοιόμορφος φωτισμός). Τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έγιναν με λουξόμετρο όπου έδειξαν τιμές από 0,3lx έως και 168 lx (βλέπε εικόνα 98.) επιβεβαιώνουν την ανομοιομορφία του φωτισμού. Στην εικόνα 98 παρατηρούνται αυξημένες τιμές έντασης φωτισμού εκεί όπου υπάρχουν περισσότερες βιτρίνες, δηλαδή, στο μεσαίο τμήμα της διαδρομής κατά μήκος της οδού και μάλιστα στα πλάγια, κοντά στις βιτρίνες, ο φωτισμός είναι εντονότερος παρά στο μέσον του δρόμου. Ο υπόλοιπος δρόμος εμφανίζει τιμές χαμηλότερης έντασης από τις ιδανικές. Εξαιτίας, ίσως, της ανομοιομορφίας αυτής οι χρήστες δηλώνουν ότι δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν πρόσωπα και ότι δε νιώθουν άνετα τη νύχτα σε σχέση με την ημέρα.



Δεδομένου ότι ο υφιστάμενος φωτισμός προέρχεται κυρίως από τους προβολείς των βιτρινών και όχι από το δημοτικό φωτισμό, προτείνεται να γίνει μια σωστή μελέτη που θα παρέχει ικανοποιητικές τιμές δημοτικού φωτισμού, θα καταργήσει τους προβολείς και θα επιφέρει ενεργειακά και οικονομικά οφέλη τόσο στο δήμο όσο και στους ιδιώτες καταστηματαρχες.

## **9. Δημιουργία προτύπου**

Για το σχεδιασμό μιας ικανοποιητικής λύσης, αρχικά έγινε μια εκτεταμένη έρευνα στα χαρακτηριστικά διάφορων τύπων φωτιστικών σωμάτων με LED λαμπτήρες, διάφορων εταιρειών (π.χ Philips, Selux, Schreder) που προορίζονται για το φωτισμό πεζοδρομών και δρόμων μικρής κυκλοφορίας οχημάτων.


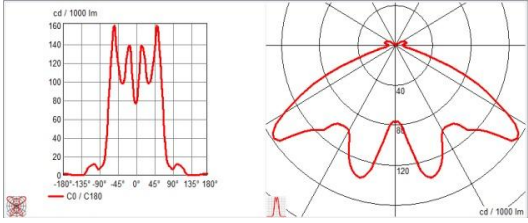

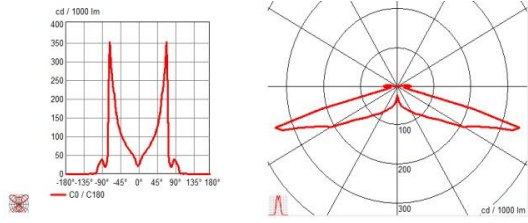
Από την έρευνα προέκυψε ότι τα φωτιστικά αυτού του είδους έχουν ισχύ από 25W έως 50W και εκπέμπουν φωτεινή ροή από 1300 έως 4000 lm. Θεωρώντας ως μέση ικανοποιητική τιμή εκπεμπόμενης φωτεινής ροής ενός φωτιστικού σώματος τα 2600 lm, επιλέχτηκαν επτά (7) φωτιστικά σώματα με διαφορετικές κατανομές φωτός όπως φαίνεται στο παρακάτω πίνακα 21. Αυτά τα φωτιστικά σώματα είχαν διαφορετικές καταναλώσεις ενέργειας καθώς και διαφορετικές ροές. Καθορίστηκε ως τιμή αναφοράς της φωτεινής ροής τα 2600 lm και για τα 7 φωτιστικά σώματα ώστε να προκύψουν συγκριτικά ισότιμα αποτελέσματα σχετικά με την ένταση του φωτισμού στο επίπεδο του δρόμου. Η κατανάλωση ενέργειας δεν μας απασχολεί σε αυτή τη φάση διότι δεν είναι ανάλογη με την φωτεινή ροή και δεν επηρεάζει το τρόπο διάχυσης του φωτός στο οδόστρωμα της οδού Εθν. Αντιστάσεως. Δηλαδή, δεν επηρεάζει το αποτέλεσμα της προσομοίωσης. Η κατανάλωση ενέργειας σχετίζεται με την εξοικονόμηση


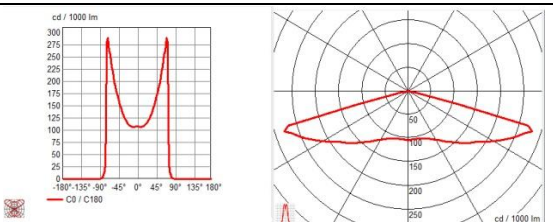

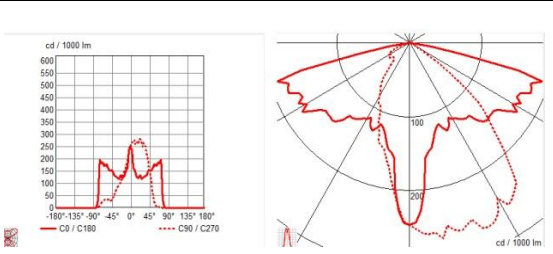

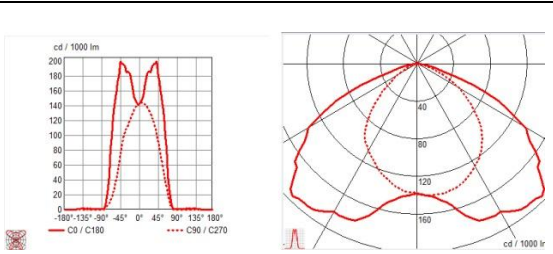
ενέργειας και αποδίδεται με το μέγεθος αποδοτικότητα της λάμπας που μετρείται σε lm ανά W.


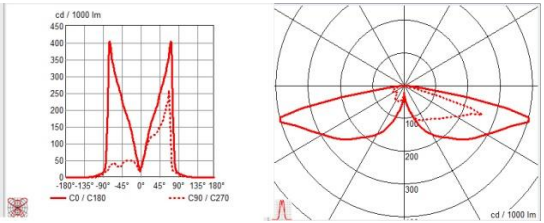

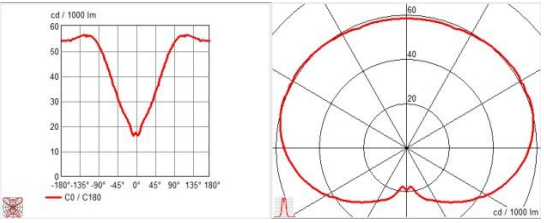
Στη συνέχεια τέθηκαν τα αισθητικά κριτήρια που πρέπει να ικανοποιούνται στην περιοχή. Όπως γράφτηκε στο κεφάλαιο 5 για στενούς δρόμους απαιτείται φώς μόνο από τη μία πλευρά του δρόμου. Το ύψος των φωτιστικών εξαρτάται από τον λοιπό αστικό εξοπλισμό της περιοχής και κυμαίνεται από 4 έως 8 m. Χαμηλότερα προτιμώνται όταν υπάρχουν δέντρα. Η απόσταση μεταξύ των φωτιστικών εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της επιθυμητής κατανομής, επιπέδων και ομοιογένειας του φωτισμού. Έτσι μπορεί να τοποθετηθούν σε σύνολά ή να συνδυαστούν με άλλα στοιχεία αστικού εξοπλισμού της περιοχής. Γενικά το ύψος τους πρέπει να συνδέεται με το ύψος των γειτονικών κτιρίων. Το μέσο ύψος καλό είναι να μην ξεπερνά το μισό του μέσου ύψους των κτιρίων της οδού, αλλά και δεν πρέπει να είναι λιγότερο από το μισό του πλάτους της οδού.

Στην οδό Εθν. Αντιστάσεως, με μέσο πλάτος τα 6m και ύψος διώροφων κτιρίων κυμαινόμενο μεταξύ 7 και 8 m, χωροθετήθηκαν φωτιστικά στη δυτική πλευρά της οδού και επιλέχτηκαν ύψη φωτιστικών 4 και 5 m για μεταξύ τους αποστάσεις τα 10, τα 15 και τα 20 m. Με τις τιμές αυτές (έξι συνδυασμοί για κάθε τύπο φωτιστικού) έγιναν οι προσομοιώσεις (βλέπε Παράρτημα 3: Αποτελέσματα προσομοιώσεων - Ψευδοχρωματικές αναπαραστάσεις έντασης φωτισμού σε lx).

**Πινάκας 21** Αποτελέσματα προσομοιώσεων

Φωτιστικό		Διάγρ. πολικής κατανομής έντασης φωτός	A=10μ, Υ=4m	A=10μ, Υ=5m	A=15μ, Υ=4μ	A=15μ, Υ=5μ	A=20μ, Υ=4μ	A=20μ, Υ=5μ
<b>A</b>	 City Spirit Cone Led (TS IO)-Philips		Eav :8,9lx Emin :1lx Emax :19,6lx Uo :0,11	Eav :7,9lx Emin :1,8lx Emax :14,5lx Uo :0,22	Eav :6,5lx Emin :0,3lx Emax :18,6lx Uo :0,05	Eav :5,6lx Emin :0,6lx Emax :12,5lx Uo :0,11	Eav :5lx Emin :0,5lx Emax :18,8lx Uo :0,11	Eav :4,4lx Emin :1,1lx Emax :13,6lx Uo :0,24
<b>B</b>	 Metronomin Led Fluid (MDS)-Philips		Eav :9,9lx Emin :4,4lx Emax :16,9lx Uo :0,44	Eav :8,6lx Emin :4,4lx Emax :14,2lx Uo :0,50	Eav :6,9lx Emin :1,6lx Emax :14,8lx Uo :0,23	Eav :6,1lx Emin :1,7lx Emax :12,7lx Uo :0,28	Eav :5,5lx Emin :2,5lx Emax :14,7lx Uo :0,45	Eav :4,8lx Emin :2,5lx Emax :14,8lx Uo :0,53

C	 <p>Mini City Soul (S)-Philips</p>		Eav :12,2lx Emin :3,5lx Emax :21,2lx Uo :0,29	Eav :10,8lx Emin :4,2lx Emax :17,7lx Uo :0,39	Eav :8,6lx Emin :1,4lx Emax :18,5lx Uo :0,16	Eav :7,6lx Emin :1,5lx Emax :15,1lx Uo :0,2	Eav :6,7lx Emin :2,2lx Emax :18,2lx Uo :0,33	Eav :6lx Emin :2,3lx Emax :18,4lx Uo :0,39
Φωτιστικό		Διάγρ. πολικής κατανομής έντασης φωτός	A=10μ, Y=4m	A=10μ, Y=5m	A=15μ, Y=4μ	A=15μ, Y=5μ	A=20μ, Y=4μ	A=20μ, Y=5μ
D	 <p>Straightline - Philips</p>		Eav :17,6lx Emin :0,4lx Emax :37,8lx Uo :0,02	Eav :16,2lx Emin :0,7lx Emax :28,4lx Uo :0,04	Eav :15,3lx Emin :0,04lx Emax :45,3lx Uo :0,03	Eav :11,2lx Emin :0,5lx Emax :23,8lx Uo :0,04	Eav :9,8lx Emin :0,3lx Emax :35lx Uo :0,03	Eav :9,1lx Emin :0,4lx Emax :28,6lx Uo :0,04
E	 <p>Triangel -Philips</p>		Eav : 10,9lx Emin : 0,7lx Emax : 23,1lx Uo :0,06	Eav :9,7lx Emin :1,3lx Emax :18,2lx Uo :0,13	Eav :7,3lx Emin :0,6lx Emax :21,6lx Uo :0,08	Eav :6,6lx Emin :0,6 Emax :16,4lx Uo :0,09	Eav : 6lx Emin :0,5lx Emax :21lx Uo :0,09	Eav :5,4lx Emin :1lx Emax :16,6lx Uo :0,18

<b>F</b>	 <p>Urban Star -Philips</p>		Eav :13,2lx Emin :3,5lx Emax :22lx Uo :0,27	Eav :11,3lx Emin :4lx Emax :17,5lx Uo :0,35	Eav :9,2lx Emin :1,5lx Emax :18,8lx Uo :0,16	Eav :7,9lx Emin :1,8lx Emax :14,5lx Uo :0,23	Eav :7,2lx Emin :2,5lx Emax :19lx Uo :0,34	Eav :6,3lx Emin :2,8lx Emax :19,5lx Uo :0,44
Φωτιστικό		Διάγρ. πολικής κατανομής έντασης φωτός	A=10μ, Υ=4m	A=10μ, Υ=5m	A=15μ, Υ=4μ	A=15μ, Υ=5μ	A=20μ, Υ=4μ	A=20μ, Υ=5μ
<b>G</b>	 <p>Urbana - Philips</p>		Eav : 3,4lx Emin :1,24lx Emax :8,47lx Uo :0,36	Eav :2,96lx Emin :1,19lx Emax :7,28lx Uo :0,40	Eav :2,46lx Emin :0,43lx Emax :8,22lx Uo :0,18	Eav :2,17lx Emin :0,46lx Emax :6,94lx Uo :0,21	Eav :1,94lx Emin :0,64lx Emax :8,32lx Uo :0,33	Eav :1,65lx Emin :0,68lx Emax :7,31lx Uo :0,41

Από τη μελέτη των στοιχείων που προέκυψαν από τις προσομοιώσεις, επιβεβαιώνεται η κοινά αποδεκτή άποψη ότι όσο μεγαλώνουν οι αποστάσεις μεταξύ των φωτιστικών σωμάτων ελαττώνεται η ένταση του φωτός στο επίπεδο του οδοστρώματος. Το ίδιο διαπιστώνεται και για το ύψος των φωτιστικών σωμάτων. Ταυτόχρονα διαπιστώνουμε ότι το μεγαλύτερο ύψος των φωτιστικών σωμάτων βελτιώνει την ομοιομορφία.

Από την προσομοίωση προέκυψαν ίδιες (αποδεκτές) τιμές οριζόντιου φωτισμού ( $E_{av}:7,9lx$ ) και ομοιομορφίας ( $U_o:0,22$ ) για τα φωτιστικά A και F για ύψος φωτιστικών τα 5 m και αποστάσεις μεταξύ των φωτιστικών για το πρώτο (A) τα 10m ενώ για το δεύτερο (F) τα 15m Αυτό σημαίνει ότι ο δεύτερος τύπος (F) προσφέρεται περισσότερο επειδή :

1. Ελαττώνει το κόστος κατασκευής (λιγότερα φωτιστικά)
2. Επιβαρύνει λιγότερο την αισθητική του δρόμου (η μικρότερη παρουσία φωτιστικών σωμάτων/φανοστατών δημιουργεί λιγότερη αισθητική όχληση σε έναν ιστορικό δρόμο).
3. Βελτιώνει την ομοιομορφία καθώς περιορίζονται αριθμητικά τα σημεία έντονου φωτισμού στις βάσεις των φωτιστικών.

Εξετάζοντας τα διαγράμματα πολικής κατανομής της έντασης φωτισμού των επτά (7) φωτιστικών που χρησιμοποιήθηκαν για τις προσομοιώσεις, παρατηρούμε ότι οι τρεις (3) καμπύλες κατανομής (συμμετρικές ή μη) που εμφανίζουν μεγάλη αμβλεία γωνία κορυφής και μικρή τιμή έντασης στον κατακόρυφο άξονα συμμετρίας (φωτιστικά B,C,F), παρέχουν τιμές οριζόντιου φωτισμού και ομοιομορφίας που ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις CIE και CEN του πίνακα 3, με τη διαφορά ότι το φωτιστικό B δίνει τις αποδεκτές τιμές για απόσταση 10 m, ενώ τα C και F για 15 m (ύψος 5m).

Για αυτές τις τρεις (3) περιπτώσεις έγιναν προσομοιώσεις και ως προς τον ημικυλινδρικό φωτισμό (Esc).

Αν η επιθυμητή απόσταση μεταξύ των φωτιστικών είναι τα 15m τότε συγκρίνοντας τις τιμές του ημικυλινδρικού (Escav) φωτισμού για τα φωτιστικά C και F (7lx και 7,6lx αντίστοιχα) καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι το F είναι προτιμότερο διότι :

1. Έχει καλύτερη τιμή ημικυλινδρικού φωτισμού (βελτιώνει την τρισδιάστατη απόδοση αντικειμένων)
2. Λόγω της ασυμμετρίας που παρουσιάζει η καμπύλη κατανομής δίνει τη δυνατότητα με κατάλληλη στροφή να κατευθύνεται το φως στο δρόμο και όχι στις προσόψεις των κτιρίων.

Τέλος προκύπτει ότι το φωτιστικό σώμα G δίνει τις μικρότερες τιμές Eav (1,65- 3,4 lx) επειδή λόγω κατασκευής διαχέει το φως κυρίως προς το άνω ημισφαίριο και πολύ λίγο προς το οδόστρωμα, δηλ πρόκειται για έμμεσο φωτισμό, όπως φαίνεται στο αντίστοιχο διάγραμμα πολικής κατανομής της έντασης και στις δυο προσομοιώσεις, την πρώτη για ύψος 4 m και απόσταση μεταξύ φωτιστικών 10 m και τη δεύτερη για ύψος 5 m και απόσταση 15 m. Επομένως, φωτιστικά αυτής της μορφής (με ύψος 4-5m) είναι ακατάλληλα για τον φωτισμό δρόμων. Εξάλλου η διεθνής βιβλιογραφία αναφέρει ότι το μέγιστο ωφέλιμο αυτού του είδους φωτιστικού είναι μόλις το 40% της συνολικής φωτεινής ροής του.





Το στοίχημα για την οδό Εθνική Αντιστάσεως ήταν να προκύψει μια λύση που θα αποτελούσε "επαναλήψιμο" πρότυπο με εφαρμογή σε παρόμοιους δρόμους, θα πληρούσε τις τεχνικές προδιαγραφές της Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού για τον φωτισμό πεζόδρομων, θα καταργούσε την ανάγκη φωτισμού των βιτρινών από τους καταστηματαρχες (οι οποίοι δήλωσαν ως προτεραιότητα του φωτισμού την τόνωση της εμπορικής κίνησης) και θα επιβάρυνε όσο το δυνατόν λιγότερο την αισθητική του δρόμου, που είναι ιστορικής σημασίας και βρίσκεται στη καρδιά της Παλιάς Πόλης του Ρεθύμνου.

Η λύση που πρόέκυψε είναι φωτιστικά με πλατιές φωτομετρικές καμπύλες (όπως του φωτιστικού F στο κεφάλαιο 9) , οπότε η απόσταση των φωτιστικών ανά 15 m και σε ύψος 5 m φαίνεται ικανοποιητική τόσο αισθητικά όσο και για την κάλυψη των ιδανικών τιμών έντασης φωτισμού και ομοιομορφίας που στη συνέχεια θα βελτιώσει την αίσθηση των χρηστών της για το φωτισμό του δρόμου. Επίσης, θα προσφέρει εξοικονόμηση ενέργειας, δεδομένου ότι τα υπάρχοντα 12 φωτιστικά σώματα με λάμπες μεταλλικών αλογονιδίων των 150W (δηλ. συνολικά 1800W) θα αντικατασταθούν με 17 φωτιστικά σώματα με λαμπτήρες LED κατά μέσο όρο 35W το καθένα (δηλ. συνολικά 595W). Τέλος, τα φωτιστικά φαίνεται να είναι προτιμότερο να είναι επίτοιχα παρά με στύλο καθώς οι στύλοι αποτελούν οπτικά εμπόδια, δυσκολεύουν τη ροή κίνησης πεζών σε στενούς δρόμους με βιτρίνες και όπως ανέφερε μια καταστηματαρχής - κατά τη διάρκεια της επιτόπιας έρευνας- αποτελούν σημεία όπου ουρούν σκυλιά με αποτέλεσμα να δημιουργούνται εστίες μόλυνσης.

## 10. Γενική συζήτηση

### 10.1 Γενικές διαπιστώσεις.

Τα τελευταία χρόνια η αύξηση του πληθυσμού των πόλεων, η επέκταση των δραστηριοτήτων των κατοίκων της πόλης μέχρι αργά τη νύχτα, η συνειδητοποίηση εκ μέρους των δημοτικών αρχών ότι ο φωτισμός δημόσιων υπαίθριων χώρων που μπορεί να συμβάλει στην τουριστική προβολή είναι μια υπερβολικά υψηλή μορφή κατανάλωσης ενέργειας, καθώς και η εισαγωγή της νέας καινοτομίας λαμπτήρων LED με ενεργειακά και οικονομικά οφέλη οδηγούν στη υιοθέτηση μιας νέας φιλοσοφίας σχετικά με το δημόσιο φωτισμό.

Οι πιο συνήθεις παρεμβάσεις μέχρι στιγμής περιλάμβαναν την αντικατάσταση των υπαρχόντων φωτιστικών σωμάτων με λαμπτήρες υδραργύρου υψηλής πίεσης από φωτιστικά με λαμπτήρες φθορισμού ή νατρίου υψηλής πίεσης ή μεταλλικών αλογονίδιων όπως στη περίπτωση της οδού Εθνικής Αντιστάσεως στο Ρέθυμνο προσφέροντας εξοικονόμηση ενέργειας. Σε αυτές τις αντικαταστάσεις δεν είναι γνωστό κατά πόσο λάμβαναν υπόψη το παράγοντα "άνθρωπος" και την αλληλεπίδραση του με το περιβάλλον. Τελευταία, όμως, οι ανάγκες του αστικού φωτισμού αλλάζουν. Δεν πρόκειται πλέον απλώς για την παροχή επαρκούς φωτισμού στις πόλεις, προκειμένου να διασφαλίζεται η ορατότητα και η ασφάλεια. Σήμερα, ο φωτισμός χρησιμοποιείται ολοένα περισσότερο για τη δημιουργία ενός νυχτερινού περιβάλλοντος μέσω του οποίου η πόλη αποκτά νέα ταυτότητα, γίνεται πιο ελκυστική και επαναπροσδιορίζεται η σχέση της με τους κατοίκους. Σε αυτό συμβάλλει η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των καινοτόμων λαμπτήρων LED, η οποία υπόσχεται βελτιωμένα αποτελέσματα στην ενεργειακή αναβάθμιση του δημοσίου υπαίθριου φωτισμού. Τα LEDs τροποποιούν την ίδια τη φύση του

φωτισμού προσφέροντας νέες δυνατότητες στο σχεδιασμό και την εφαρμογή του τεχνητού φωτισμού που στοχεύει στη δημιουργία ελκυστικών, άνετων και ασφαλών δημοσίων χώρων κατά τις νυχτερινές ώρες.

Στην Ελλάδα οι ρυθμοί μετάβασης στις νέες τεχνολογίες είναι εξαιρετικά αργοί και η υφιστάμενη δυσχερής οικονομική κατάσταση έχει ως αποτέλεσμα περαιτέρω καθυστερήσεις αν και έχουν αρχίσει σταδιακά να κάνουν εμφάνιση οι πρώτες αναπλάσεις δημόσιων χώρων με τη χρήση λαμπτήρων LED. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η νέα Παραλία Θεσσαλονίκης, έργο των αρχιτεκτόνων Bernard Cuomo και Πρόδρομου Νικηφορίδη, το οποίο έχει πάρει βραβείο στο διεθνή διαγωνισμό του 2014 στον τομέα «Δημόσιοι χώροι, φιλικό και προσβάσιμο σε όλους», που διοργανώνει η Διεθνής Ένωση Αρχιτεκτόνων (UIA). Άλλο παράδειγμα είναι η εγκατάσταση νέου δικτύου ηλεκτροφωτισμού με φωτιστικά χαμηλής κατανάλωσης τύπου LED από τον αρχιτέκτονα μηχανικό Θύμιο Παπαγιάννη, ο οποίος έκανε την μελέτη της ανάπλασης της περιοχής «Μασταμπά» νότια από το κέντρο της πόλης του Ρεθύμνου και συγκεκριμένα στο χώρο που περιβάλλει το Παλαιοντολογικό Μουσείο. Στην τεχνική έκθεση του δήμου Ρεθύμνου για την ανάπλαση της περιοχής Μασταμπά (Μάρτιος 2012) αναφέρεται: *«Στα πλαίσια της περιβαλλοντικής πολιτικής, θεωρούμε ότι ο δήμος Ρεθύμνου μπορεί και πρέπει να παίξει έναν ρόλο πρωτοπόρου που θα βοηθήσει στον παραδειγματισμό των ιδιωτών. Όσον αφορά τον πρώτο στόχο προτείνεται η χρήση φωτιστικών σωμάτων με χρήση σύγχρονων λαμπτήρων LED. ..»*. Η αναφορά αυτή αποδεικνύει την αυξανόμενη σημασία των λαμπτήρων τύπου LED.

## 10.2 Γενικά συμπεράσματα από την μελέτη και έρευνα

Στα πλαίσια μιας υποθετικής ανάπλασης της πλατείας Μικρασιατών και της οδού Εθνικής Αντιστάσεως στο ιστορικό κέντρο του Ρεθύμνου, η έρευνα εστιάστηκε στην αναβάθμιση τους σε θέματα δημόσιου υπαίθριου φωτισμού.

Ξεκινώντας από την πλατεία Μικρασιατών, εντοπίστηκαν τα μνημεία και τα τοπόσημα που χρήζουν ανάδειξης και καθορίστηκαν τα ικανοποιητικά επίπεδα φωτισμού για ασφάλεια και οπτική άνεση στο κεντρικό της τμήμα. Η έρευνα, χρησιμοποιώντας λαμπτήρες LED, πέτυχε την ανάδειξη των μνημείων, δημιουργώντας ένα «σκηνογραφικό περιβάλλον» για την πλατεία πετυχαίνοντας, ταυτόχρονα, ικανοποιητικά επίπεδα φωτισμού. Όλη αυτή η ποιοτική αναβάθμιση φωτισμού συνοδεύτηκε και με μείωση κατανάλωσης ενέργειας από 63.064,41 kWh σε 41.956,75 kWh.

Στη συνέχεια, η έρευνα προχώρησε στο δρόμο εξετάζοντας την ικανοποίηση των χρηστών από τον υφιστάμενο φωτισμό. Από τα ερωτηματολόγια προέκυψε ότι για τους χρήστες προτεραιότητες του ικανοποιητικού φωτισμού αποτελούν η ασφάλεια και η οπτική άνεση παρά η ανάδειξη των μνημείων. Αυτό δείχνει ότι οι δημόσιοι χώροι στην Ελλάδα ακόμα δεν καλύπτουν τις βασικές ανάγκες φωτισμού τους (ασφάλεια και άνεση) με αποτέλεσμα ο αρχιτεκτονικός φωτισμός των μνημείων να παραμένει σε δεύτερο επίπεδο.

Η έρευνα έδειξε ότι η οδός Εθνικής Αντιστάσεως είναι κατά βάση, ένας δρόμος που δεν φωτίζεται επαρκώς από το δημόσιο φωτισμό με απόκλιση από τις ιδανικές τιμές όπως αυτές διαμορφώνονται από τα διεθνή στάνταρ και τις διεθνείς οδηγίες. Αντίθετα, οι ιδιωτικές βιτρίνες και οι προβολείς των καταστημάτων φωτίζουν το δημόσιο δρόμο με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια ανομοιομορφία στο φωτισμό με άσχημες συνέπειες στην αισθητική του δρόμου εξαιτίας της

οπτικής όχλησης, όπως φάνηκε από τις απαντήσεις της πλειοψηφίας των χρηστών που δεν ήταν αρκετά ικανοποιημένοι από το φωτισμό της οδού. Προκύπτει, επομένως, η ανάγκη της κατάργησης του φωτισμού από τις βιτρίνες και η σύνταξη μιας ορθότερης μελέτης - λύσης για το δημόσιο φωτισμό.

Για αυτό το λόγο, η έρευνα επικεντρώθηκε στην εύρεση μιας λύσης που θα ικανοποιούσε τα επίπεδα φωτισμού της οδού Εθνικής Αντιστάσεως, εξετάζοντας ποια φωτιστικά με λαμπτήρες LED διαφορετικών κατανομών φωτός προσφέρονται για αυτό το σκοπό σε συνάρτηση με το ύψος των φωτιστικών και την μεταξύ τους απόσταση. Η συγκεκριμένη μορφή και λειτουργία της οδού Εθνικής Αντιστάσεως συναντιέται και σε άλλες περιοχές μεσογειακών πόλεων, και έτσι εξάγονται πιο ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με ένα σωστό φωτισμό, τα οποία μας οδηγούν στη δημιουργία μιας "επαναλήψιμης" λύσης που μπορεί να εφαρμοστεί σε παρόμοιους δρόμους των μεσογειακών πόλεων. Αντίθετα, η πλατεία Μικρασιατών δεν προσφέρεται για την δημιουργία ενός "επαναλήψιμου" πρότυπου εξαιτίας του μοναδικού της σχήματος και των μοναδικών της χαρακτηριστικών, αλλά και του γεγονότος ότι ο κύριος σκοπός μιας πλατείας της πόλης εξυπηρετεί και «επιβάλλει» το είδος του φωτισμού που απαιτείται. Μια πλατεία που χρησιμοποιείται συχνά για εκδηλώσεις απαιτεί ομοιόμορφο φωτισμό. Ένα δημόσιο αστικό κενό με πολλές λειτουργίες μπορεί να διαιρεθεί σε διαφορετικές «ζώνες φωτισμού». Σε μια πλατεία που σχεδιάστηκε αρχικά για να υπογραμμίσει τη σημασία των κτιρίων, η κύρια έμφαση δίδεται στον φωτισμό των κτιρίων, ενώ ο φωτισμός για την ίδια την πλατεία περιορίζεται σε μικρές ομάδες (δέσμες φωτός). (Κοντορούπης, et al). Γενικά, ο φωτισμός μιας πλατείας συνδέεται με τις ανάγκες της και τις σχεδιαστικές αντιλήψεις του σχεδιαστή, σε συνεργασία με το δήμο και τους κατοίκους της περιοχής.

Με άλλα λόγια για τις πλατείες δεν μπορεί να δημιουργηθεί «επαναλήψιμο» πρότυπο καθώς η επιλογή του καταλληλότερου φωτισμού για μια πλατεία δεν μπορεί να γίνει αποκλειστικά με αντικειμενικά ποσοτικά κριτήρια αλλά με βάση την αισθητική εικόνα και τα ποιοτικά κριτήρια του χώρου, όπως αυτά αξιολογούνται από ένα μελετητή φωτισμού. Η πιθανότητα δημιουργίας ενός προτύπου για πλατείες μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο μελλοντικής έρευνας που θα παραμετροποιήσει τους διάφορους παράγοντες που περιγράφουν την αισθητική, τις χρήσεις και τις ανάγκες των ανοιχτών δημόσιων χώρων.

### **10.3 Συμβολή και περιορισμοί της έρευνας-Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.**

Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας μπορούν να αποτελέσουν, όπως έχει ήδη λεχθεί στο 9ο κεφάλαιο, ένα "επαναλήψιμο" πρότυπο για το φωτισμό στενών εμπορικών πεζοδρομημένων δρόμων μεσογειακών πόλεων.

Όμως, εντοπίστηκαν κάποιες αδυναμίες, οι οποίες αφορούν στα παρακάτω:

- Περιορισμένη βιβλιογραφία και πρόσβαση σε επιστημονικά άρθρα σχετικά με την ενεργειακή αναβάθμιση του φωτισμού μέσω LED και τις επιδράσεις του στους ανθρώπους. Επίσης δεν υπήρχαν μελέτες που να χρησιμοποιούν τα ίδια διαθέσιμα εργαλεία της παρούσας έρευνας (λουξόμετρο και λογισμικό Relux). Η περιορισμένη πρόσβαση σε τέτοιου είδους μελέτες οφείλεται στο γεγονός ότι αποτελεί καινούργιο τομέα της επιστήμης.
- Η πλειοψηφία των ανθρώπων που απάντησαν στο ερωτηματολόγιο, δεν ήταν εξοικειωμένοι με τις βασικές έννοιες του φωτισμού και υπήρχε κάποια σύγχυση π.χ., συνέχεαν το αίσθημα

της άνεσης που προερχόταν από το φωτισμό με το αίσθημα της ασφάλειας που προερχόταν από την κίνηση και την παρουσία άλλων ανθρώπων ή από το γεγονός ότι τα μαγαζιά ήταν ανοιχτά. Ίσως χρειάζεται να προηγηθεί μια μικρή ενημέρωση και εκπαίδευση στις βασικές έννοιες φωτισμού σε μια συγκεκριμένη ομάδα ανθρώπων που θα απαντήσουν σε ερωτηματολόγια, όπως αναφέρεται στην έρευνα που έγινε το 2014 από τους A Kostic και L Djokic σε πάρκο του Βελιγραδίου.

- Η ροή του φωτισμού δεν ήταν σταθερή στις επιτόπιες μετρήσεις με το όργανο λουξόμετρο. Οι παράγοντες που επηρεάζουν ήταν ο φωτισμός που εκπέμπεται από το φεγγάρι τη νύχτα (πανσέληνος, νέο φεγγάρι), τις κλιματολογικές συνθήκες (συννεφιά κτλ) καθώς και στο φως των βιτρινών (αναμμένοι ή σβηστοί προβολείς).

Η έρευνα μπορεί να συνεχιστεί με παρόμοια μεθοδολογία που εφαρμόστηκε στις μελέτες αντικατάστασης συμβατικών λαμπτήρων με φωτιστικά Led, όπως στις μελέτες που έγιναν στο Βελιγράδι και στη Σουηδία οι οποίες αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 3.3. *"Οι αντιλήψεις των ανθρώπων από υπαίθριους χώρους που φωτίζονται με LED"*. Το παραπάνω σημαίνει αντικατάσταση των υπάρχοντων φωτιστικών σωμάτων με νέα φωτιστικά σώματα με τις προδιαγραφές που προκύψαν από τα πορίσματα της παρούσας εργασίας, δηλαδή, ισαπέχουσες αποστάσεις των 15m μεταξύ τους, ύψος 5 m και λάμπες LED ευρείας κατανομής κατά προτίμηση ασύμμετρης και με μικρή τιμή έντασης στον κεντρικό κατακόρυφο άξονα. Μετά την αντικατάσταση των λαμπτήρων θα ακολουθήσουν νέες μετρήσεις με το λουξόμετρο στα ίδια σημεία δειγματοληψίας ώστε να διερευνηθεί αν τα νέα επίπεδα φωτισμού ικανοποιούν τις προδιαγραφές των τεχνικών εκθέσεων της

Διεθνούς Επιτροπής Φωτισμού και του Ευρωπαϊκού Πρότυπου. Στη συνέχεια, θα δοθούν νέα ερωτηματολόγια στους χρήστες ώστε να διερευνηθούν οι αισθητικές επιπτώσεις στους κατοίκους με την νέα χωροτοποθέτηση των φωτιστικών σωμάτων και τις επιπτώσεις που έχει ο φωτισμός στο αίσθημα ασφάλειας και άνεσης, καθώς και στην ορατότητα. Επίσης, μπορεί να εξεταστεί η επίδραση της θερμοκρασίας χρώματος (CCT) και του γενικού δείκτη απόδοσης χρώματος (CRI) της λάμπας LED μέσω των ερωτηματολογίων και μετρήσεων με ειδικά φορητά όργανα φασματομέτρησης (portable spectrometer with displays). Στη παρούσα έρευνα τα χρωματομετρικά μεγέθη δεν μπορούσαν να εξεταστούν διότι το λογισμικό Relux χρησιμοποιείται για να βγάζει αποτελέσματα που σχετίζονται με τα φωτομετρικά μεγέθη (ένταση, λαμπρότητα, ομοιομορφία).

Τέλος, όσον αφορά στα ερωτηματολόγια, αυτά θα δώσουν πιο αποδεκτά και τεκμηριωμένα επιστημονικά αποτελέσματα, αν θα αποτελέσουν προϊόν διαθεματικής συνεργασίας με Τμήμα Περιβαλλοντικής Ψυχολογίας, όπου χρησιμοποιούνται τα κατάλληλα ψυχομετρικά εργαλεία και λογισμικά προγράμματα στατιστικής ανάλυσης.

Αντικείμενο μελλοντικής έρευνας θα αποτελούσε επίσης η ανάλυση φωτισμού δρόμων μεσογειακών πόλεων με διαφορετικά πλάτη και χρήσεις που θα καλύπτουν μια ευρεία γκάμα ειδών δρόμων που συναντιούνται στις μεσογειακές πόλεις.



**Παράρτημα 1**  
**(Ερωτηματολόγιο)**

### Ερωτηματολόγιο

Ημέρα		Ώρα	
Μέρος (τοποθεσία)			
Υλικό πεζοδρομίου			
Τσιμέντο	<input type="checkbox"/>	Μάρμαρο	<input type="checkbox"/>
Πέτρα+πλάκες	<input type="checkbox"/>	Άλλο	<input type="checkbox"/>
Πηγές φωτός			
HPS	<input type="checkbox"/>	MH	<input type="checkbox"/>
LED	<input type="checkbox"/>	Άλλο	<input type="checkbox"/>

### Βασικές πληροφορίες

Φύλο : Άντρας ☐ Γυναίκα ☐

Ηλικία : 10-15 ☐ 15-20 ☐ 21-30 ☐ 31-45 ☐ 46-55 ☐ 56-65 ☐ 66+ ☐

Είστε : Μαθητής/φοιτητής ☐  
Εργαζόμενος/η ☐  
Νοικοκυρά ☐  
Συνταξιούχος ☐  
Άνεργος ☐

Είστε κάτοικος της περιοχής ; ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

Περπατάτε αυτόν το δρόμο : πρώτη φορά σήμερα ☐  
αρκετές φορές το χρόνο ☐  
αρκετές φορές το μήνα ☐  
αρκετές φορές την εβδομάδα ☐  
κάθε μέρα ☐

### Ερωτήσεις

1.α. Πώς αισθάνεστε στο δρόμο αυτό γενικά ;

καθόλου άνετα	<input type="checkbox"/>	λίγο άνετα	<input type="checkbox"/>	αδιάφορα	<input type="checkbox"/>	αρκετά άνετα	<input type="checkbox"/>	πολύ άνετα	<input type="checkbox"/>
	1		2		3		4		5

1.β. Πώς αισθάνεστε όταν περπατάτε μόνος/μόνη κατά μήκος αυτού του δρόμου αφού σκοτεινιάσει ;

καθόλου άνετα	<input type="checkbox"/>	λίγο άνετα	<input type="checkbox"/>	αδιάφορα	<input type="checkbox"/>	αρκετά άνετα	<input type="checkbox"/>	πολύ άνετα	<input type="checkbox"/>
	1		2		3		4		5

2. Πώς σας φαίνεται από άποψη φωτισμού ο δρόμος αυτός το βράδυ ;

πολύ σκοτεινός	<input type="checkbox"/>	αρκετά σκοτεινός	<input type="checkbox"/>	λίγο σκοτεινός	<input type="checkbox"/>	αρκετά φωτεινός	<input type="checkbox"/>	πολύ φωτεινός	<input type="checkbox"/>
	1		2		3		4		5

3. Πώς σας φαίνεται η κατανομή (ομοιομορφία) του φωτισμού σε αυτόν το δρόμο ;

καθόλου ομοιομορφία	<input type="checkbox"/>	λίγο ομοιομορφία	<input type="checkbox"/>	αδιάφορη	<input type="checkbox"/>	αρκετά ομοιομορφία	<input type="checkbox"/>	πολύ ομοιομορφία	<input type="checkbox"/>
	1		2		3		4		5

4. Πώς αισθάνεστε με το χρώμα του φωτισμού σε αυτόν το δρόμο τη νύχτα ;

καθόλου άνετα	<input type="checkbox"/>	λίγο άνετα	<input type="checkbox"/>	αδιάφορα	<input type="checkbox"/>	αρκετά άνετα	<input type="checkbox"/>	πολύ άνετα	<input type="checkbox"/>
	1		2		3		4		5

5. Αισθάνεστε έντονο φώς (να σας θαμπώνει) το βράδυ σε αυτόν το δρόμο ; ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

Αν ΝΑΙ πως αισθάνεστε στο έντονο αυτό φως ;

καθόλου άνετα	<input type="checkbox"/>	λίγο άνετα	<input type="checkbox"/>	αδιάφορα	<input type="checkbox"/>	αρκετά άνετα	<input type="checkbox"/>	πολύ άνετα	<input type="checkbox"/>
	1		2		3		4		5

6. Πόσο σημαντικός πιστεύετε ότι είναι ο φωτισμός για την εύκολη μετακίνηση στο δρόμο αυτό αφότου έχει σκοτεινιάσει ;

καθόλου σημαντικός	<input type="checkbox"/>	λίγο σημαντικός	<input type="checkbox"/>	αδιάφορος	<input type="checkbox"/>	αρκετά σημαντικός	<input type="checkbox"/>	πολύ σημαντικός	<input type="checkbox"/>
	1		2		3		4		5

7. Πόσο σημαντικός πιστεύετε ότι είναι ο φωτισμός για το αίσθημα ασφάλειας στο δρόμο αυτό αφότου έχει σκοτεινιάσει ;

καθόλου σημαντικός	<input type="checkbox"/>	λίγο σημαντικός	<input type="checkbox"/>	αδιάφορος	<input type="checkbox"/>	αρκετά σημαντικός	<input type="checkbox"/>	πολύ σημαντικός	<input type="checkbox"/>
	1		2		3		4		5

8.α. Πόσο εύκολα αναγνωρίζετε τα πρόσωπα (τα χαρακτηριστικά) των άλλων περπατητών αφότου σκοτεινιάσει στο δρόμο αυτό ;

καθόλου	<input type="checkbox"/>	πολύ δύσκολα	<input type="checkbox"/>	λίγο δύσκολα	<input type="checkbox"/>	σχετικά εύκολα	<input type="checkbox"/>	πολύ εύκολα	<input type="checkbox"/>
	1		2		3		4		5

8.β. Από ποια απόσταση αναγνωρίζετε εύκολα τα πρόσωπα (τα χαρακτηριστικά) των περπατητών το βράδυ στο δρόμο αυτό ;

στα 2 μετρά	<input type="checkbox"/>	2-4 m	<input type="checkbox"/>	4-6 m	<input type="checkbox"/>	6-8 m	<input type="checkbox"/>	πάνω από 8	<input type="checkbox"/>
-------------	--------------------------	-------	--------------------------	-------	--------------------------	-------	--------------------------	------------	--------------------------

9. Ποτέ αισθάνεστε περισσότερο άνετα σε σχέση με το φωτισμό του δρόμου αυτού;  
(πότε σας διευκολύνει πιο πολύ ο φωτισμός του δρόμου αυτού)

το σούρουπο	<input type="checkbox"/>	τη νύχτα (βράδυ)	<input type="checkbox"/>	τα χαράματα	<input type="checkbox"/>
-------------	--------------------------	------------------	--------------------------	-------------	--------------------------

**10.** Τι πιστεύετε ότι πρέπει να παρέχει ο νυχτερινός φωτισμός ενός δρόμου;  
Αριθμήσετε από το ένα (1): πολύ σημαντικό έως το πέντε (5): όχι σημαντικό.

Μείωση εγκληματικότητας	
Προσανατολισμός – Αποφυγή εμποδίων κατά το βάδισμα	
Αναγνώριση προσώπου	
Δημιουργία ευχάριστου περιβάλλοντος για αναψυχή και ξεκούραση	
Ανάδειξη αρχιτεκτονικών στοιχείων.	
Τόνωση εμπορικής κίνησης	

## **Παράρτημα 2**

**(Χάρτες)**





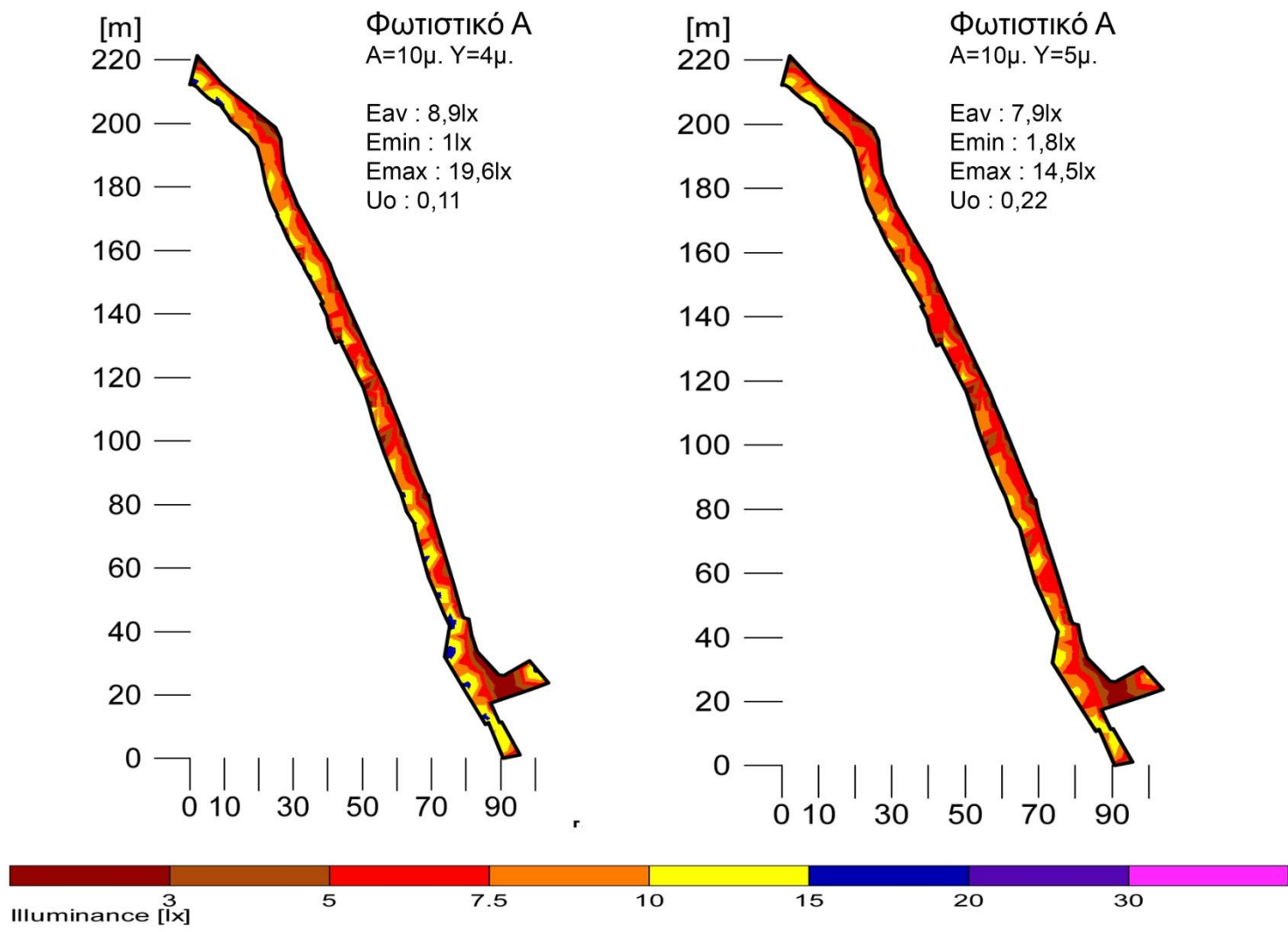


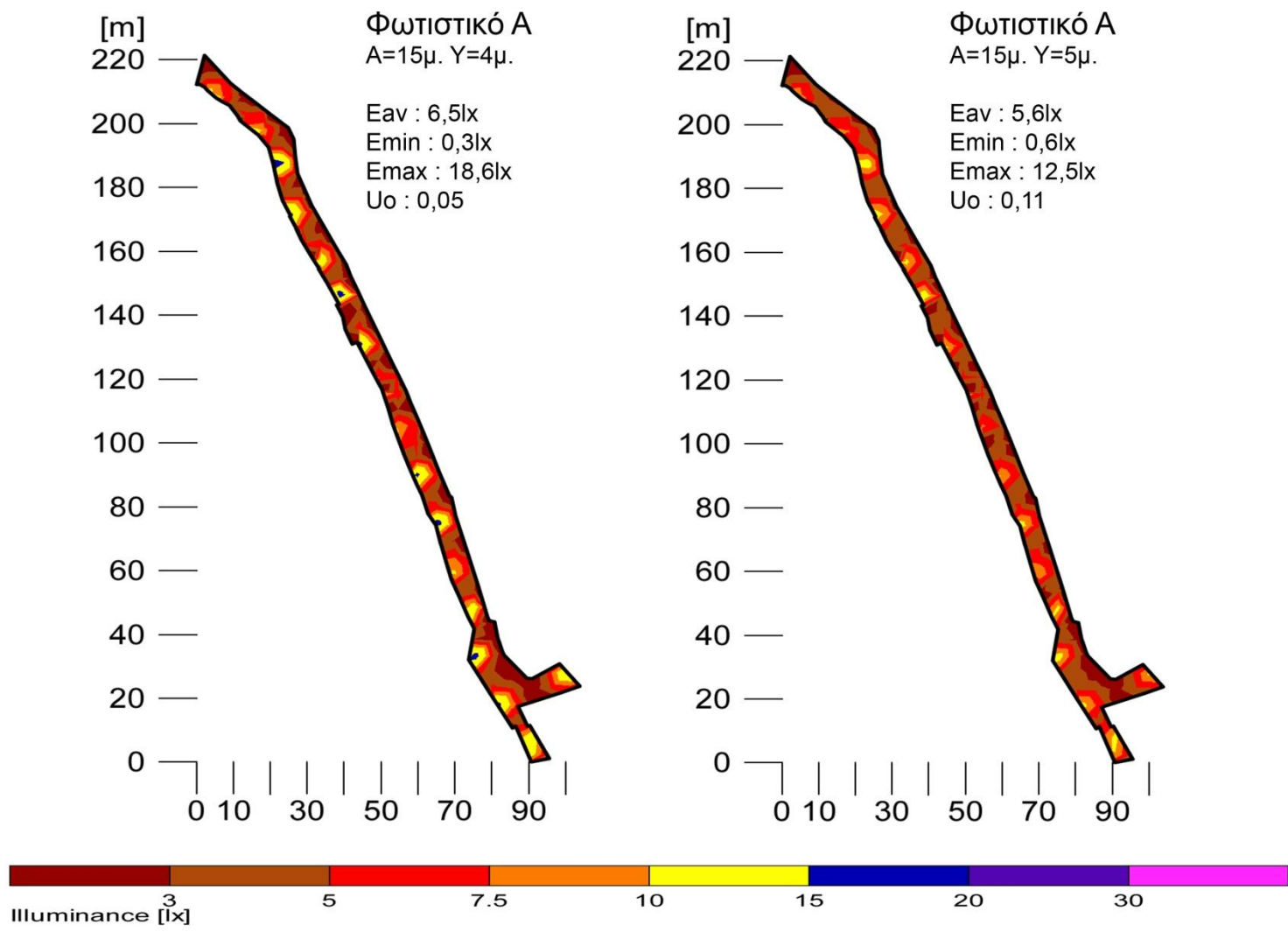


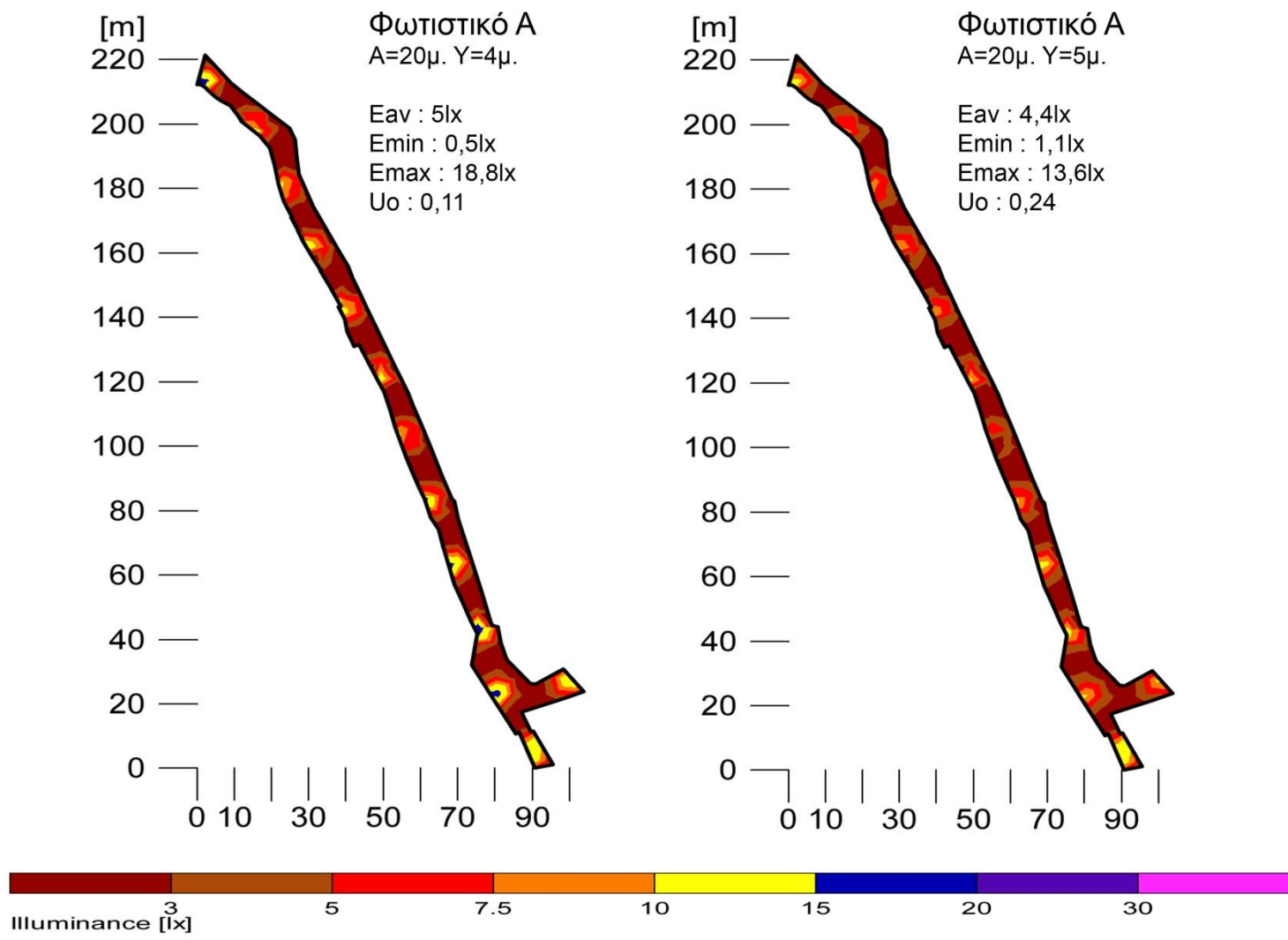


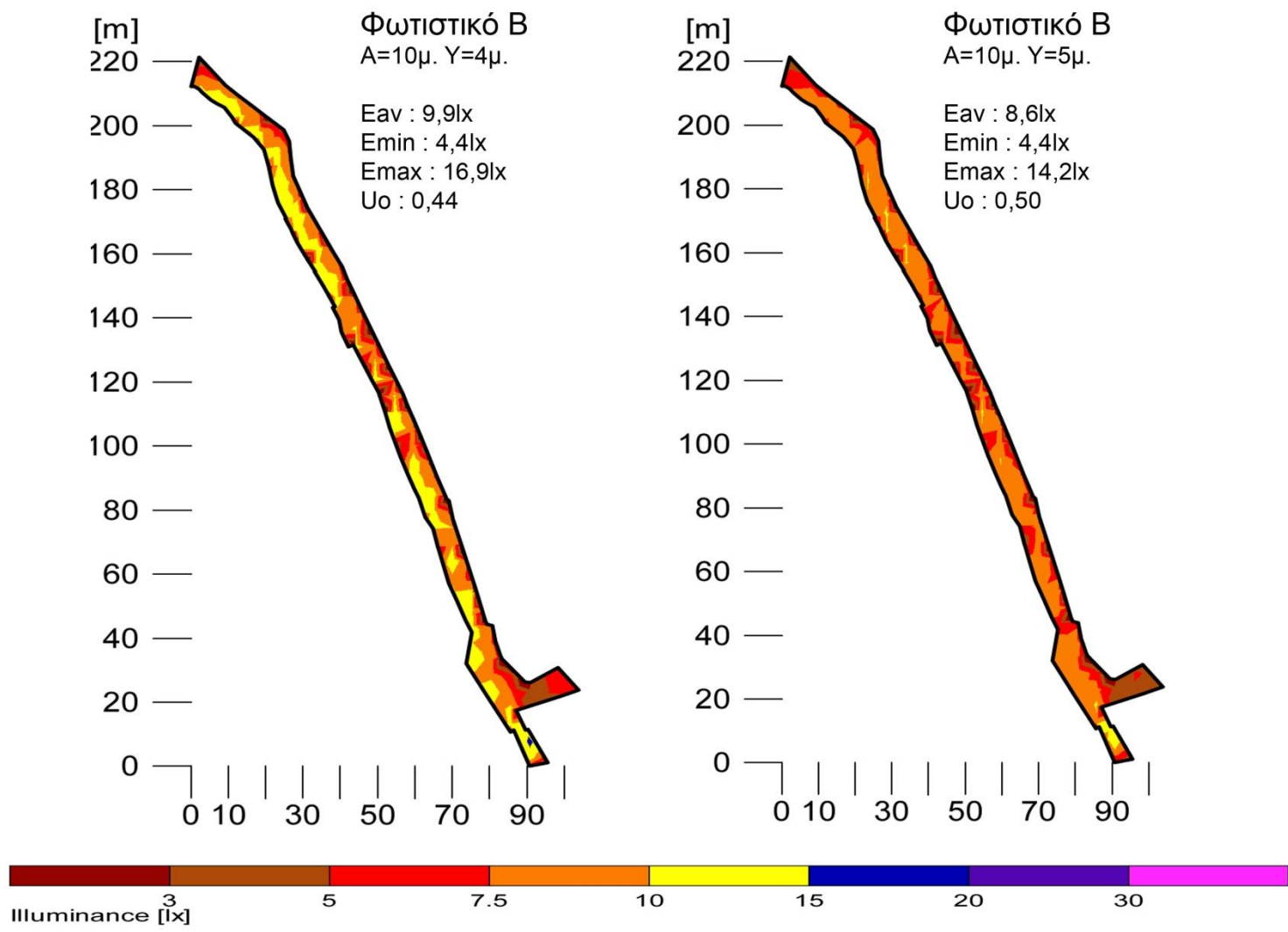
## **Παράρτημα 3**

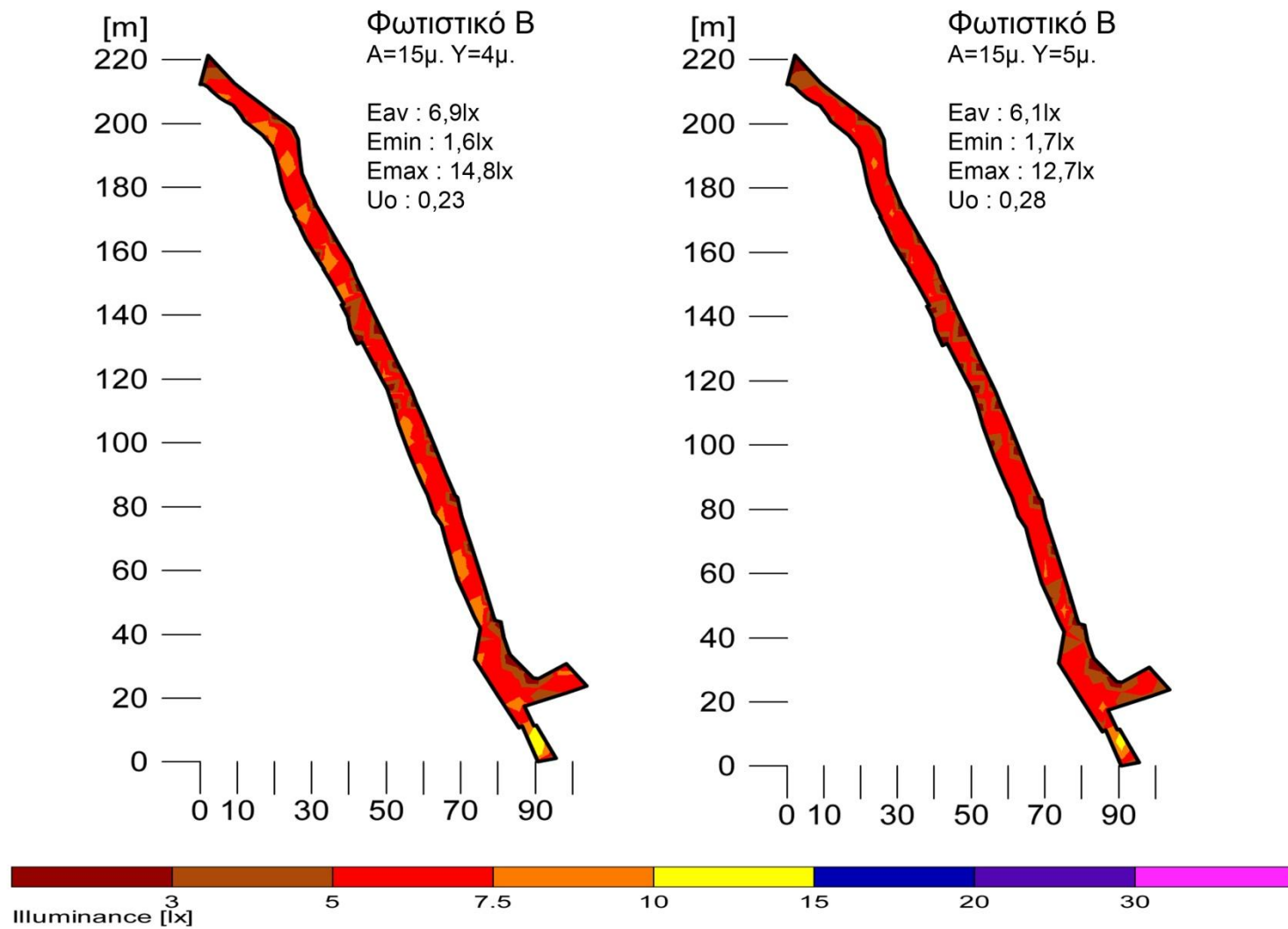
### **(Προσομοιώσεις)**







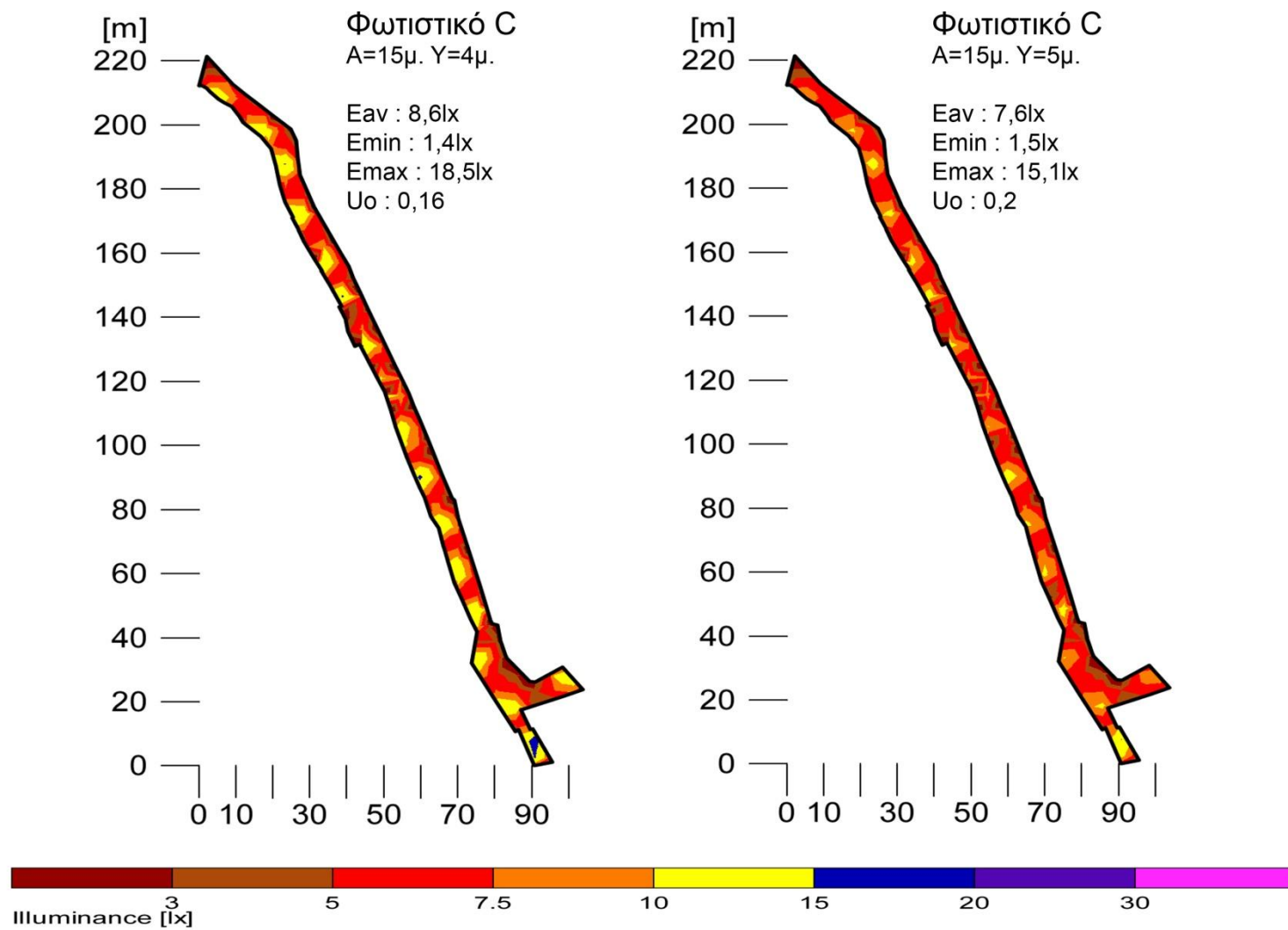


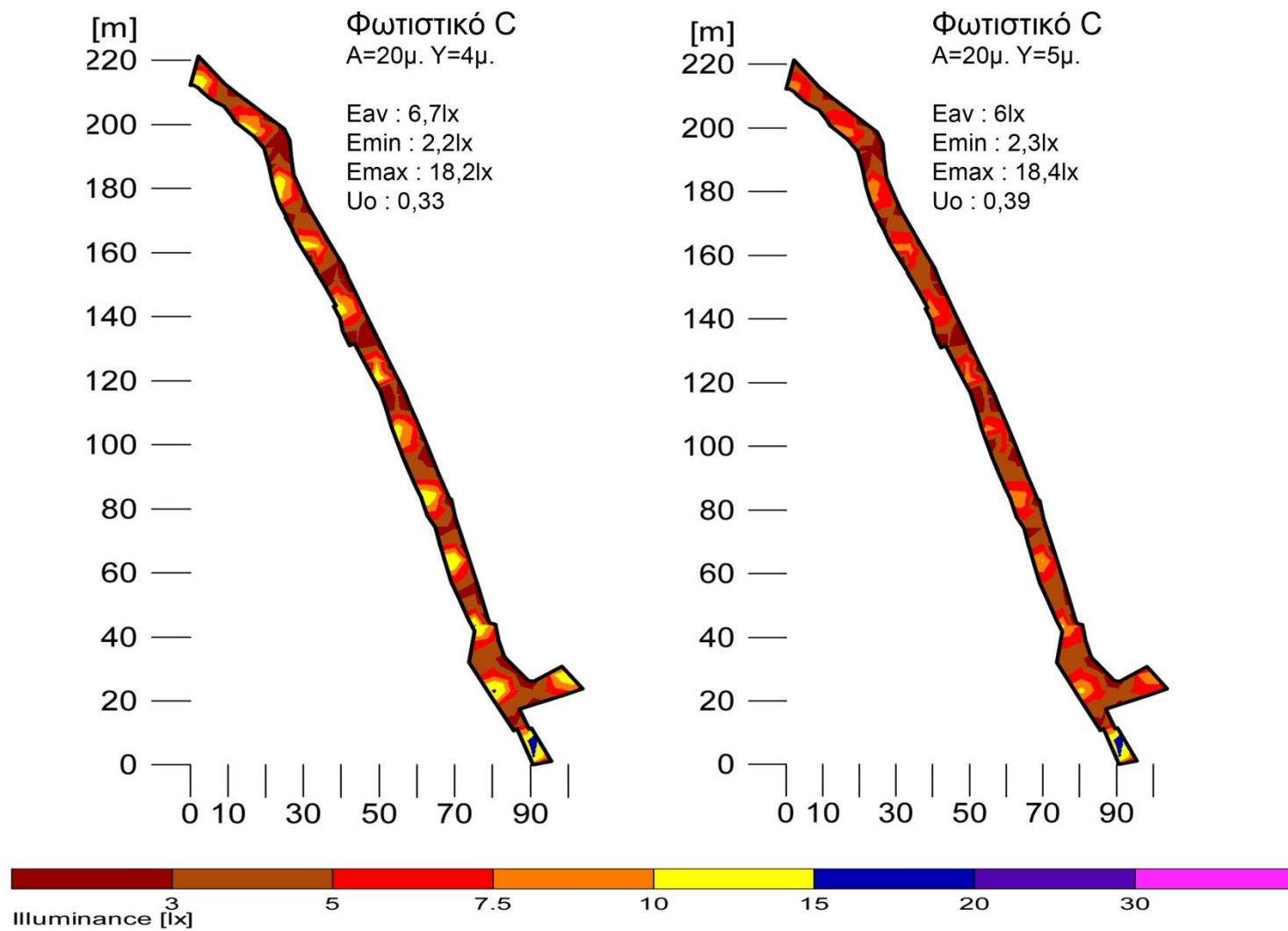


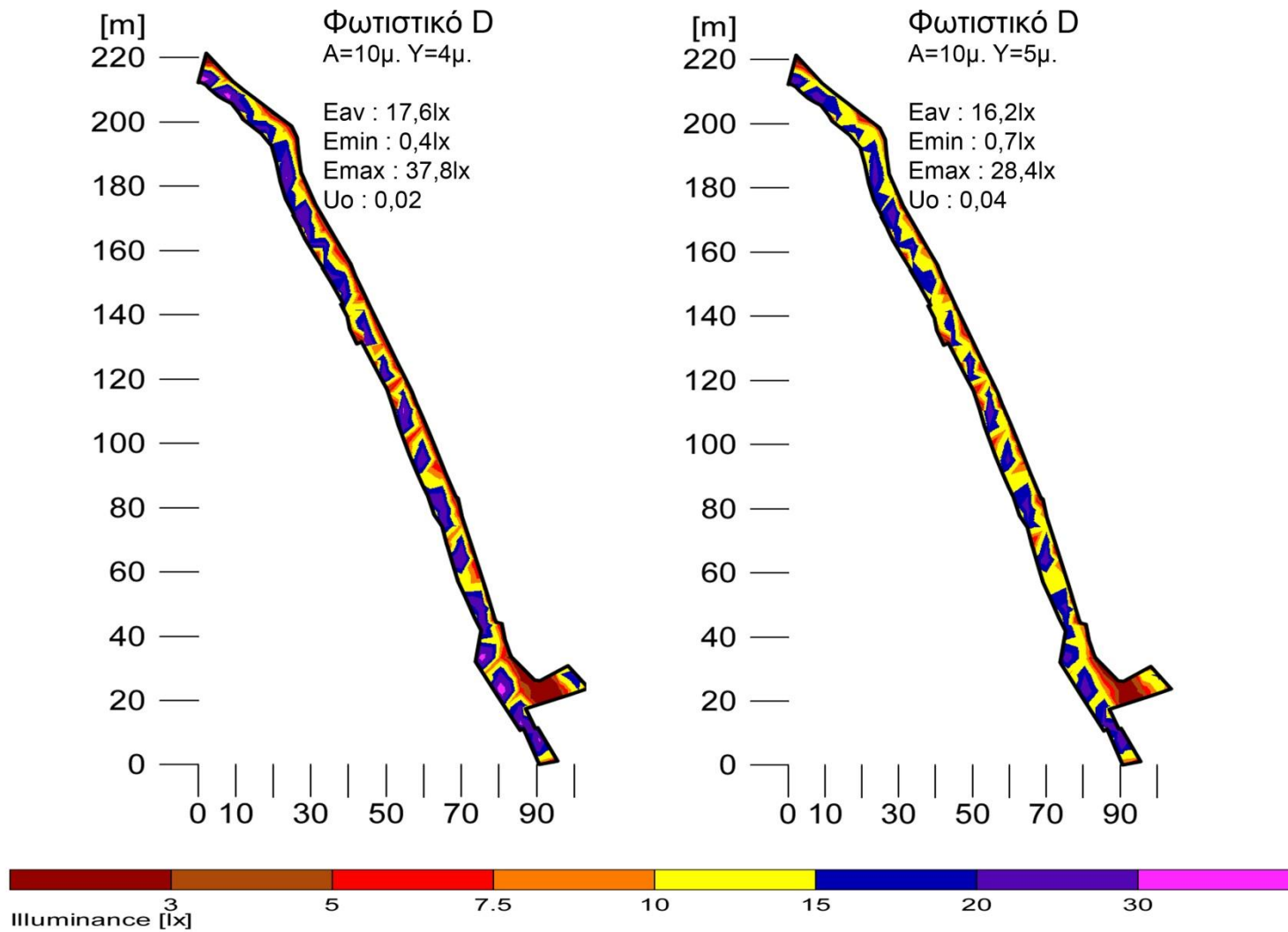


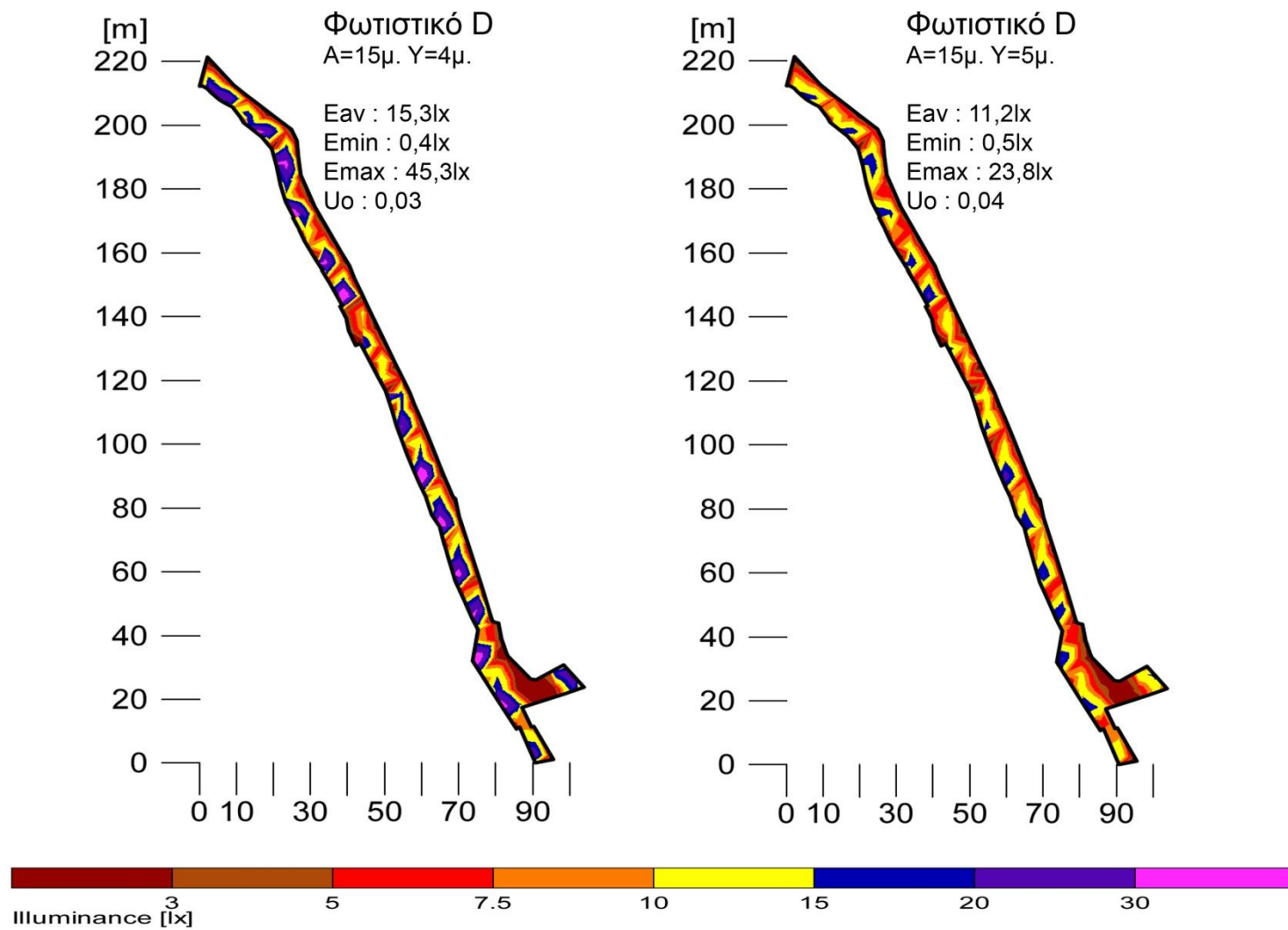


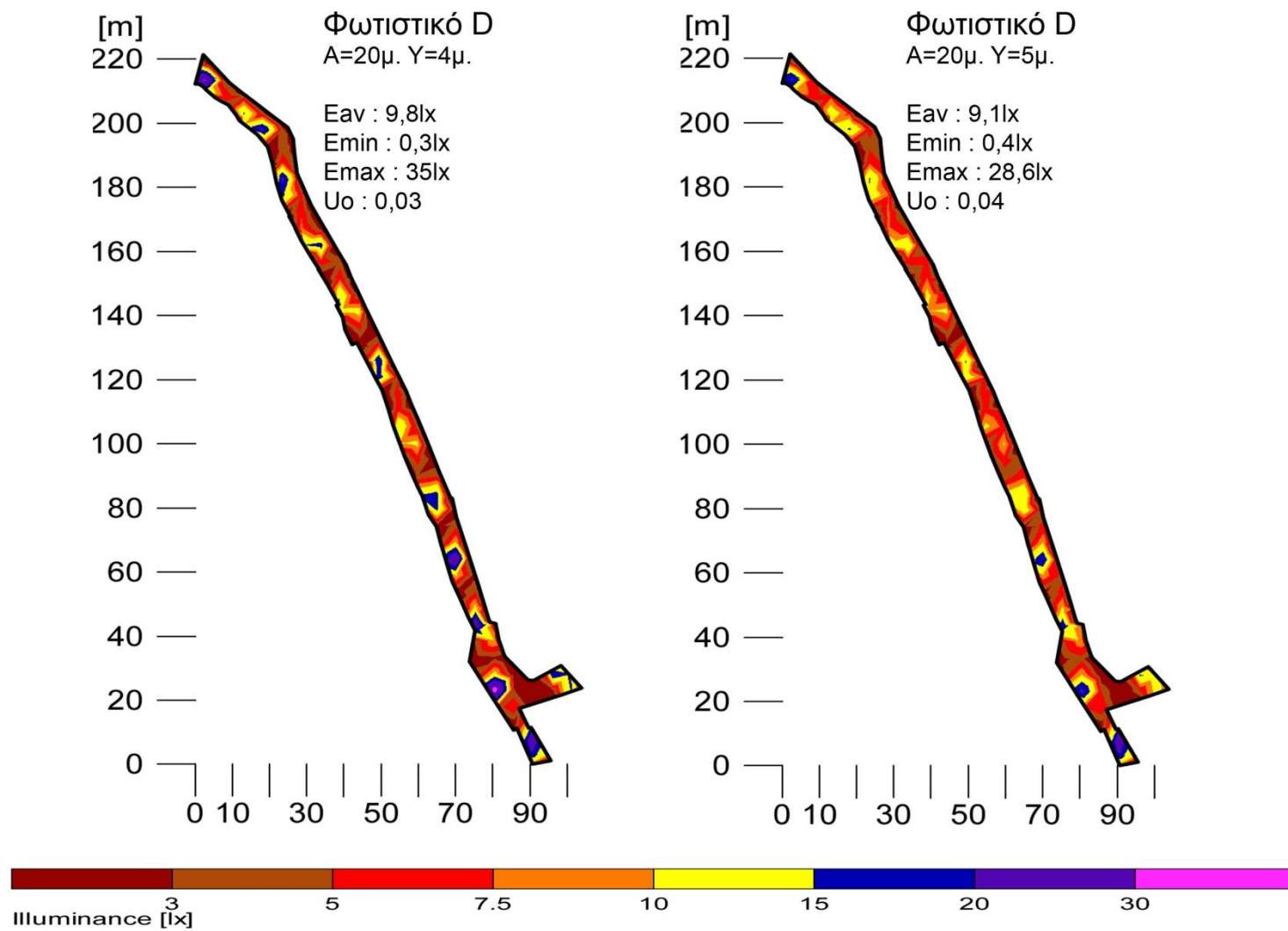


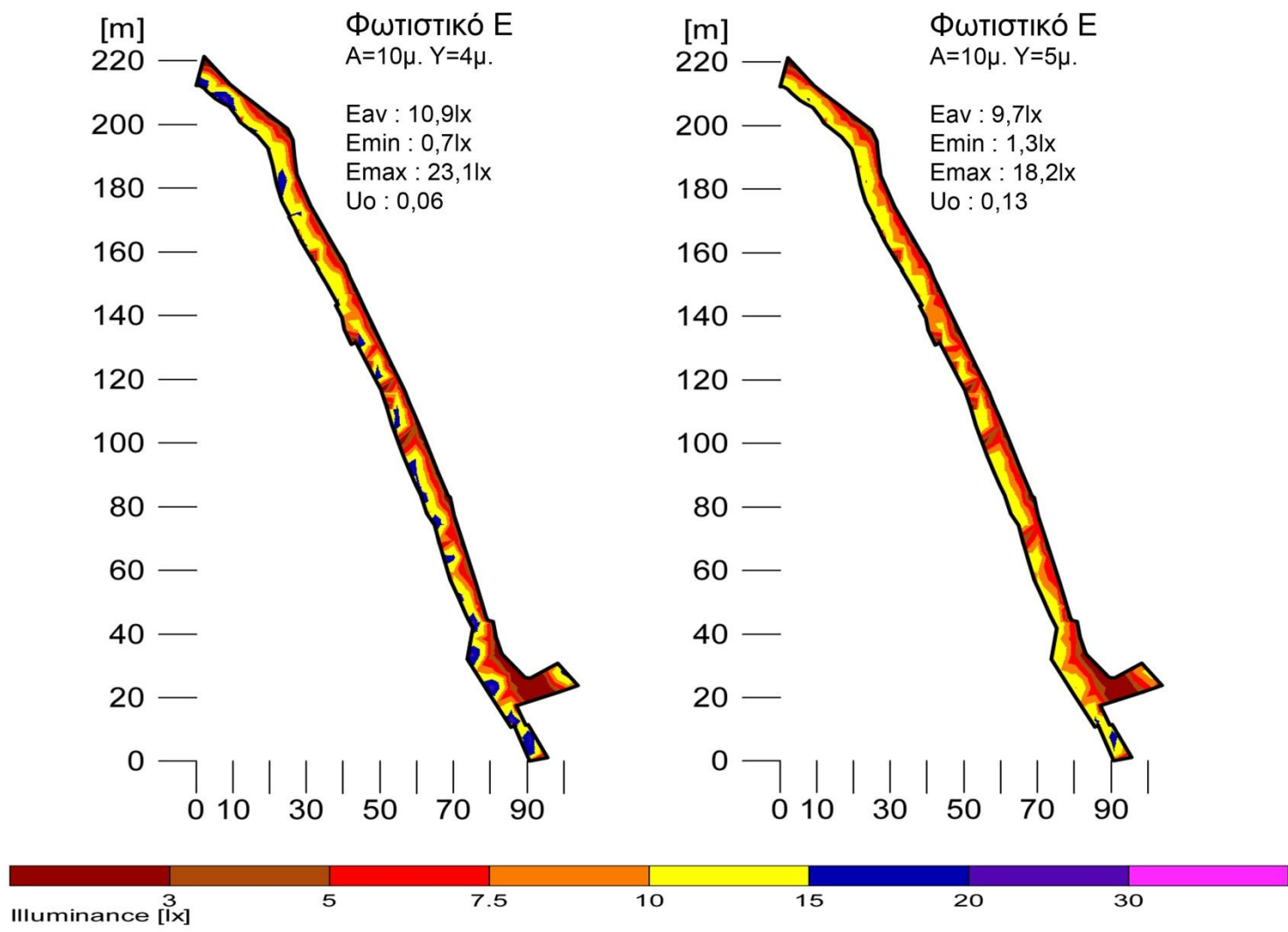






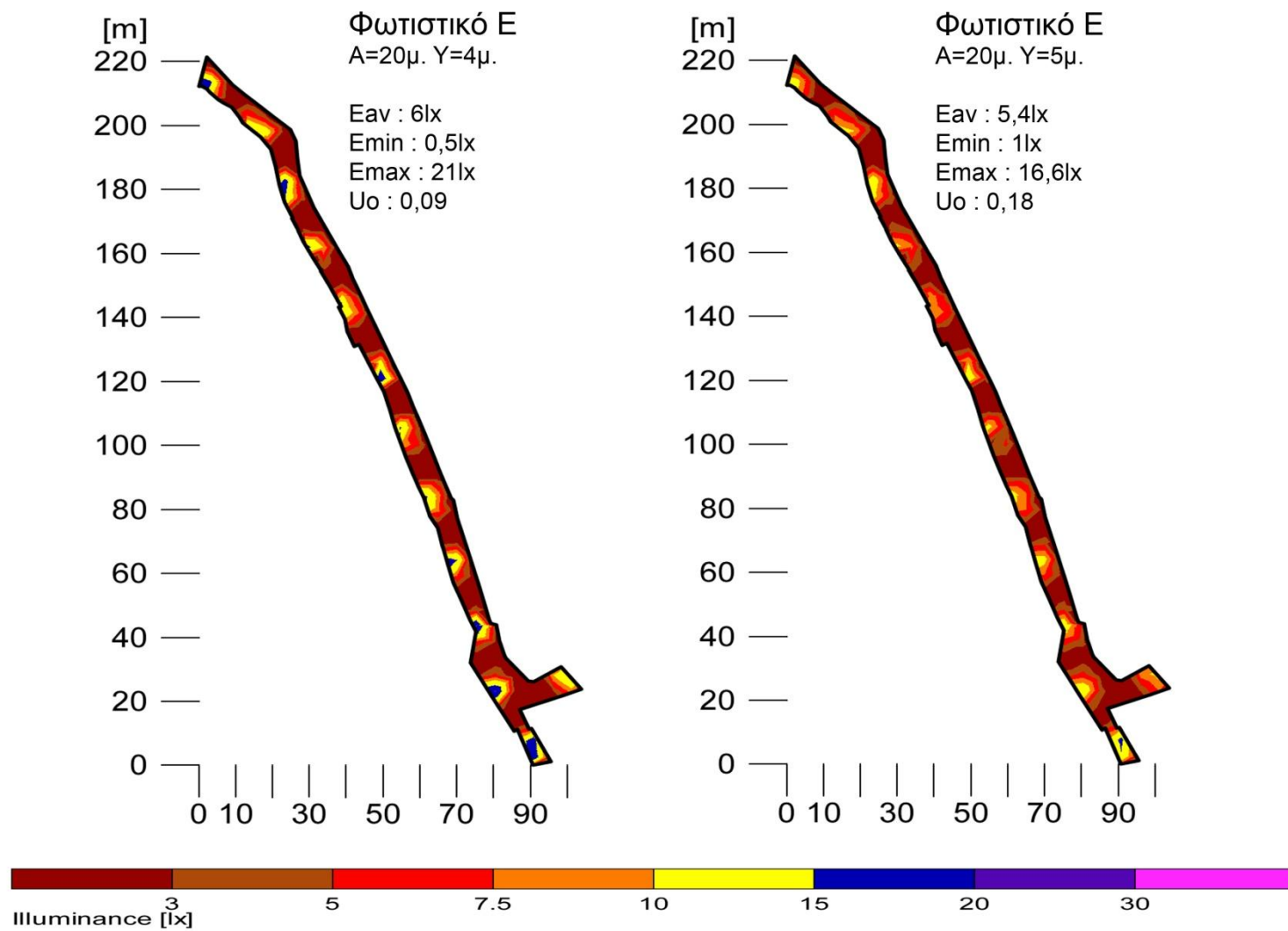


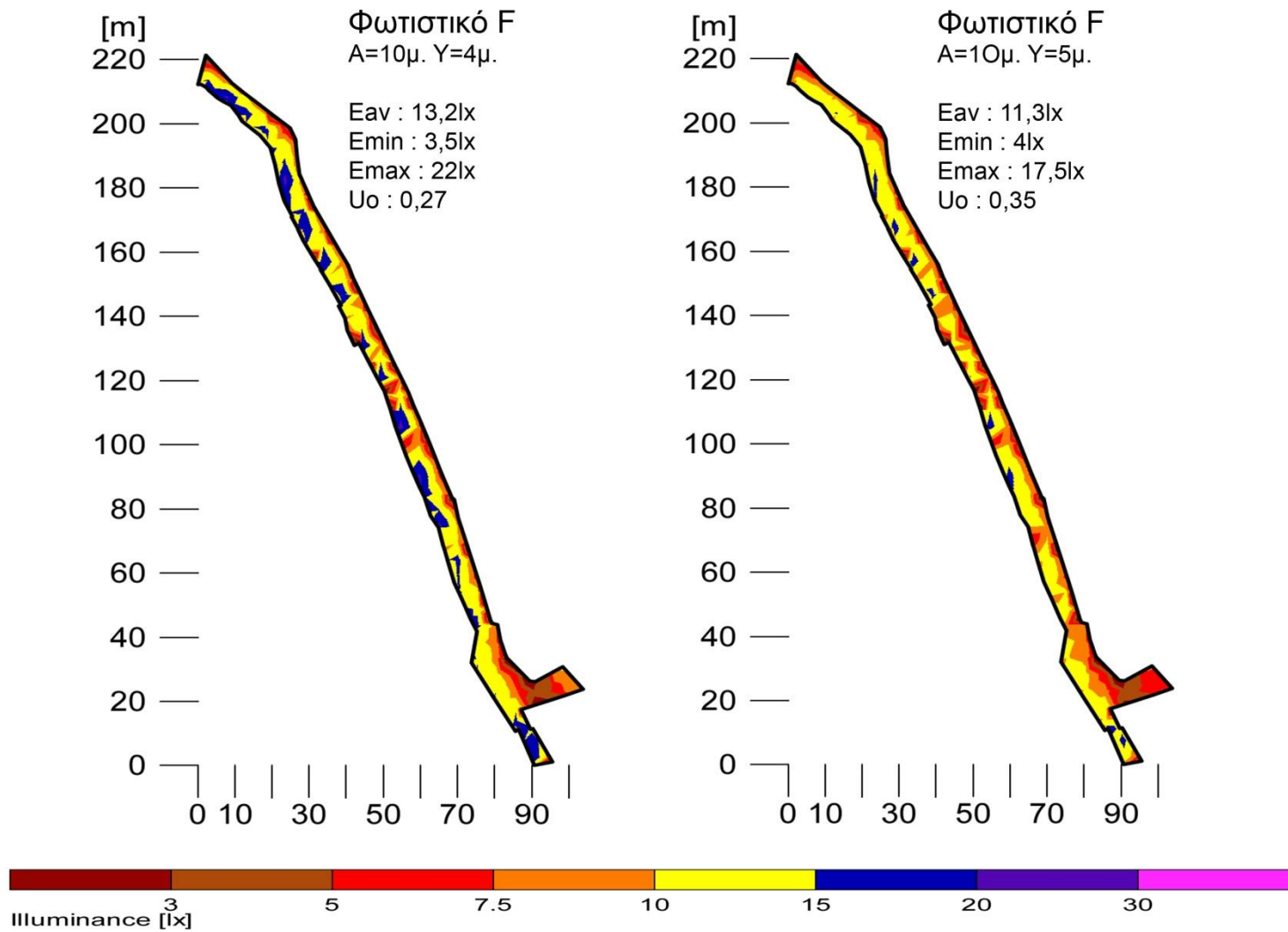




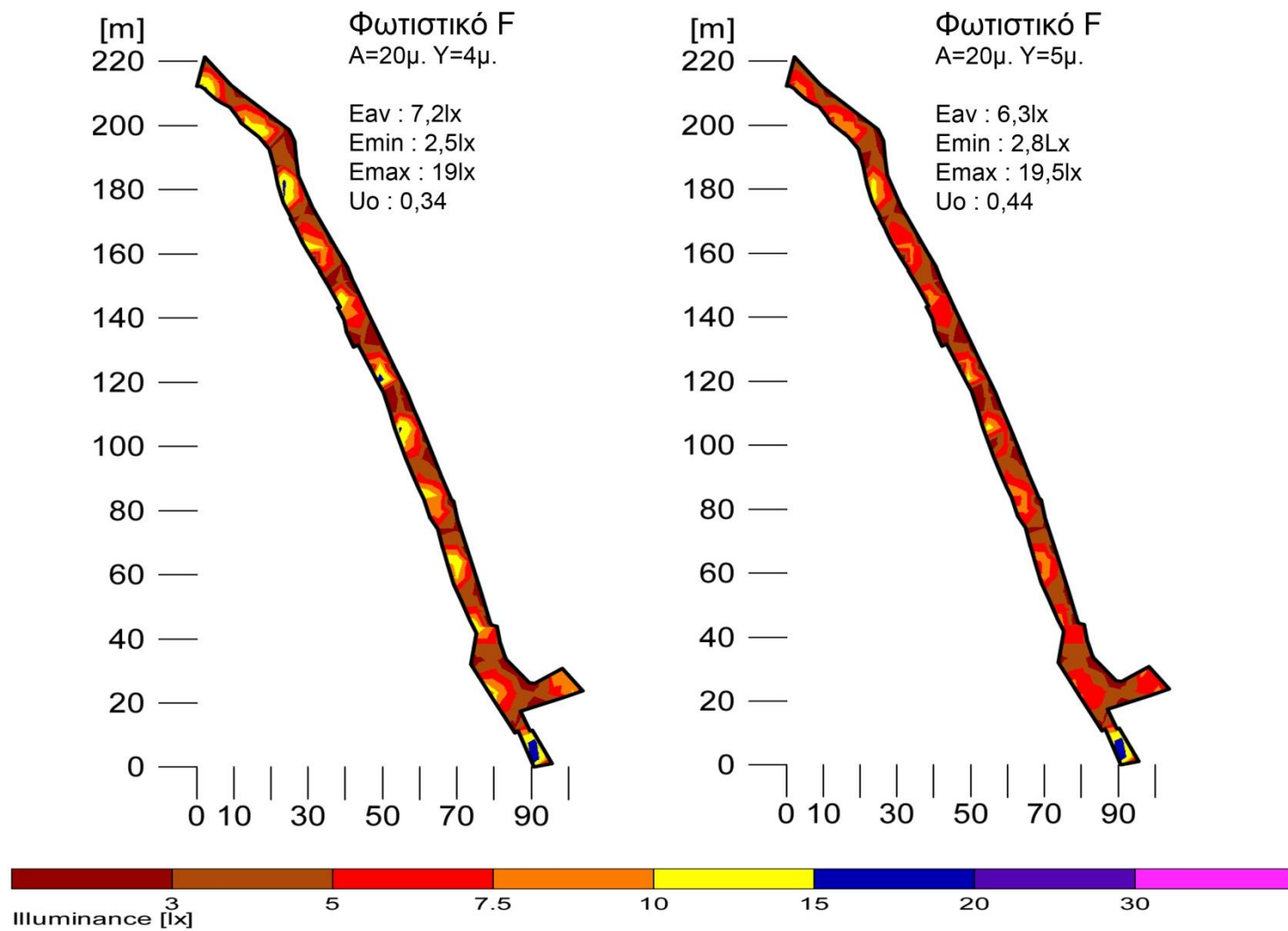




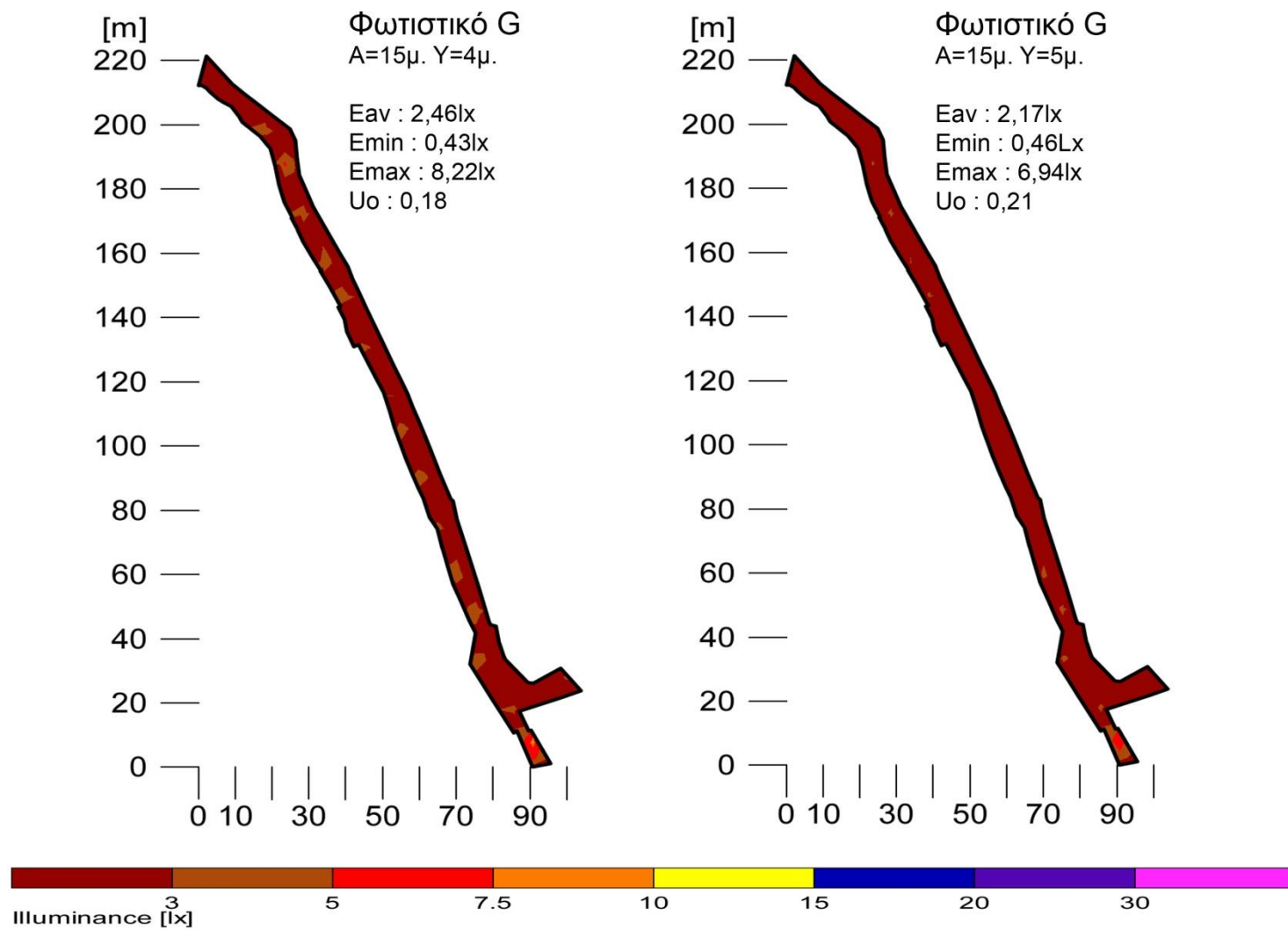














## Βιβλιογραφία

1.	Wei Luo, (2014) <i>Outdoor lighting - Mesopic photometry, adaptation conditions and user preferences in pedestrian way lighting</i> , Aalto Univeristy publication series, Doctoral dissertations 85/2014, Finland 2014. at : <a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-5723-1">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-5723-1</a> (πρόσβαση 27-8-2014)
2.	Βαλαμάκης Μάριος, (2008) «Φωτισμός δρόμων και εξοικονόμηση ενέργειας» Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, ΔΠΜΣ Παραγωγή και Διαχείριση Ενέργειας, Αθήνα
3.	Casciani Daria (2012) « <i>Atlas of Urban Lighting Experiences</i> », Πρακτικά Τρίτου Light Symposium, Professional Lighting Designers Association Vox Juventa, Wismar, Germany. At : <a href="http://dariacasciani.files.wordpress.com/2012/07/atlas-of-urban-lighting-experience-2_0_dariacasciani.pdf">http://dariacasciani.files.wordpress.com/2012/07/atlas-of-urban-lighting-experience-2_0_dariacasciani.pdf</a> (πρόσβαση 12-06-2013)
4.	Κοντορούπης Γ., Τριπιδάκης Ι., Σταματοπούλου Ε., «Φωτισμός ανάδειξης Κτιρίων και αστικών υπαίθριων χώρων», Σημειώσεις του μαθήματος "Ε. Θ Τεχνικών Εγκαταστάσεων " (6ο Εξάμηνο), Εργαστήριο Ενεργειακού και Βιοκλιματικού Σχεδιασμού, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
5.	Ηλιάδη Ιωάννου (2010), «Ο νυχτερινός φωτισμός των ιστορικών διατηρητέων κτιρίων της Καβάλας», Πρακτικά 2ου Διεθνές Συνεδρίου Βαλκανικών Ιστορικών Σπουδών με τίτλο "Η Καβάλα και τα Βαλκάνια, η Καβάλα και η Θράκη : Από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα - Ιστορία, τέχνη, πολιτισμός", Καβάλα
6.	Τσαγκρασούλης Α., (2004) «Τόμος Α : Φωτισμός» Σημειώσεις του μαθήματος "Φωτισμός και Ηλεκτρομηχανολογικές Εγκαταστάσεις" , Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Αρχιτεκτόνων, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.
7.	Α. Τσαγκρασούλης, Κ. Δράκου (2013), "Εξωτερικός φωτισμός, Βασικά μεγέθη , τεχνολογία και τεχνικές & παραδείγματα" Εντατικό Σεμινάριο Φυσικού Φωτισμού, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος
8.	Παναγάκος Παν. (2007), «Ο οδικός φωτισμός σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN 13201/2004», Δελτίο ΠΣΔΜ-Η (Πανελλήνιος Σύλλογος Διπλωματούχων Μηχανολόγων - Ηλεκτρολόγων)
9.	Τρούλης Μιχάλης (1998), «Ρέθυμνο Ιστορία - Περιήγηση - Σύγχρονη Ζωή», Εκδόσεις Μίτος
10.	Σκουτέλης Νίκος (2013), "Ο Πόλεμος Χωροτάκτης - Το δίκτυο των πόλεων - οχυρών στο κατά θάλασσαν κράτος της Βενετίας, 16ος - 17ος αιώνας" Πολιτιστικό Ίδρυμα Ομίλου Πειραιώς.
11.	Γ.Δ Ζωγράφος και Α.Μ Δέφνερ, (2009), "Μεσογειακές Πόλεις : Η Ιστορικότητα ως μέσο ανάπτυξης του Τουρισμού" Πρακτικά 2ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Πολεοδομίας, Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης. Επιμέλεια έκδοσης : Β. Κοτζαμάνης, Α. Κούγκολος, Η. Μπεριάτος, Δ. Οικονόμου, Γ. Πετράκος, Βόλος.
12.	Λεοντίδου Λίλα (2006), "Διαπολιτισμικότητα και Ετεροτοπία στο Μεσογειακό Αστικό Τοπίο : Από την αυθόρμητη αστικοποίηση στην επιχειρηματική πόλη", στο Τα νέα αστικά τοπία και η ελληνική πόλη, Επιμέλεια : Α. Γοσποδίνη, Η. Μπεριάτος, Εκδόσεις Κριτική, Αθήνα.
13.	Urban Image Lighting, Βιβλιάριο no 16 της σειράς Information on Lighting Application, εκδόσεις Fordergemeinschaft Gutes Licht (FGL)
14.	Commission Internationale de l'Eclairage. Guide to the Lighting of Urban Areas. CIE 136:2000. Vienna: CIE, 2000.
15.	Commission Internationale de l'Eclairage. Lighting in Situations Requiring Special Treatment (in Road Lighting. CIE 32:1997. Vienna: CIE, 1997
16.	Commission International de l'Eclairage, "CIE TC 4-48 'Effect of Spectral Power Distribution under mesopic conditions in residential streets and pedestrian areas,'" 2010.



17.	Παισιδης Γεώργιος (2013) «Πρακτικές βελτίωσης ενεργειακής απόδοσης του δημοτικού φωτισμού» at - <a href="http://www.stilvi.gr/wp-content/uploads/2013/02/energy-efficient-urban-lighting.pdf">http://www.stilvi.gr/wp-content/uploads/2013/02/energy-efficient-urban-lighting.pdf</a>
18.	QiFeng Li, GongXia Yang, LiHua Yu and Haicong Zhang (2006) "A survey of the luminance distribution in the nocturnal environment in Shanghai urban areas and the control of luminance of floodlit buildings" Lighting Research and Technology, Issue 38,3, pp185-189
19.	S Fotios and C Cheal, (2013), "Using obstacle detection to identify appropriate illuminances for lighting in residential roads" Lighting Research and Technology, Issue 45, p 362–376
20.	L Kuhn, M Johansson, T Laike and T Govén. (2013), " Residents' perceptions following retrofitting of residential area outdoor lighting with LEDs", " Lighting Research and Technology, Issue 45, p 568-584,
21.	A Kostic and L Djokic, (2014) , " Subjective impressions under LED and metal halide lighting, Lighting Research and Technology, Issue 46, p 293-307.
22.	K.G. Willis, N.A. Powe and G.D. Garrod (2005) <i>Estimating the Value of Improved Street Lighting: "A Factor Analytical Discrete Choice Approach"</i> Urban Studies Issue, 42: 2289-2303,
23.	M. Johansson, E. Pedersen, P. Maleetipwan-Mattsson, L. Kuhn and T. Laike, (2013) : " Perceived outdoor lighting quality (POLQ): A lighting assessment tool" Journal of Environmental Psychology, Issue 39, page 14-21.
24.	Φατσέας Γιώργος, (2014), "Φωτιστικά και Πηγές Solid State Lighting (SSL1) - Μύθοι και Πραγματικότητα", κείμενο για το διαγωνισμό ιδεών "IDEAS DESIGN COMPETITION, Indoor/Outdoor Led Luminaire 2014"
<b>Ιστογραφία</b>	
25.	E.C Europe ,(2014), " <i>Cities of Tomorrow - Investing in Europe</i> ", Major Forum , Brussels 17-18 February, 2014 at : <a href="http://ec.europa.eu/regional_policy/conferences/urban2014/index_en.cfm">http://ec.europa.eu/regional_policy/conferences/urban2014/index_en.cfm</a>
26.	LIFE 10 ENV/FR/00207 : " <i>Urban Light Plan - An innovative and sustainable plan for managing public lighting and combatting light pollution in Le Mans Métropole</i> ", 01 Sep 2011 - 30 Sep 2016 at <a href="http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&amp;n_proj_id=3954">http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&amp;n_proj_id=3954</a> (πρόσβαση 24-10-2014)
27.	European Environment Agency (2010) : " <i>The European Environment - State and Outlook 2010 - Urban Environment</i> ", Copenhagen At : <a href="http://www.eea.europa.eu/soer">http://www.eea.europa.eu/soer</a> (πρόσβαση 24-10-2014)
28.	European Commision, EC (2013) : " <i>Lighting the Cities - Accelerating the Deployment of Innovative Lighting in European Cities</i> ", Brussels at : <a href="http://cordis.europa.eu/fp7/ict/photronics/docs/ssl-cip/lighting-the-cities_en.pdf">http://cordis.europa.eu/fp7/ict/photronics/docs/ssl-cip/lighting-the-cities_en.pdf</a>
29.	Νίκος Ι. Δερεδάκης « <i>Το Τούρκικο Σχολείο - Αρχαιολογικοί χώροι στο Ρέθυμνο</i> » at : <a href="http://www.rethimno.gr/el/pages/school.php?sub=school">http://www.rethimno.gr/el/pages/school.php?sub=school</a>
30.	Πατσουμάς Γιώργος, (2010)« <i>Αστικές αναπλάσεις στην πόλη του Ρεθύμνου</i> », Μεταπτυχιακή Σπουδαστική Εργασία στα πλαίσια του μαθήματος "Προσεγγίσεις του σχεδιασμού στην Ελλάδα" Υπεύθυνοι διδάσκοντες : Σεργάος Κ., Βασενχόβεν Λ., Θεοδώρα Γ., Μελισσάς Δ. Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών • Πολεοδομία Χωροταξία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. at : <a href="http://www.courses.arch.ntua.gr/fsr/134549/Patsoumas.pdf">http://www.courses.arch.ntua.gr/fsr/134549/Patsoumas.pdf</a>
31.	J. Decuypere, J. Capron, M.Renglet, (2009) " <i>Influence of Mesopic Lighting Conditions on Pedestrian Visual Field in Urban Environment</i> " , Lux Europa 2009 – 11th European Lighting Conference, Istanbul, 2009, pp. 1177-1182

	at: <a href="http://www.academia.edu/762169/Influence_of_Mesopic_Lighting_Conditions_on_Pedestrian_Visual_Field_in_Urban_Environment">http://www.academia.edu/762169/Influence_of_Mesopic_Lighting_Conditions_on_Pedestrian_Visual_Field_in_Urban_Environment</a> (πρόσβαση 12-09-2014).
32.	Ακριβού Αναστασία, (2010), "Το φυσικό φώς στο μουσείο - Ανάλυση και μελέτη συστήματος φωτισμού σε εκθεσιακό χώρο" Ερευνητικό θέμα, Επιβλέπων Καθηγητής : Άρης Τσαγκρασούλης, Τμήμα Αρχιτεκτόνων Μηχανικών - Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας at : <a href="http://www.flashlight.gr/images/news/100927_a.akrivos_meros1.pdf">http://www.flashlight.gr/images/news/100927_a.akrivos_meros1.pdf</a>
33.	Θεοφιλίδη Μυρτώ, (2013), "Τομείς εφαρμογής ενεργειακά αποδοτικών δημόσιων προμηθειών, Φωτισμός - ηλεκτρονικός εξοπλισμός γραφείου" Ενημερωτικό Σεμινάριο «Ο ρόλος του ιδιωτικού τομέα στην αναβάθμιση των δημοσίων προμηθειών με ενεργειακά αποδοτικά προϊόντα και υπηρεσίες» Επιμελητήριο Κυκλάδων, Ερμούπολη, Σύρος, Τετάρτη, 10 Απριλίου 2013 at : <a href="http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/effect_syros/4_lighting_IT_Theofilidi_syros-training.pdf">http://www.cres.gr/kape/publications/pdf/effect_syros/4_lighting_IT_Theofilidi_syros-training.pdf</a>
34.	Κοντορήγας Θεόδωρος, (2011) "Φωτισμός προσόψεων στο νυχτερινό αστικό τοπίο", περιοδικό Building Green. at : <a href="http://buildinggreen.gr/articles/%CE%AC%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%B1/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CE%B4%CE%B5%CE%B9%CE%BE%CE%B7%CF%82-%CF%8C%CF%88%CE%B5%CF%89%CE%BD-%CF%83%CF%84%CE%BF-%CE%BD%CF%85%CE%BA%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9/">http://buildinggreen.gr/articles/%CE%AC%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%B1/%CF%86%CF%89%CF%84%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82-%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CE%B4%CE%B5%CE%B9%CE%BE%CE%B7%CF%82-%CF%8C%CF%88%CE%B5%CF%89%CE%BD-%CF%83%CF%84%CE%BF-%CE%BD%CF%85%CE%BA%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%B9/</a>
35.	Ζήβας Δ.Α, Μαϊστρου Ε., Κελέκης Σ., Ψύχης Φ., Παρασκευόπουλου Α., Ρήγα Α.(1998) " Ρέθυμνο, Λειτουργική φυσιογνωμία και προστασία της παλιάς πόλης" Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. at : <a href="http://www.rethymno.gr/files/1/305/eretiymno.doc?rnd=1191502966">www.rethymno.gr/files/1/305/eretiymno.doc?rnd=1191502966</a>
36.	Χρησιτίδης Χ., " Βελτίωση Ενεργειακής Απόδοσης στον Φωτισμό καταστημάτων λιανικής - Ενίσχυση της ανταγωνιστικότητάς τους" at : <a href="http://www.oikologos.gr/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=1445:0540&amp;catid=39:renewable&amp;Itemid=203">http://www.oikologos.gr/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=1445:0540&amp;catid=39:renewable&amp;Itemid=203</a>
37.	Δρακόπουλος Πάνος (2012), «Σημειώσεις για το μάθημα "Εργονομία και φωτισμός περιβάλλοντος" του Ζ' εξαμήνου των φοιτητών του Τμήματος Οπτικής και Οπτομετρίας της Σχολής Επαγγελματιών Υγείας και Πρόνοιας ΤΕΙ Αθήνας» at: <a href="http://users.teiath.gr/pdrak/notes/environment.pdf">http://users.teiath.gr/pdrak/notes/environment.pdf</a>
38.	Elke den Queden, Rianne Valkenburg, (2014), Vision and roadmap urban lighting, Eindhoven 2030, Research Results, Eindhoven University of Technology LightHouse / Intelligent Lighting Institute at: <a href="http://www.eindhoven.nl/inwonersplein/leefomgeving/slim-licht.htm">http://www.eindhoven.nl/inwonersplein/leefomgeving/slim-licht.htm</a>