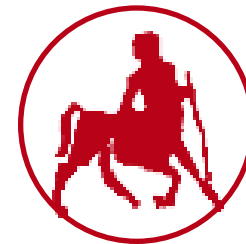


ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Α. Τσαγκρασούλης, Κ. Δράκου
Τμ. Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας



Ο σκοπός της συγκεκριμένης –χρονικά σύντομης- παρουσίασης είναι να παρουσιάσει

βασικές γνώσεις σε μεγέθη και τεχνικές που σχετίζονται με τον εξωτερικό φωτισμό , χρησιμοποιώντας κριτήρια είτε ευρωπαϊκών οδηγιών είτε οδηγών καλής εφαρμογής.

**Η μικρή θεωρητική ανάλυση συνοδεύεται και απο τη χρήση λογισμικού
ώστε να εξετασθούν παραδείγματα**

- **Εξωτερικός φωτισμός και αστικοποίηση συνδέονται άμεσα παρουσιάζοντας ταυτόχρονη ανάπτυξη.**
- **Είναι ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα της ανάπτυξης σε σχέση με την ιδέα της νεωτερικότητας.**
- **Το 72 % του πληθυσμού στην Ευρώπη ζεί σε αστικές περιοχές¹ με σημαντική χρονικά επέκταση των δραστηριοτήτων μετά τη δύση του ήλιου (όχι χωρίς προβλήματα!).**
- **Ο δημόσιος φωτισμός² αντιπροσωπεύει 60% της δαπάνης ηλεκτρισμού στις πόλεις**

Διατήρηση της ταυτότητας της πόλης

Περιβάλλον

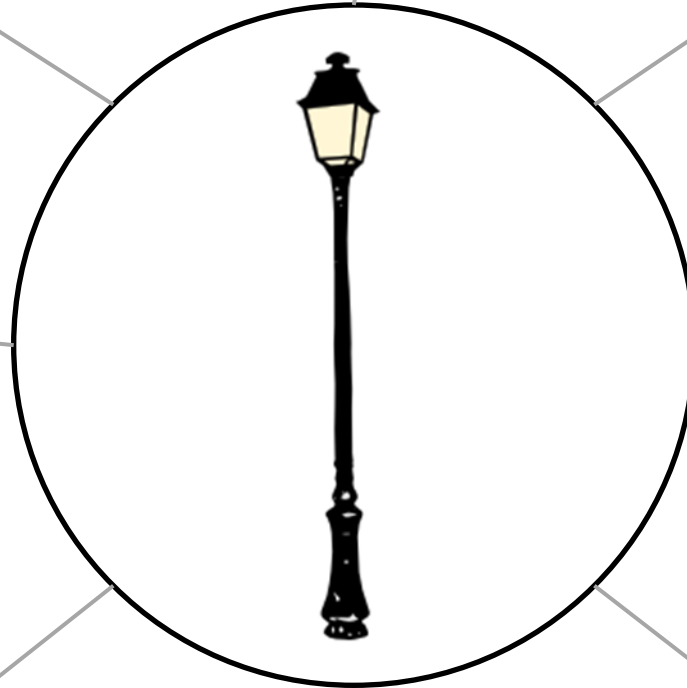
Αισθητική

Ενέργεια

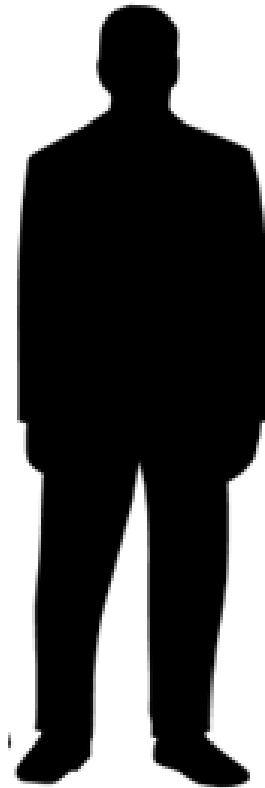
Οπτική άνεση

Υγεία

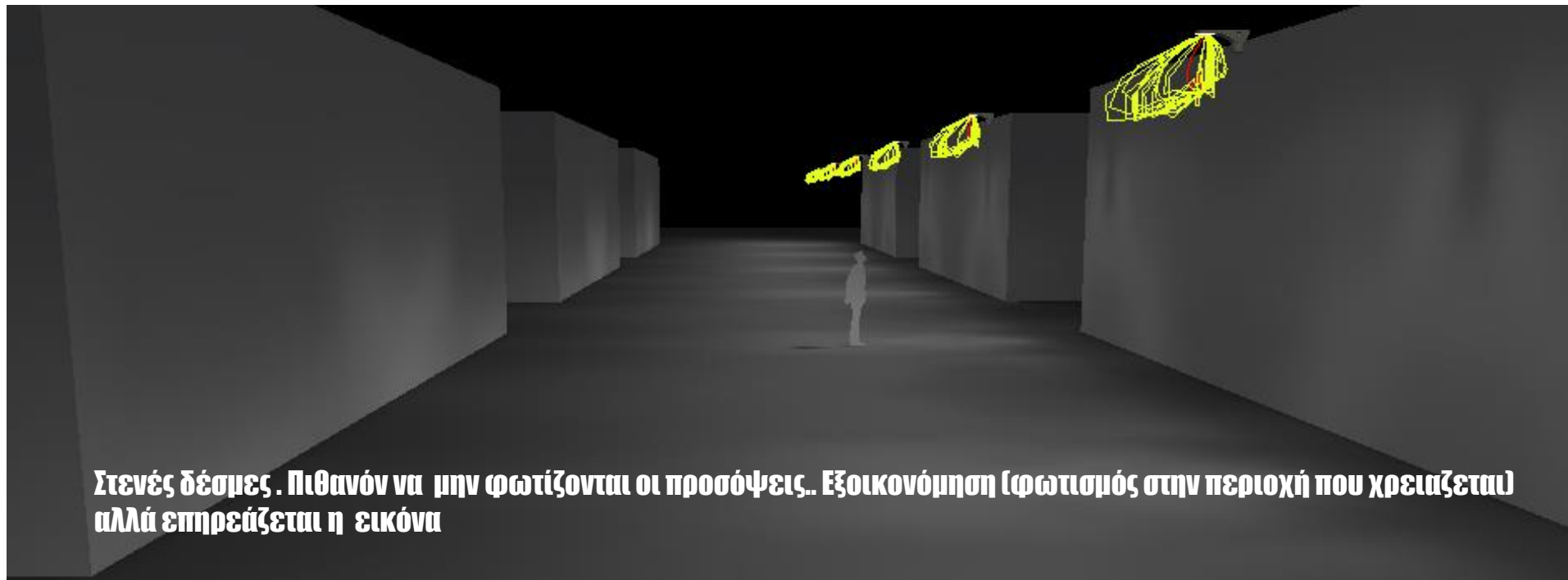
Ασφάλεια



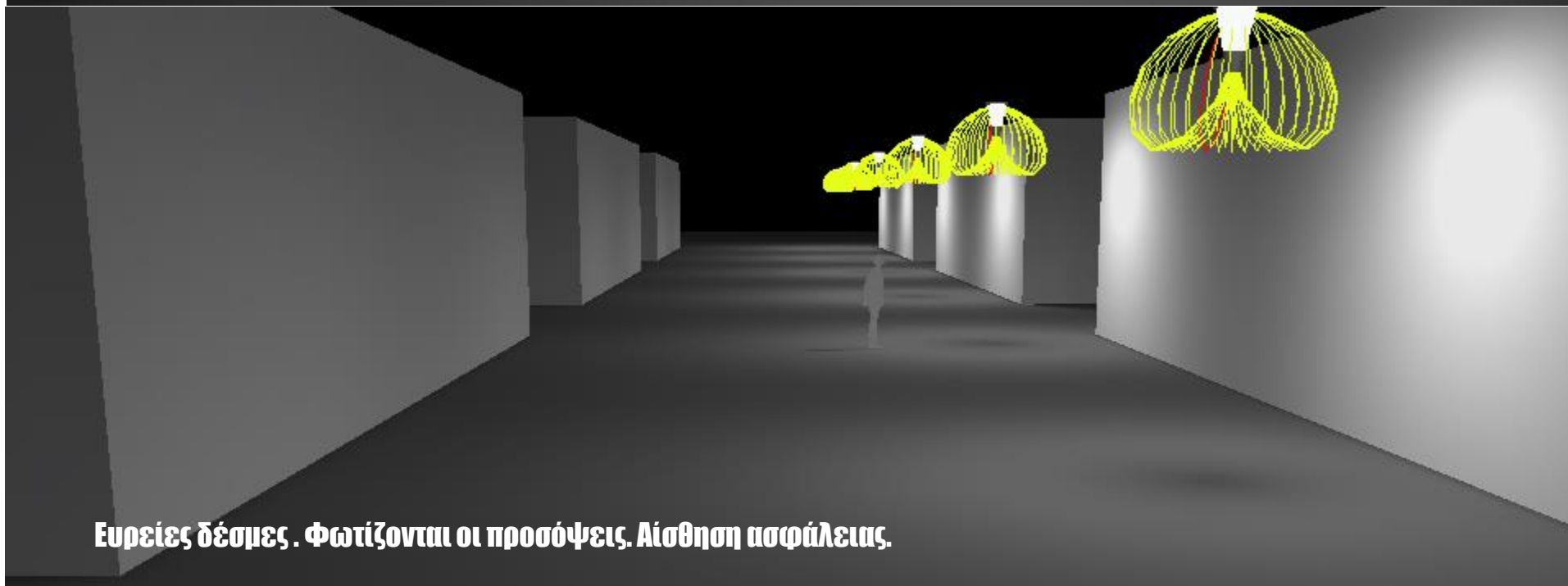
**Επιστημονικά
δεδομένα**



**Πρακτικές σχεδιασμού
(ισχυρή υποκειμενικότητα)**



Στενές δέσμες . Πιθανόν να μην φωτίζονται οι προσόψεις.. Εξοικονόμηση (φωτισμός στην περιοχή που χρειάζεται) αλλά επηρεάζεται η εικόνα



Ευρείες δέσμες . Φωτίζονται οι προσόψεις. Αίσθηση ασφάλειας.



Χαμηλής πίεσης νατρίου

**Οι κάθετες επιφάνειες φωτίζονται
λόγω της φωτομετρική σκατονομής
του φωτιστικού**

CITY MARKETING LIGHTING MASTER PLAN

Δημιουργία διαδρομών σύνδεσης

ιστορικών κτηρίων, χαρακτηριστικών τοπόσημων, δημόσιων χώρων κλπ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

SMART LIGHTING



Αισθητήρας φωτισμού



Ασύρματη σύνδεση



Μεγάφωνο



Αισθητήρες εγγύτητας



Μετάδοση πληροφοριών

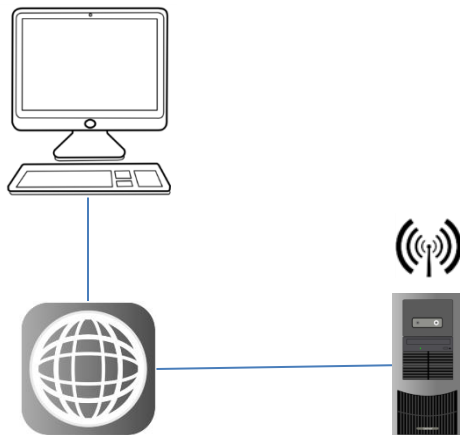


Δυνατότητα αλληλεπίδρασης

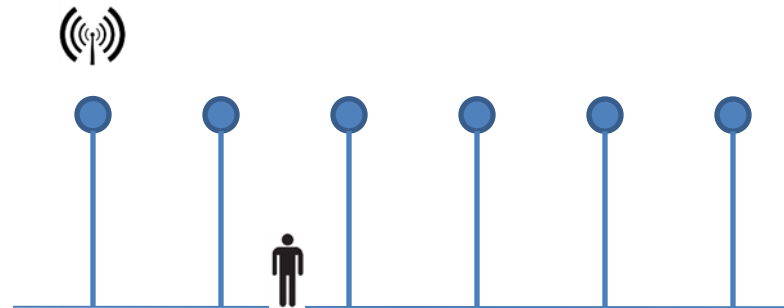


SMART LIGHTING

Κεντρική στρατηγική ελέγχου



Ρύθμιση φωτεινής ροής (λόγω παρουσίας, φυσικού φωτισμού κλπ)



**Ανάλογα με το είδος του έργου τα κριτήρια
Μπορεί να διαφοροποιηθούν, δηλ. σε μερικές περιπτώσεις
Απαιτείται η ικανοποίηση κριτηρίων:**

- 1. Είτε έντασης φωτισμού (π.χ. 2-30 lux)**
- 2. Είτε λαμπρότητας (π.χ. 0.3-2 cd/m²)**

**Και φυσικά κριτηρίων που βασίζονται στην ομοιομορφία ,
θάμβωση , αναγνώριση προσώπων**

ΕΥΡΕΙΑ ΓΚΑΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

ΑΛΟΓΟΝΟΥ

ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ

ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΝΑΤΡΙΟΥ

ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΝΑΤΡΙΟΥ

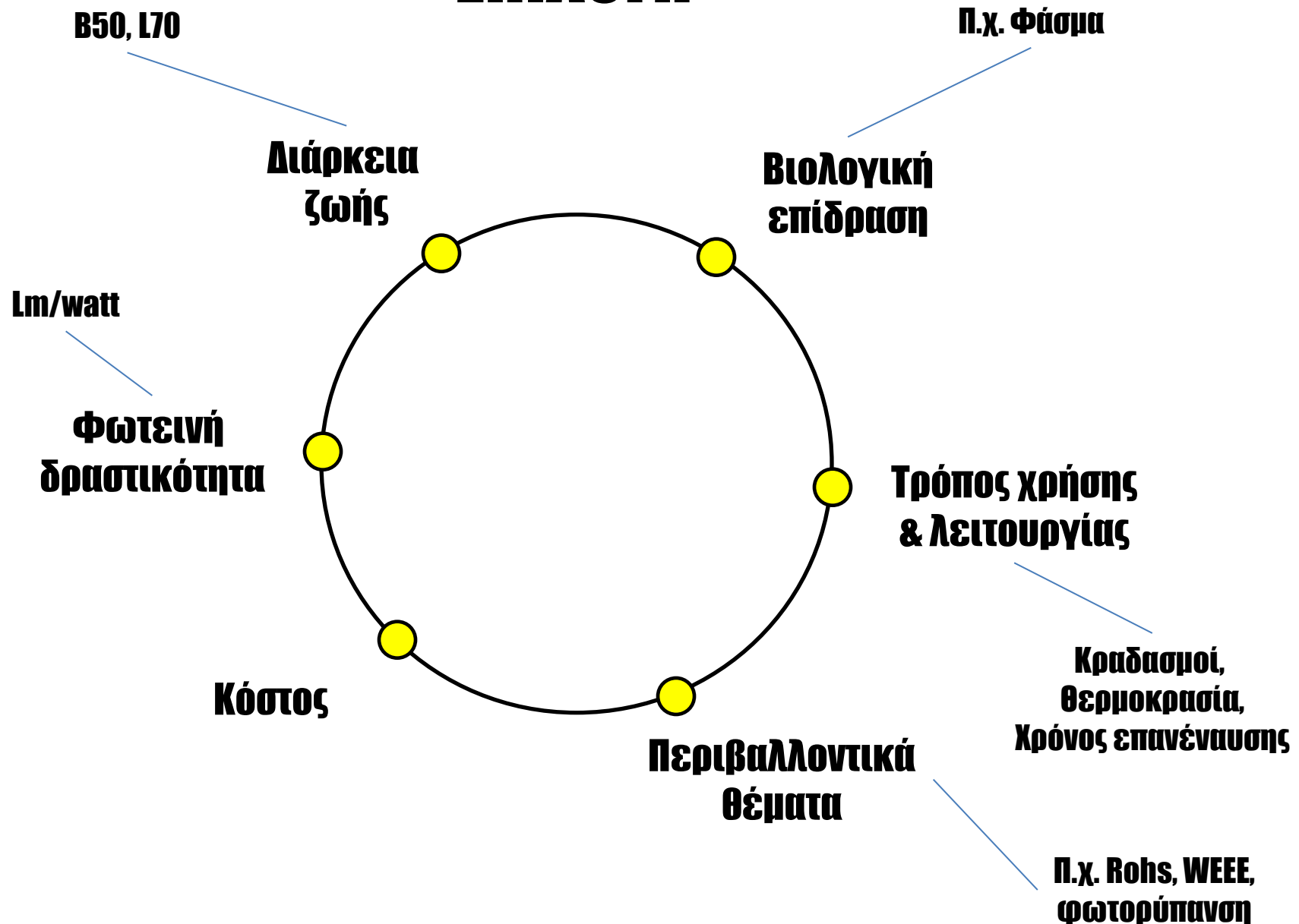
ΑΛΟΓΟΝΙΔΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥ (quartz-ceramic, switch-pulse start, dim)

ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ

ΕΠΑΓΩΓΗΣ

LED

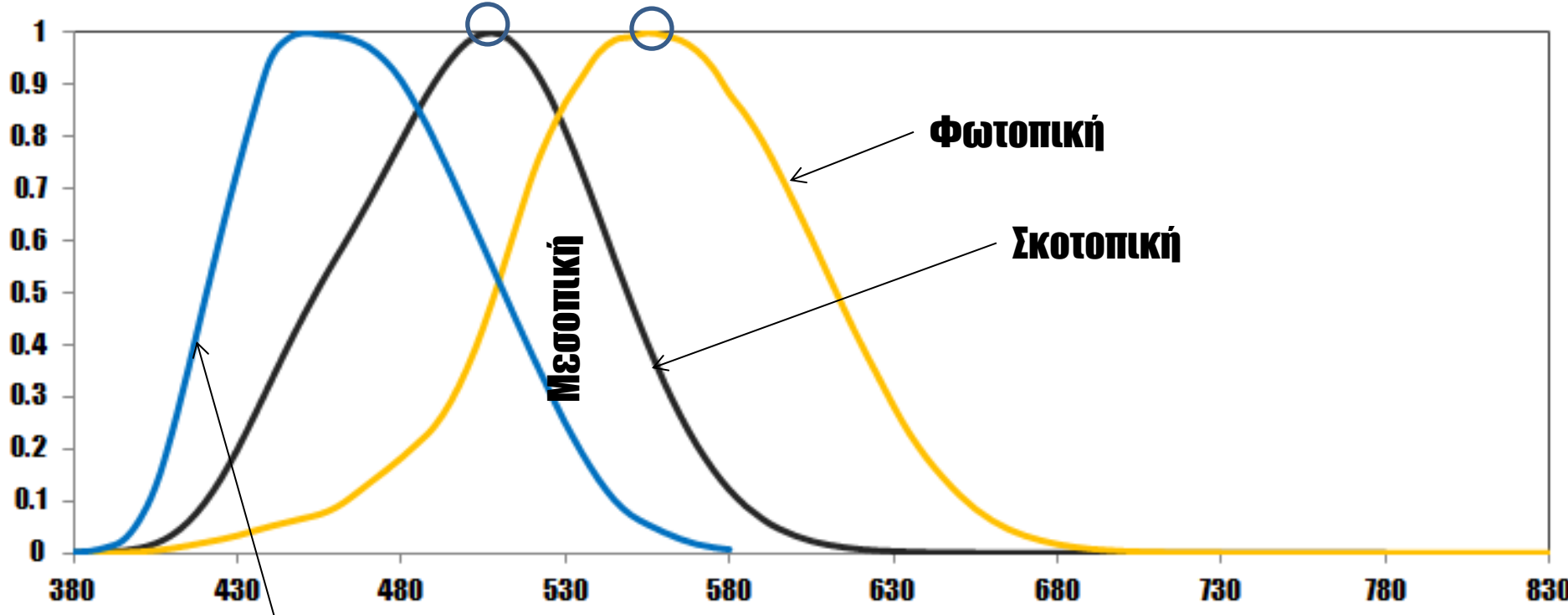
ΕΠΙΛΟΓΗ



ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Διαφοροποίηση φασματικής ευαισθησίας

Μετατόπιση Purkinje



Action spectra¹

¹ DIN V 5031-100:2009, «Optical radiation physics and illuminating engineering - Part 100: Non-visual effects of ocular light on human beings - Quantities, symbols and action spectra»)

ΠΗΓΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

Ίδια φωτεινή ροή απο τα φωτιστικά (με όμοια φωτομετρική κατανομή) προκαλούν την ίδια αίσθηση φωτεινότητας; Όχι γιατί η καμπύλη φασματικής ευιασθησίας είναι διαφορετική (φωτοπτική – σκοτοπική). Όσο μεγαλύτερος ο λόγος (S/P, scotopic/photopic) τόσο η λαμπρότητα αντικειμένων στο οπτικό πεδίο φαίνεται μεγαλύτερη σε συνθήκες πολυ χαμηλού φωτισμού.

Ο λόγος αυτός εξαρτάται απο την φασματική κατανομή και όχι απο μια απλή σχέση με την θερμοκρασία χρώματος. Π.χ. Υπάρχουν LEDs με την ίδια θερμοκρασία χρώματος αλλα πολύ διαφορετική τιμή του S/P

Ενδεικτικοί λόγοι S/P

Χαμηλής πίεσης νατρίου → 0.25,

Warm White LED → 1.2 ,

Cool white LED → 2.04

ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΑΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΕΣ

- ✓ **Συμμόρφωση με οδηγίες Rohs, WEEE**
 - ✓ **π.χ. Στον LEED-EB → ρg Hg/lmh**
 - ✓ **Έκθεση σε UV**
 - ✓ **Επίδραση θερμοκρασίας**
- ✓ **Δυνατότητα ρύθμισης της φωτεινής ροής (μέχρι ποιο ποσοστό;)**
- ✓ **Δυνατότητα να αντικαταστήσει άλλο τύπο (λυχνιολαβές κλπ)**
 - ✓ **Ενεργειακή κατάταξη π.χ. A+**
 - ✓ **Χρόνος επανέναυσης**

Υψηλής πίεσης νατρίου



Αλογονιδίων μετάλλων



Φωτιστικά : ανακλαστήρες



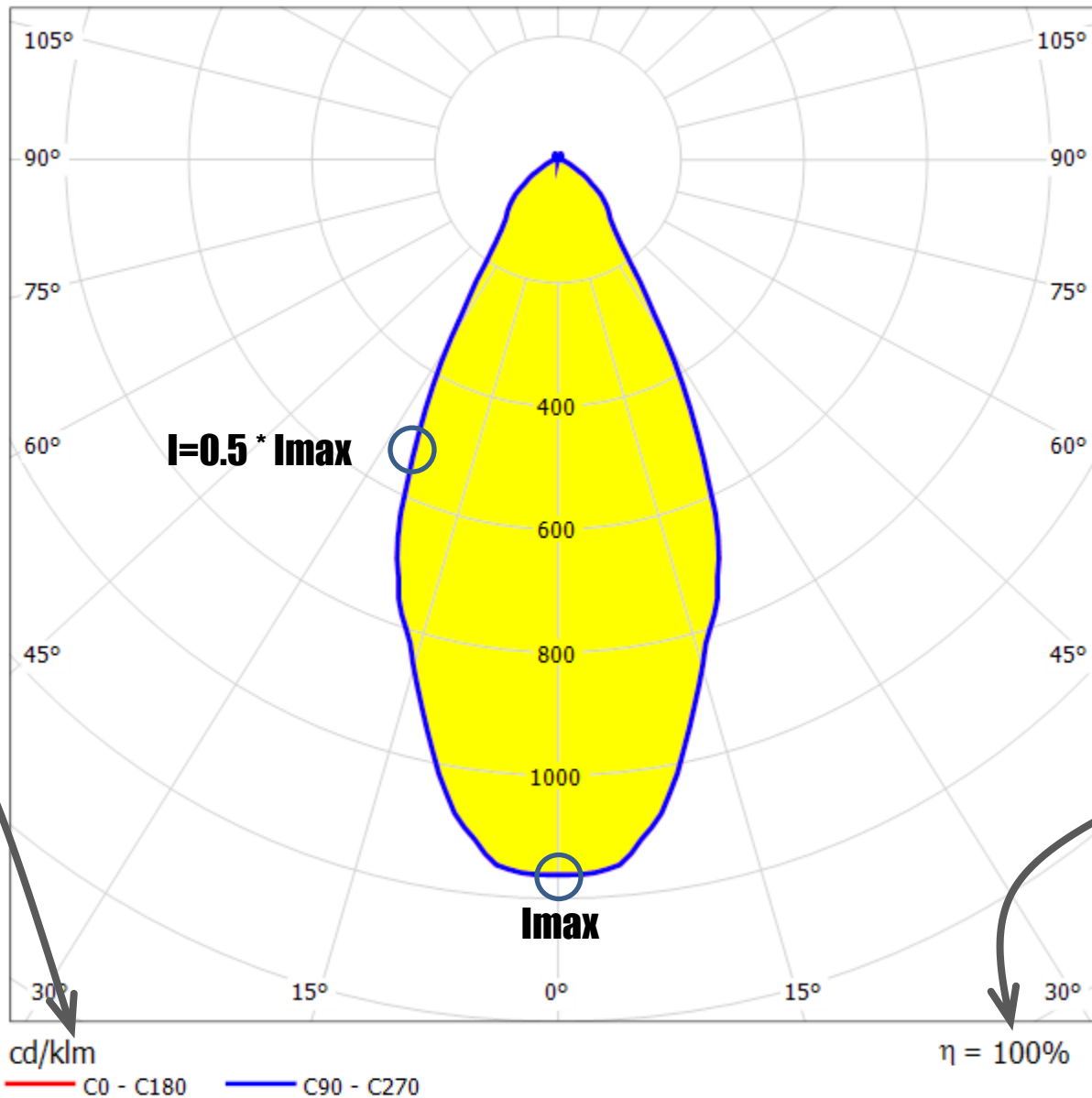
LED

Φωτιστικά : ανακλαστήρες

Γιατί δεν είναι επίπεδος
ο ανακλαστήρας;



Φωτιστικά



Οι εντάσεις
στα διαγράμματα
είναι
στα 1000 lumen

Απόδοση
(γιατί είναι 100%;)

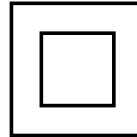
Φωτιστικά



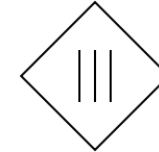
Class 0



Class 1



Class 2



Class 3

Electrical protection

IP XX

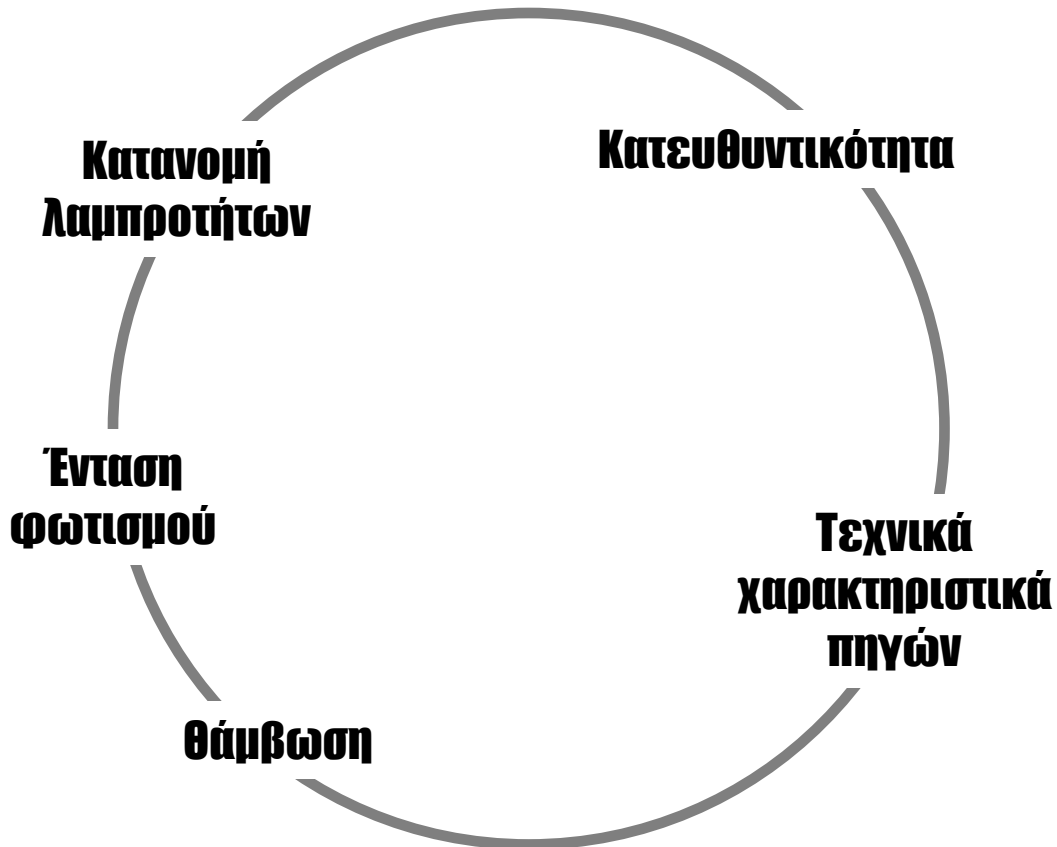
Βαθμός προστασίας απο σκόνη, υγρασία, π.χ. IP 55

IK XX

Βαθμός προστασίας σε κρούση , π.χ. IK 05

EN 12464-2 «Lighting of work places – Part 2: Outdoor work places»

Καθορίζει τα βασικά μεγέθη που επηρεάζουν τον σχεδιασμό σε μια προσπάθεια να εξασφαλισθεί η οπτική άνεση / απόδοση / ασφάλεια



EN 12464-2 «Lighting of work places – Part 2: Outdoor work places»

Παράδειγμα : Χώροι στάθμευσης

Ένταση φωτισμού
συντήρησης

Ομοιομορφία
(MIN/AVERAGE)

Βαθμός θάμβωσης

Δείκτης χρωματικής
απόδοσης

Δραστηριότητα	E_{m} (Lux)	U_0	GR_1	R_a	Παρατηρήσεις
Ελαφρύς κυκλοφοριακός φόρτος: χώροι στάθμευσης μικρών κινησιμίων, κιτοικιών	5	0.25	55	20	

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (Maintenance Factor, MF)

$$E_m = E_{\text{initial}} * MF$$

**Αν ζητάμε $E_m = 10 \text{ lux}$
και $MF = 0.7$ τότε όταν λειτουργήσει
αρχικά το σύστημα θα έχουμε 14 lux**

ΓΙΑΤΙ ;

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (Maintenance Factor, MF)



«Γήρανση» λαμπτήρων, **LLMF**



Δυσλειτουργία λαμπτήρων, **LSF**



Μείωση απόδοσης φωτιστικών (συγκέντρωση σκόνης), **LMF**



Μείωση ανακλαστικότητας επιφανειών χώρου, **RMF**

$$\mathbf{MF = LLMF \times LSF \times LMF \times SMF}$$

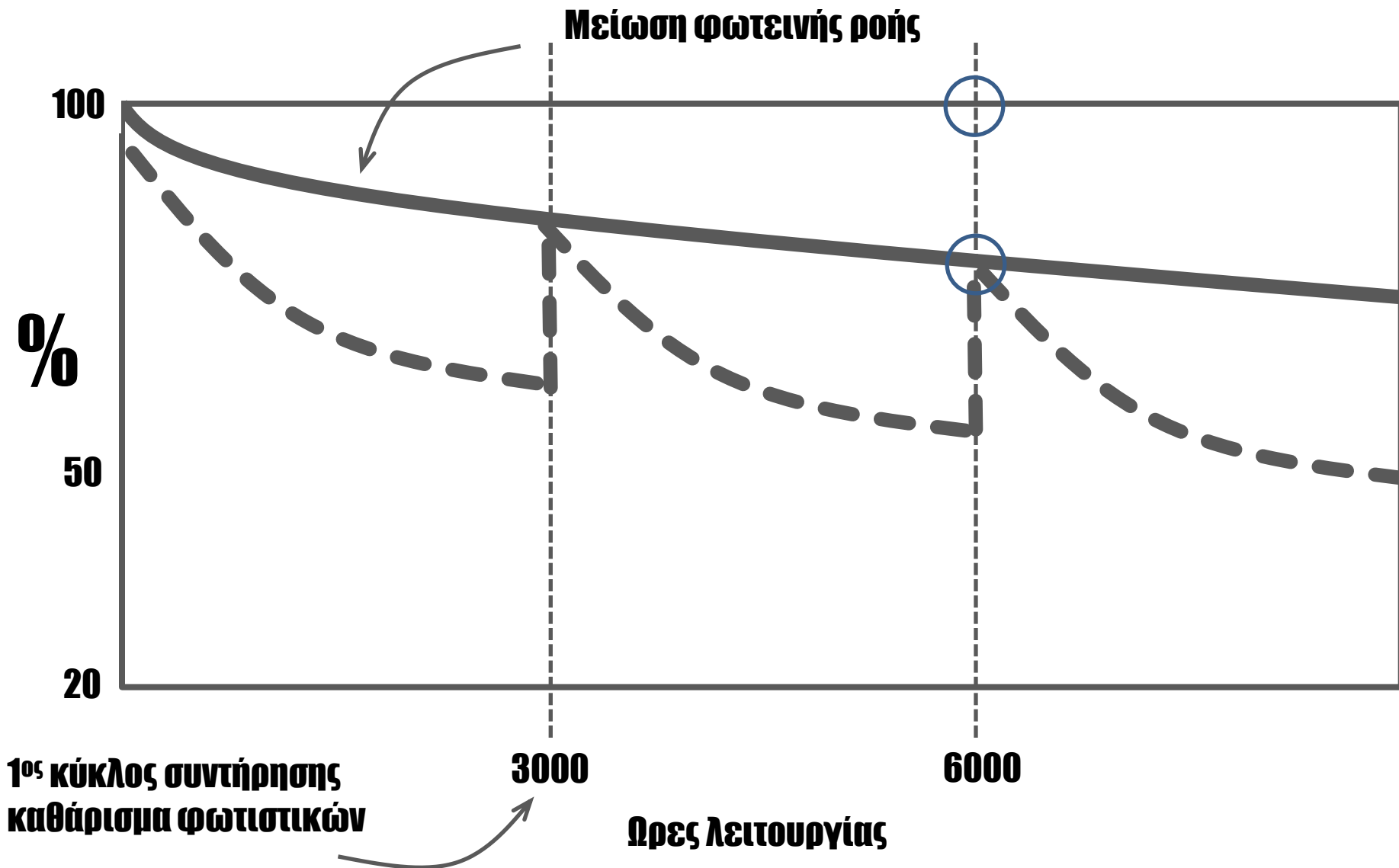
Lamp Lumen Maintenance Factor → LLMF

Lamp Survival Factor → LSF

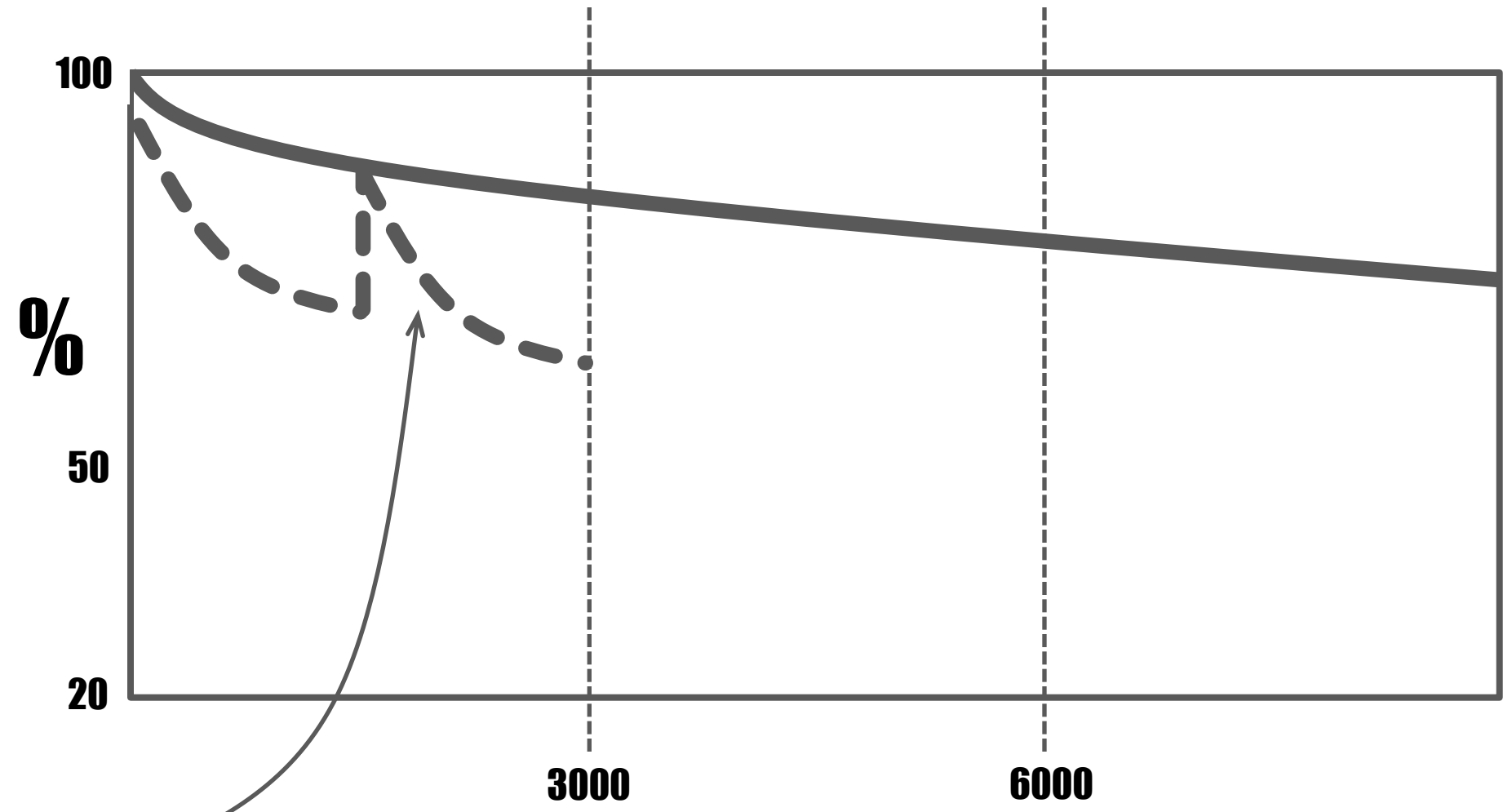
Luminaire Maintenance Factor → LMF

Surface Maintenance Factor → SMF

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (Maintenance Factor, MF)



ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (Maintenance Factor, MF)

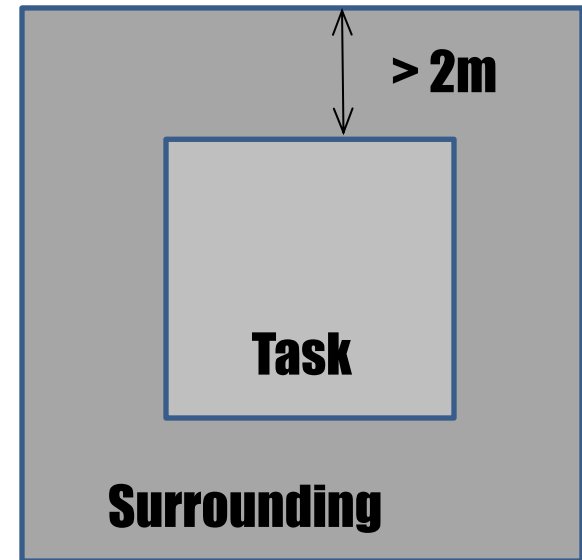


1ος κύκλος συντήρησης
Μείωση χρονικού διαστήματος καθαρισμού

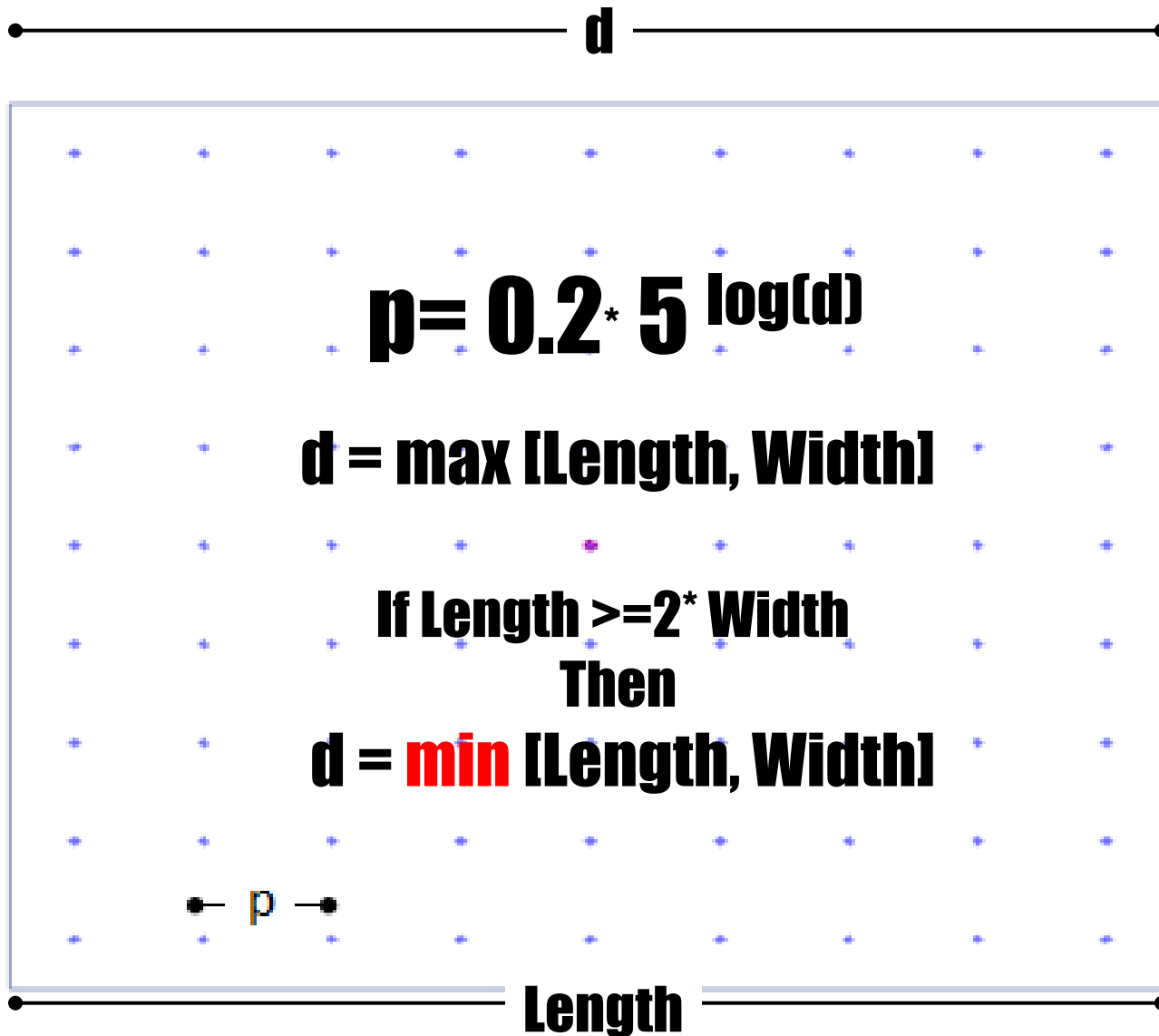
Ωρες λειτουργίας

Διαχωρισμός απαιτήσεων ανάμεσα σε επιφάνεια εκτέλεσης έργου και περιβάλλουσα επιφάνεια

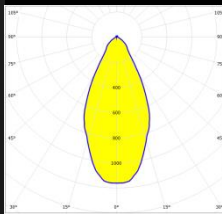
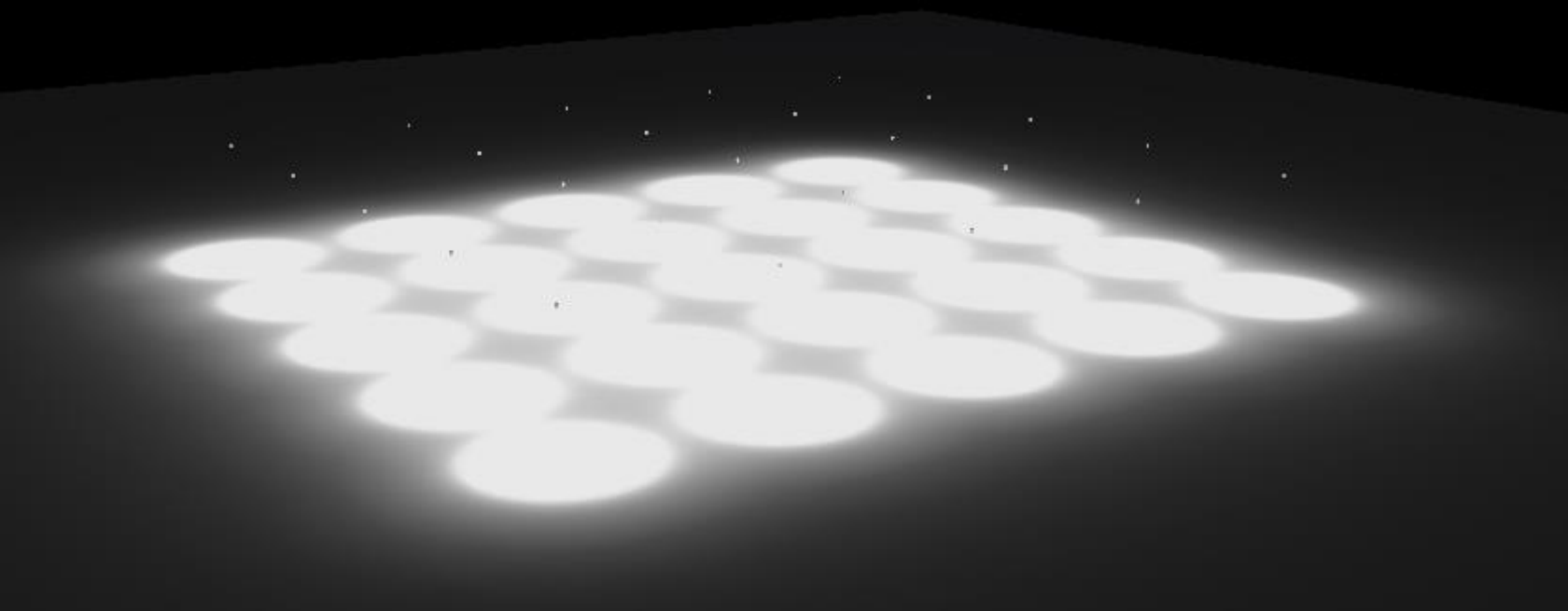
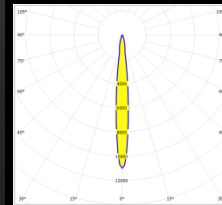
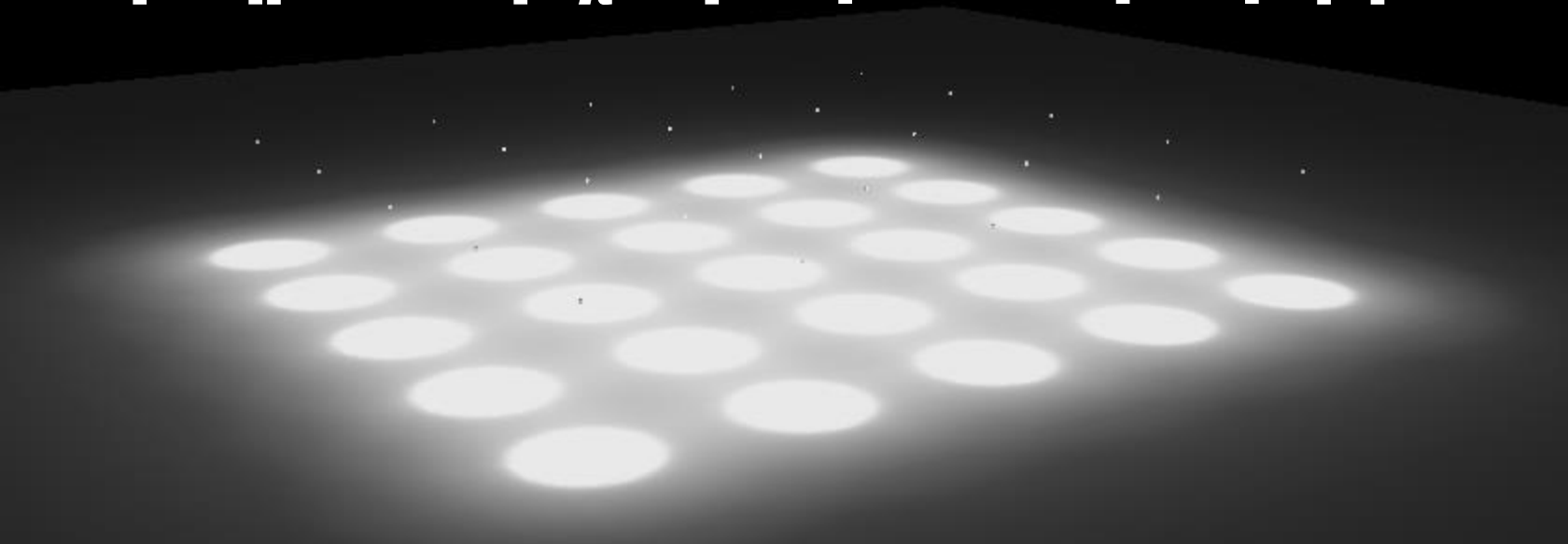
Task area	Surrounding area
≥ 500 lux	100 lux
300 lux	75 lux
200 lux	50 lux
150 lux	30 lux
$50 \leq \dots \leq 100$ lux	20 lux
< 50 lux	-
	$U_0 \geq 0.1$



Κάνναβος υπολογισμού

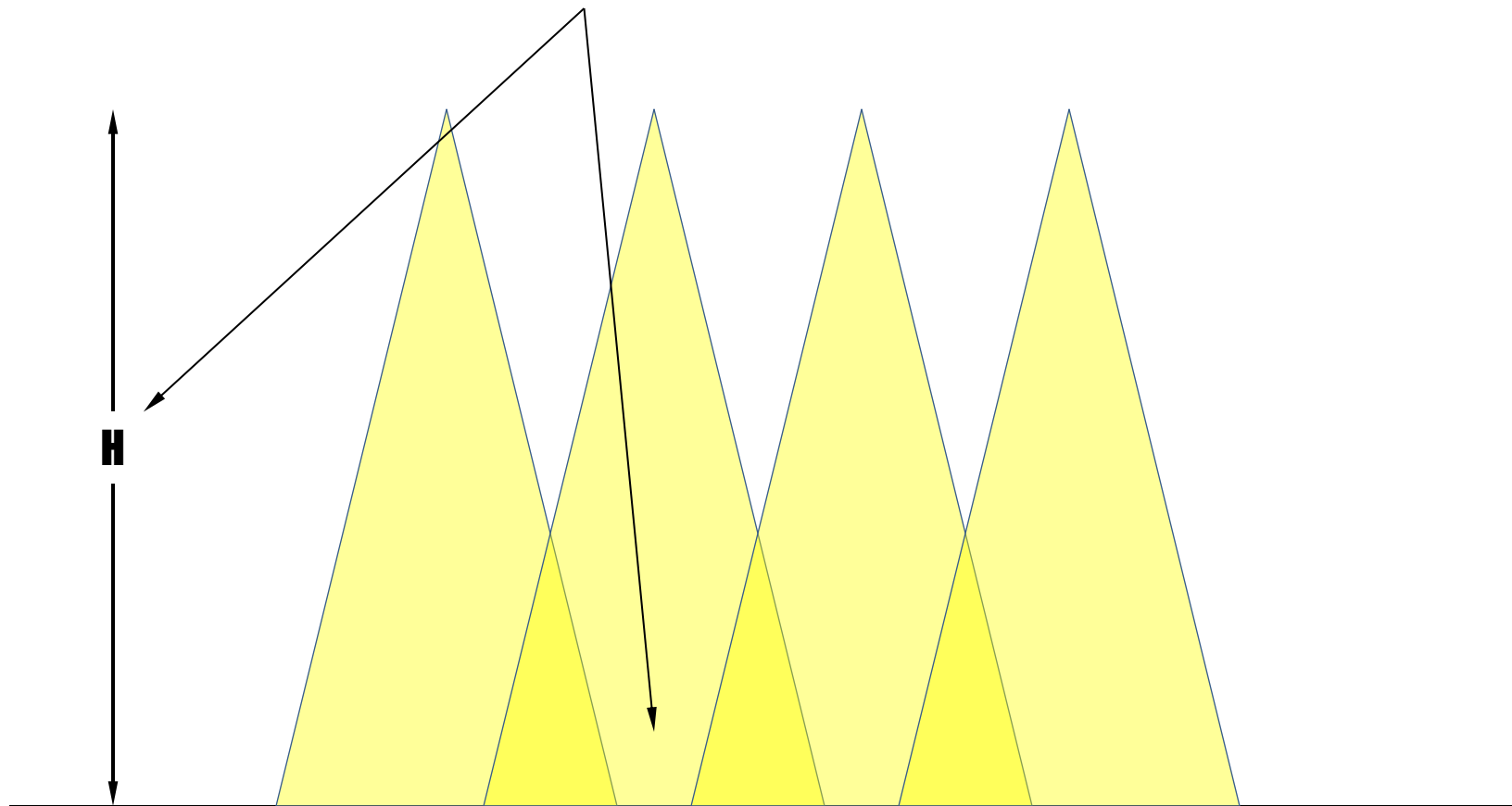


Παρατηρείστε τη σχέση ανέμεσα σε ομοιομορφία και δέσμη

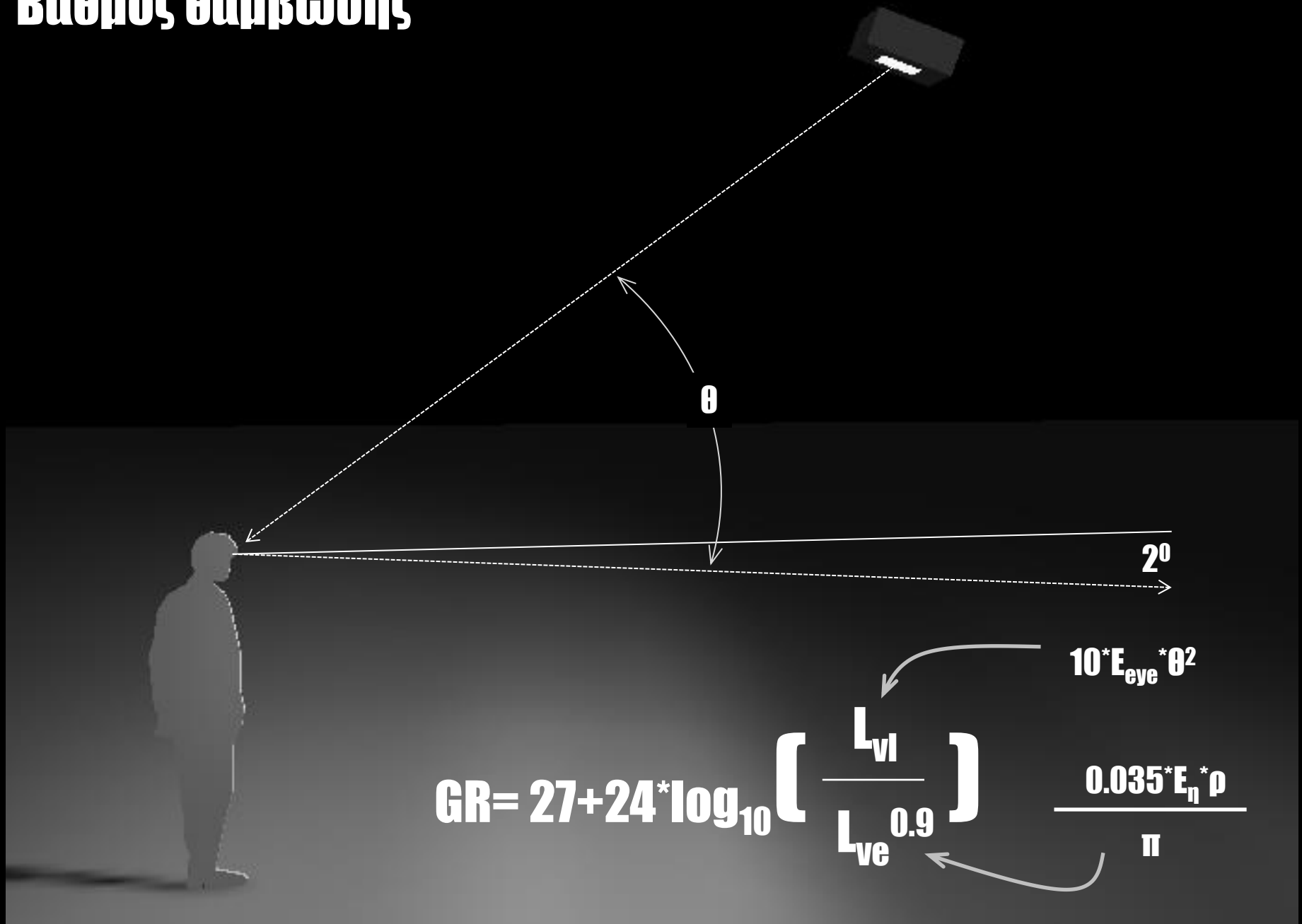


Παρατηρείστε τη σχέση ανέμεσα σε ομοιομορφία και δέσμη

**Η αύξηση του ύψους βελτιώνει την ομοιομορφία
(και φυσικά μειώνει τα επίπεδα φωτισμού)**

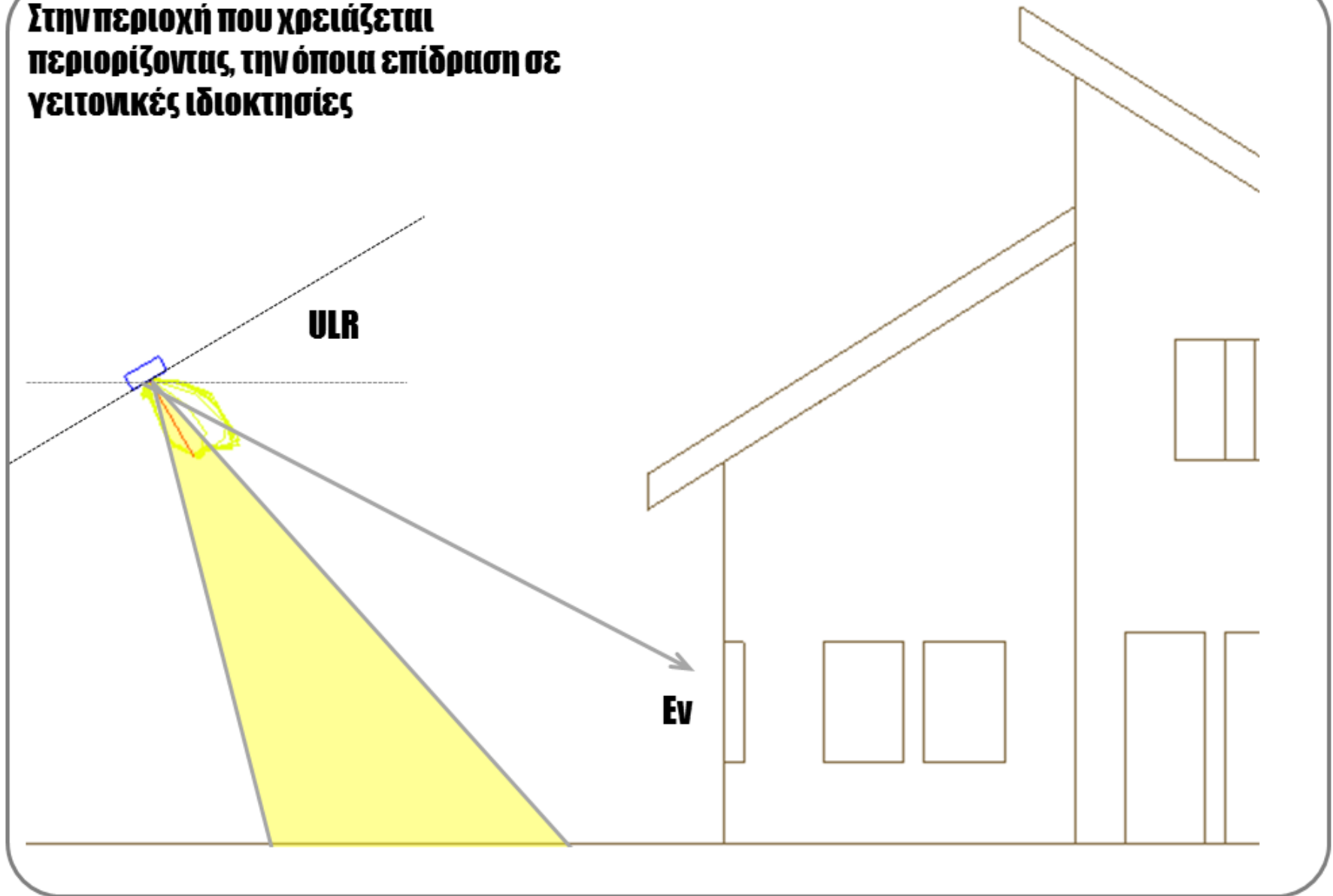


Βαθμός θάμβωσης



«Χρήσιμος» φωτισμός

Στην περιοχή που χρειάζεται
περιορίζοντας, την όποια επίδραση σε
γειτονικές ιδιοκτησίες





Απαιτήσεις

Κατηγορία	ULR	E _v (Ιωκ)		I (σετ)		I _b (πρόσοψη)	I _s (πινιακίδες)
		Πριν	Μετά	Πριν	Μετά		
Φυσικό τοπίο (εθνικά πάρκα) E1	0	2	0	2500	0	0	50
Αγροτικές περιοχές E2	5	5	1	7500	500	5	400
Προάστια E3	15	10	2	10000	1000	10	800
Κέντρο πόλεων E4	25	25	5	25000	2500	25	1000

+ απαιτήσεις για την εκτίμηση του TI (Threshold increment)

Φωτεινή ρύπανση

**Μέτρα για την μείωση της ήδη απαιτούνται απο συστήματα
Ενεργειακής & περιβαλλοντικής αξιολόγησης (π.χ. LEED v.4)**

- Επίδραση σε ανθρώπους (ένταση φωτισμού + φασματική σύσταση)**
- Επίδραση σε πανίδα**
- Αύξηση της λαμπρότητας του νυκτερινού ουρανού**

ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ !!!!

Φωτεινή ρύπανση

Υπάρχει μια προτίμηση για πηγές χαμηλής θερμοκρασίας χρώματος που χρησιμοποιούνται στην πόλη. Χρήση πολυ ψυχρών πηγών συνηγορεί στην αύξηση της λαμπρότητας του ουρανού (π.χ. 3 φορές περισσότερο όταν χρησιμοποιείται πηγή 5000°K σε σχέση με μια των 3000°K)

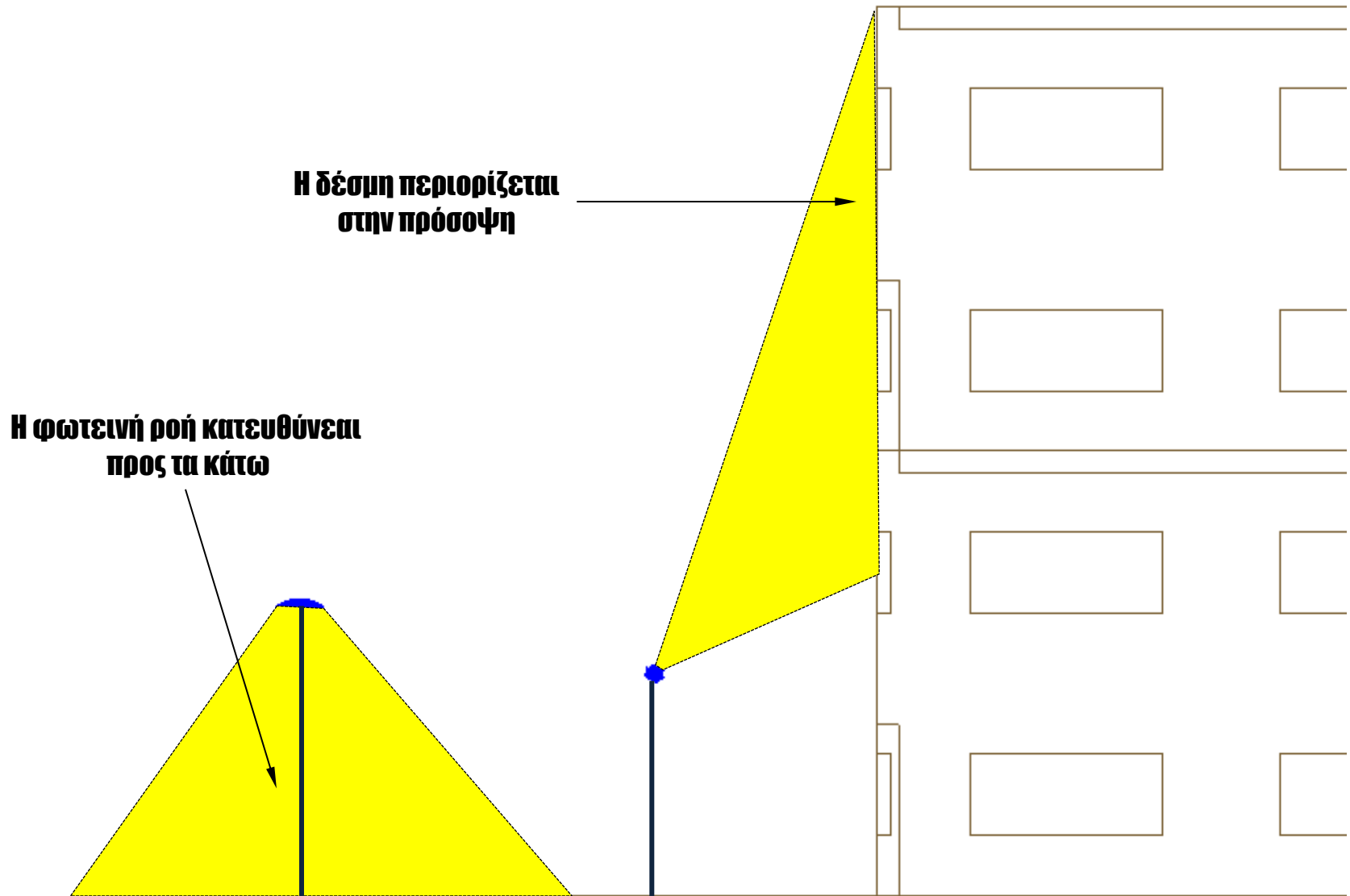


Υδραργύρου

Cool LED

Φως απο λαμπτήρες
υψηλης πίεσης νατρίου

Φωτεινή ρύπανση



Φωτεινή ρύπανση



Αποφεύγουμε αυτό



Επιθυμητό (φωτεινή ροή προς τα κάτω)

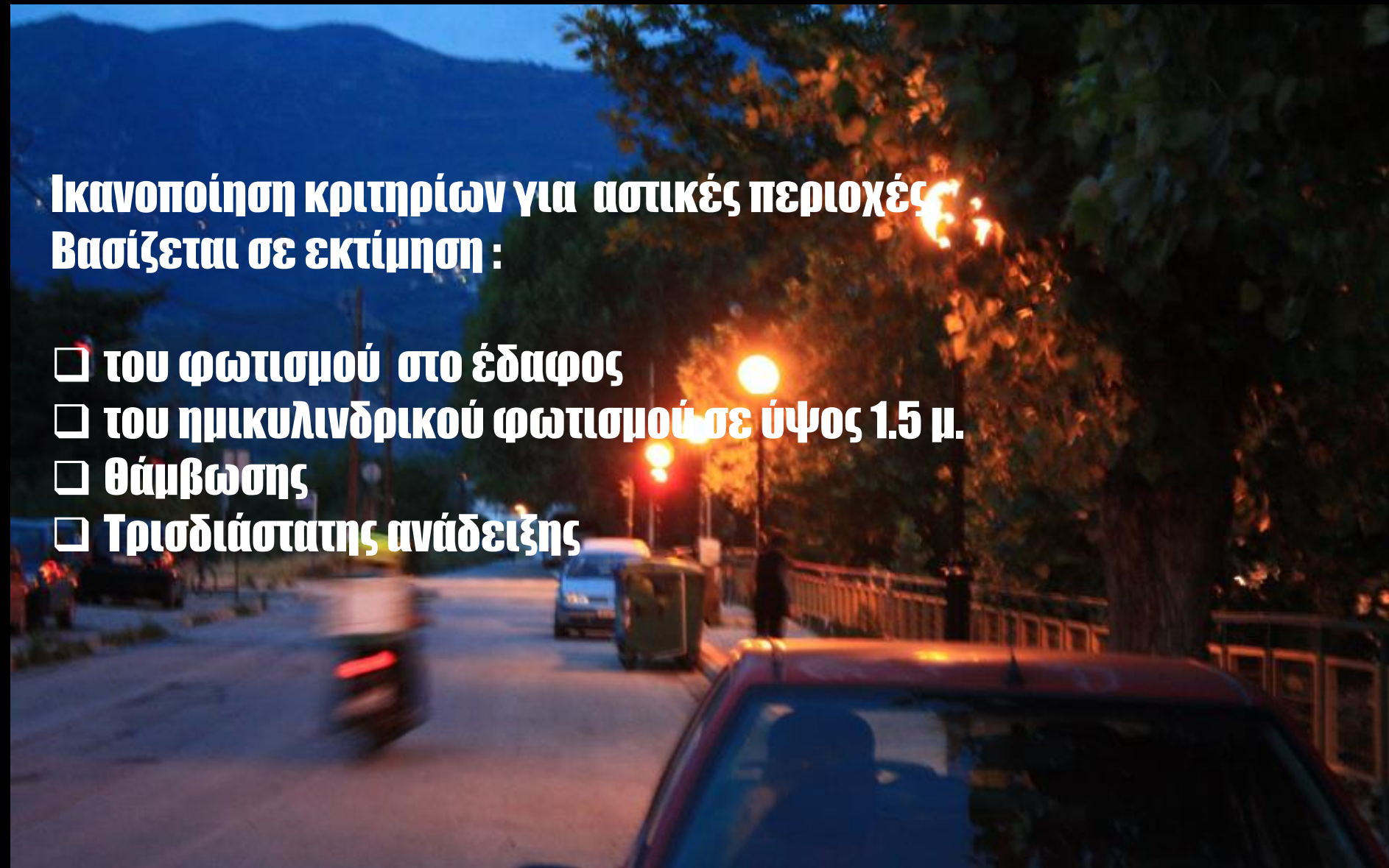
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

με χρήση λογισμικού

CIE 136-2000 «Guide to the lighting of urban areas»

Ικανοποίηση κριτηρίων για αστικές περιοχές
Βασίζεται σε εκτίμηση :

- του φωτισμού στο έδαφος
- του ημικυλινδρικού φωτισμού σε ύψος 1.5 μ.
- θάμβωσης
- Τρισδιάστατης ανάδειξης



CIE 136-2000 «Guide to the lighting of urban areas»

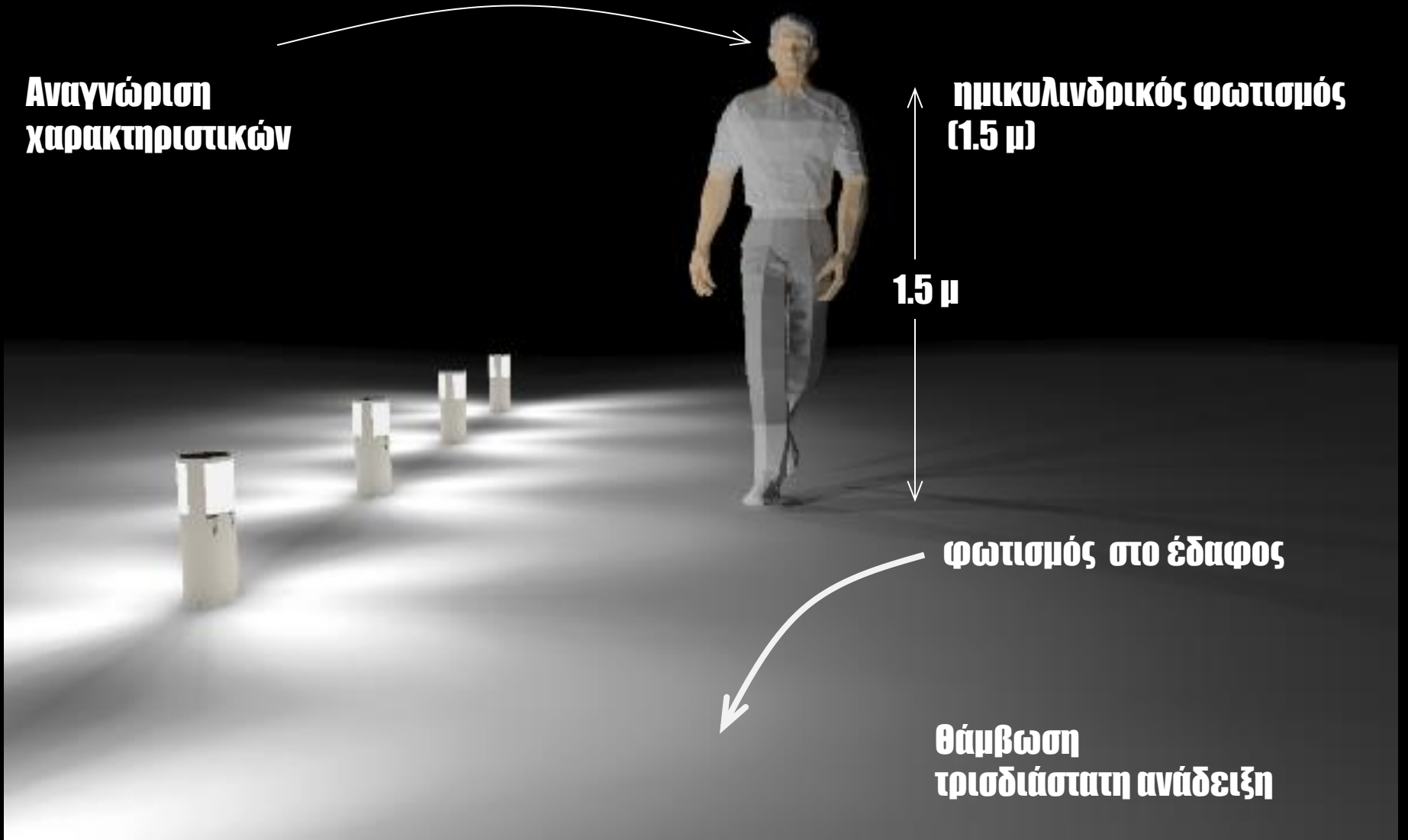
Αναγνώριση
χαρακτηριστικών

ημικυλινδρικός φωτισμός
(1.5 μ)

1.5 μ

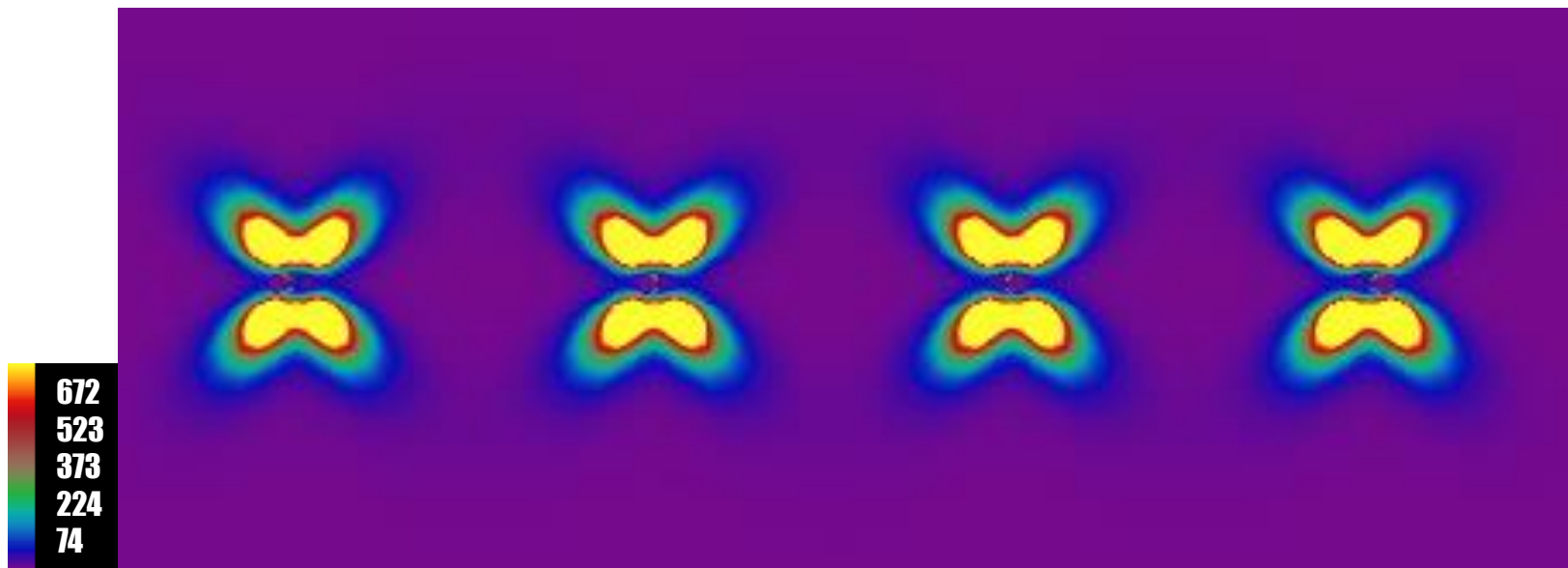
φωτισμός στο έδαφος

θάμβωση
τρισδιάστατη ανάδειξη



CIE 136-2000 «Guide to the lighting of urban areas»

	Οριζόντιος φωτισμός στο έδαφος (μέση τιμή)	Οριζόντιος φωτισμός στο έδαφος (ελάχιστη τιμή)	Ημικυλινδρικός φωτισμός (ελάχιστη τιμή)
Πάρκα σε περιοχές κατοίκησης	5 lux	2 lux	2 lux
Κέντρο πόλης	10 lux	5 lux	3 lux



CIE 136-2000 «Guide to the lighting of urban areas»



Φωτισμός σε κάθετη επιφάνεια / Ημικυλινδρικό φωτισμό 0.8-1.3

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

με χρήση λογισμικού

Προσόψεις

**Η φωτεινή ροή περιορίζεται στην
πρόσοψη ;**

Τι λαμπρότητα έχει η επιφάνεια ;

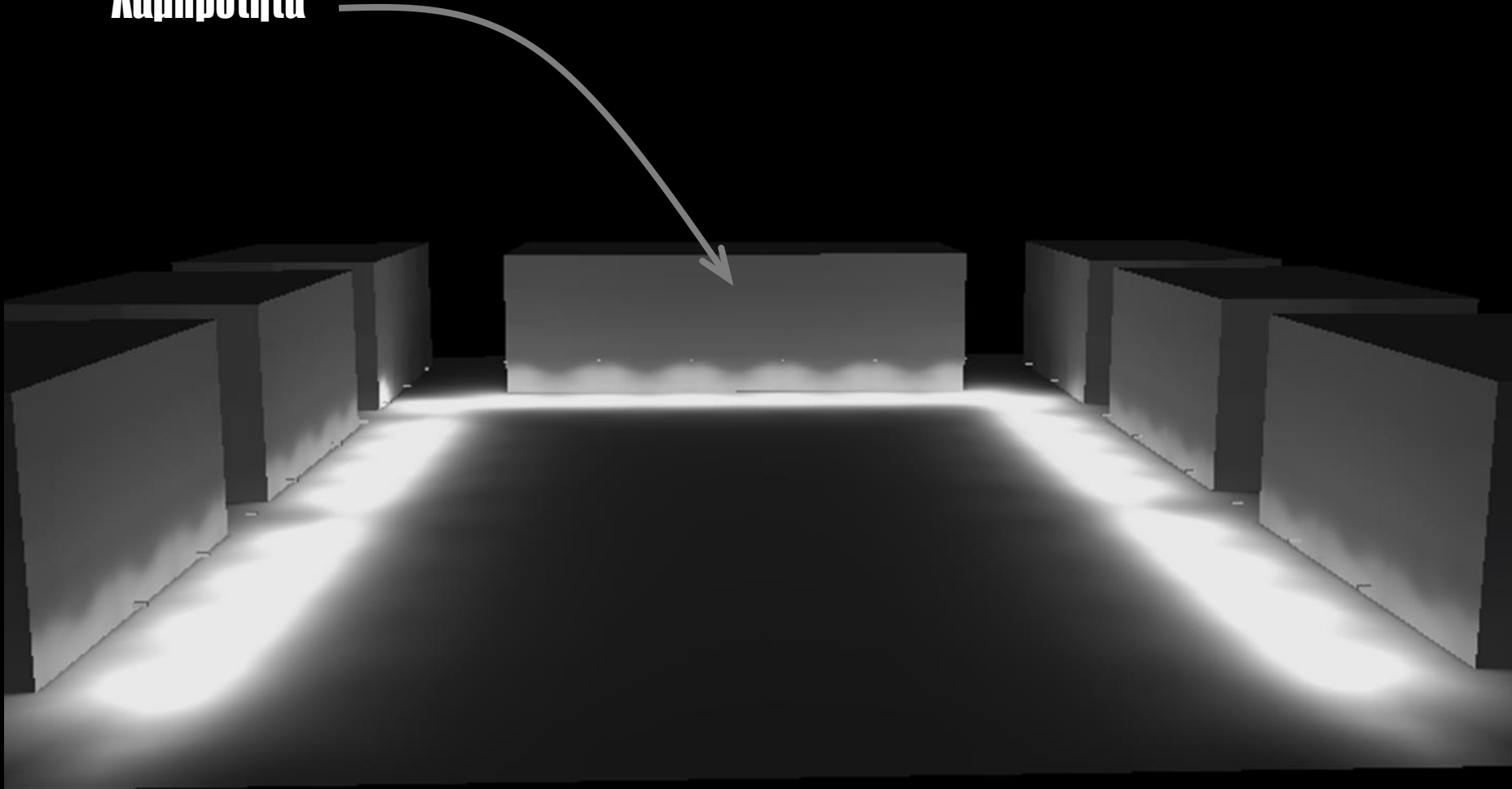


**Η απόσταση μαζί με ύψος και
φωτομετρική κατανομή επηρεάζει την
ομοιομορφία**

**Ο φωτισμός είναι αντιστρόφως ανάλογος
με την απόσταση της πηγής**

CIE 94-1993 «Guide for floodlighting»

Λαμπρότητα



4 cd/m²

6cd/m²

12cd/m²

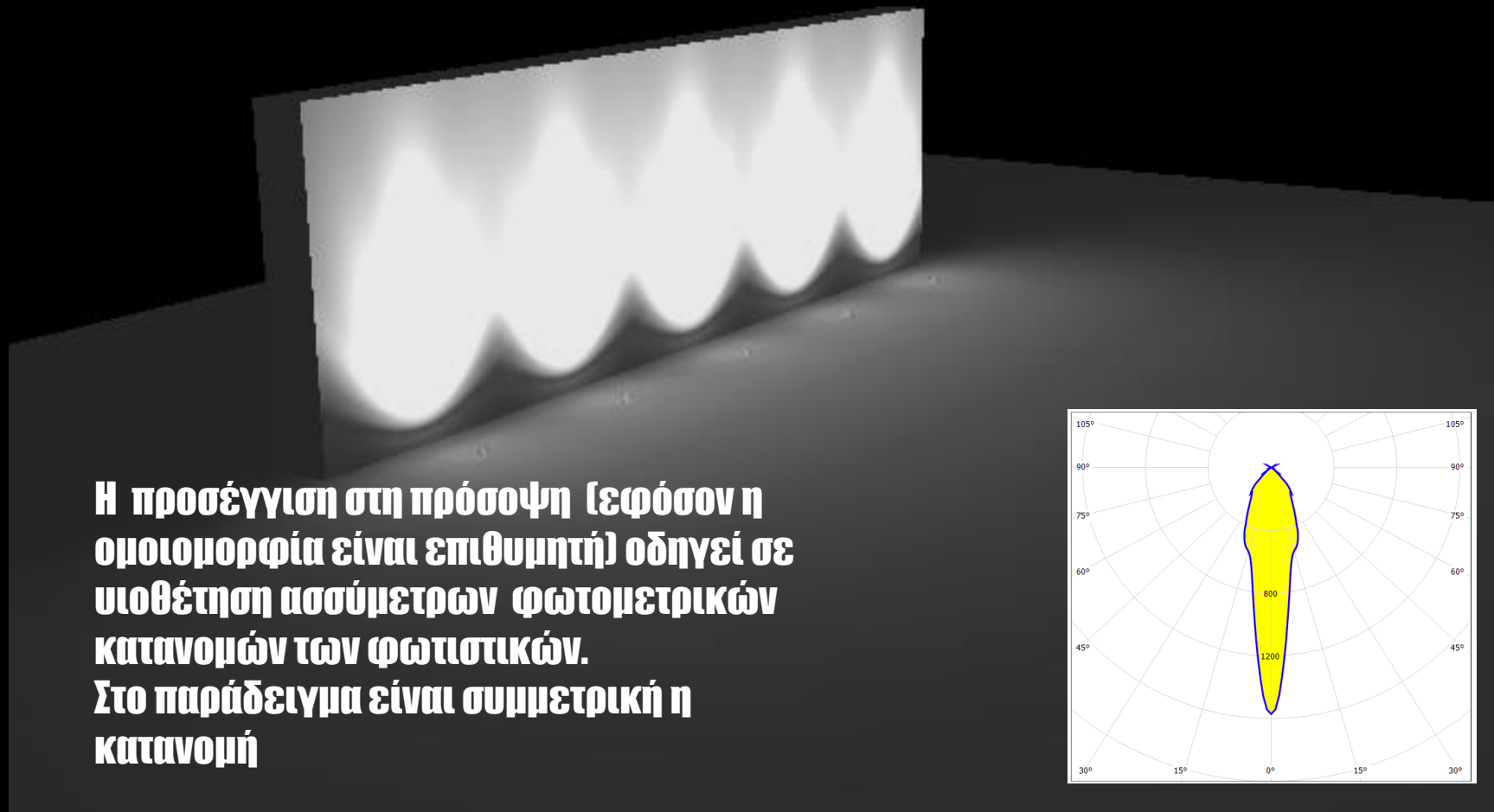
Περιβάλλον

αγροτικές περιοχές

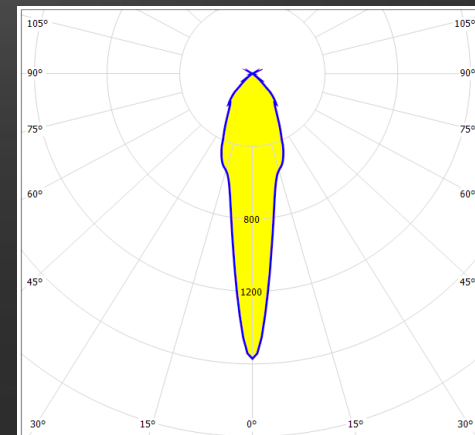
προάστια

εμπορικό κέντρο

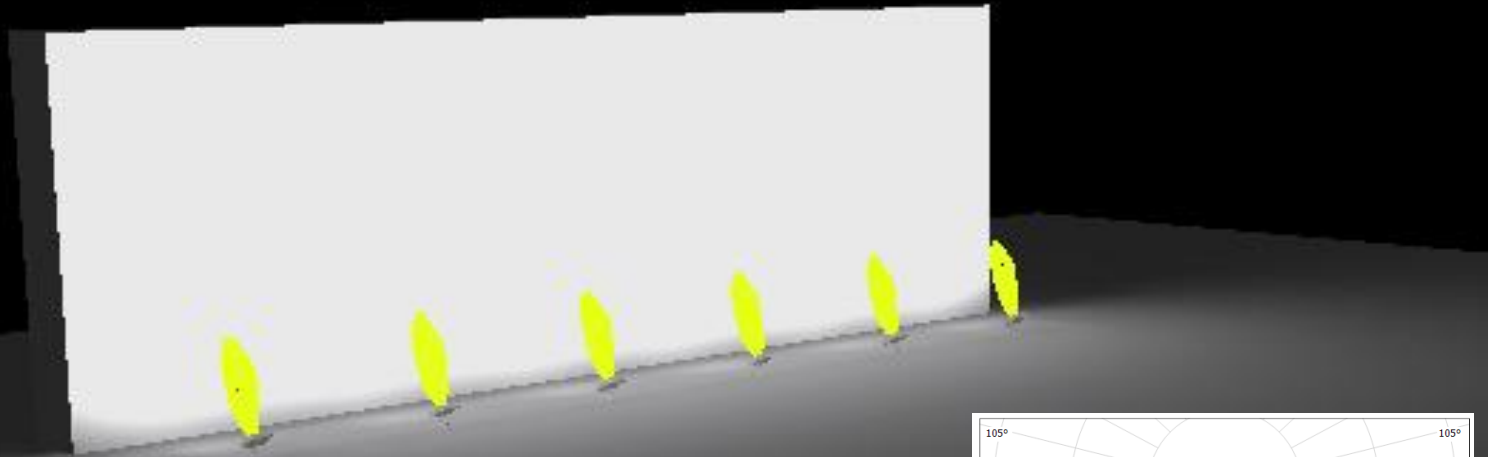
Προσόψεις



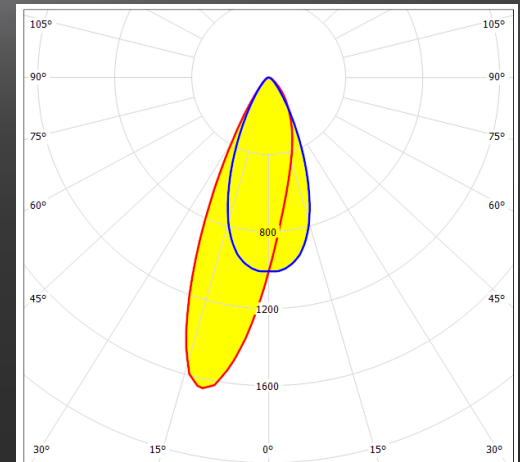
Η προσέγγιση στη πρόσοψη (εφόσον η ομοιομορφία είναι επιθυμητή) οδηγεί σε υιοθέτηση ασύμμετρων φωτομετρικών κατανομών των φωτιστικών. Στο παράδειγμα είναι συμμετρική η κατανομή



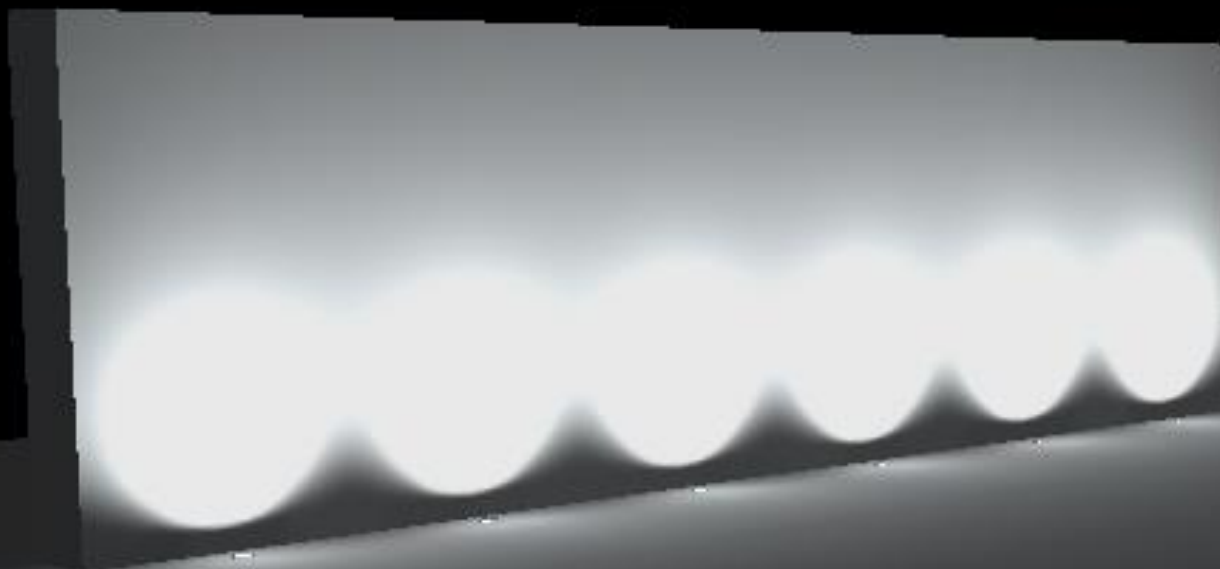
Προσόψεις



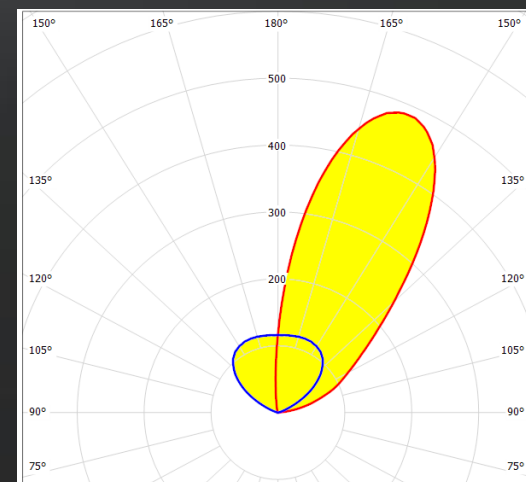
**Φωτιστικά (wallwashers) . Σχολιάστε το
φωτομετρικό διάγραμμα.**



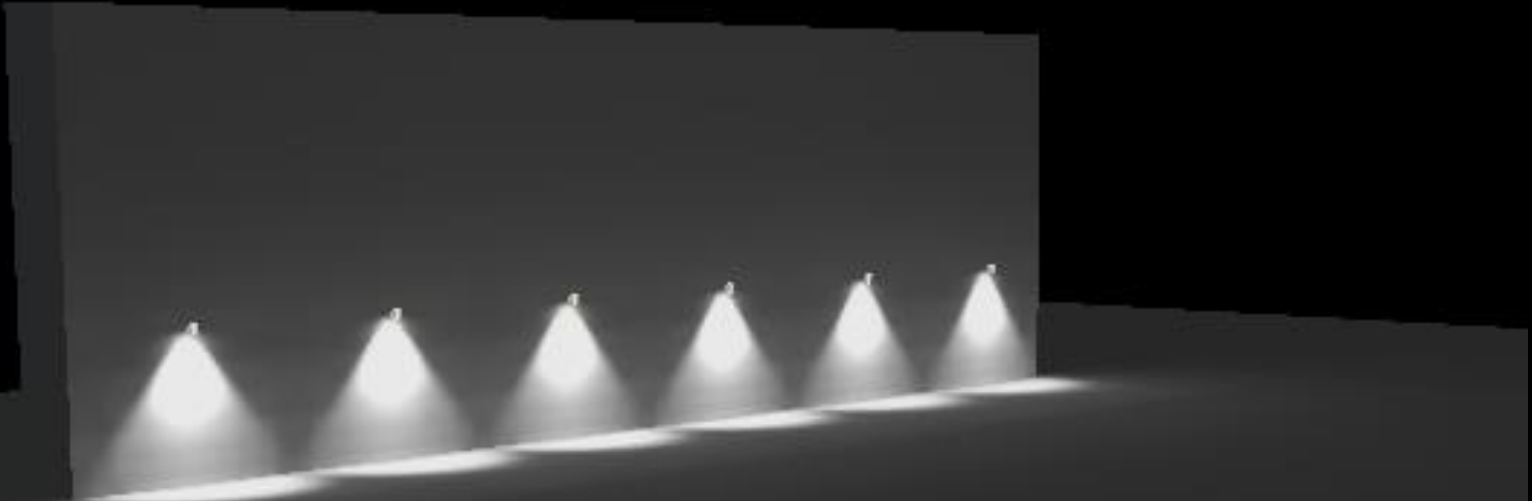
Προσόψεις



Φωτιστικά χωνευτά στο έδαφος (LED, 32W, IP 68, cut-off 40°)

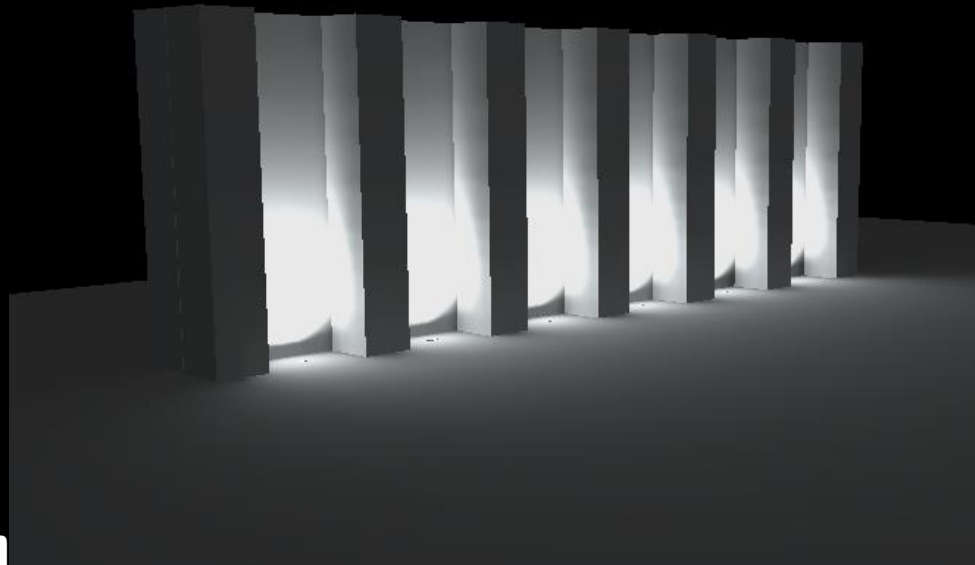
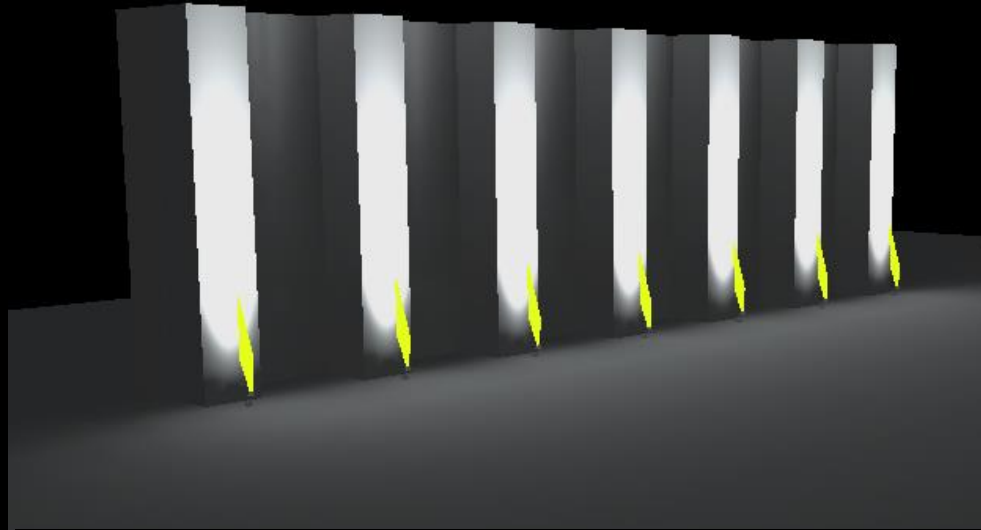


Προσόψεις



Φωτιστικά επί της πρόσοψης.

Προσόψεις

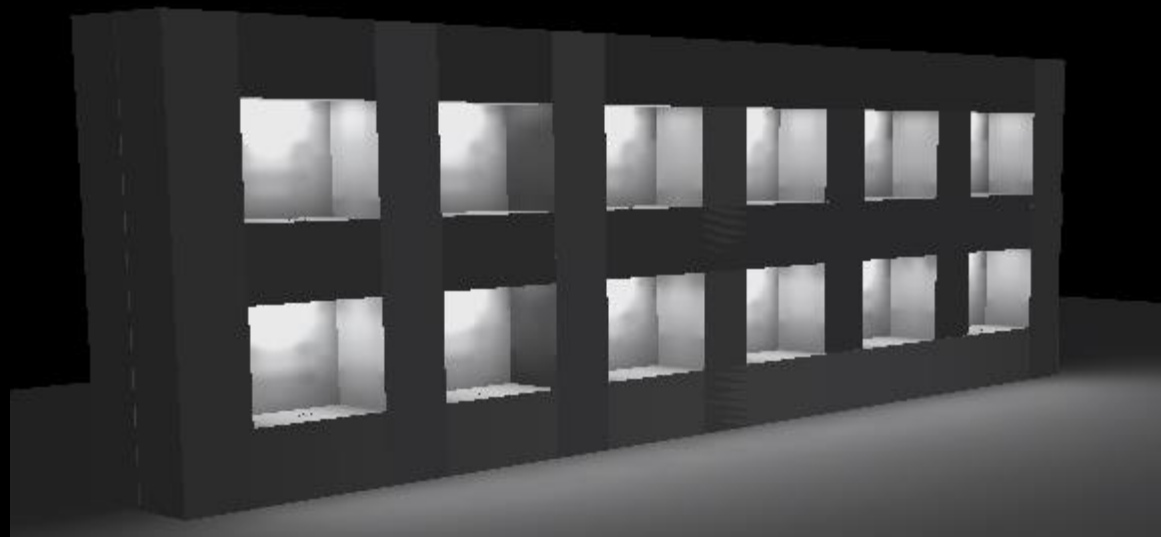


Συμμετρική τοποθέτηση

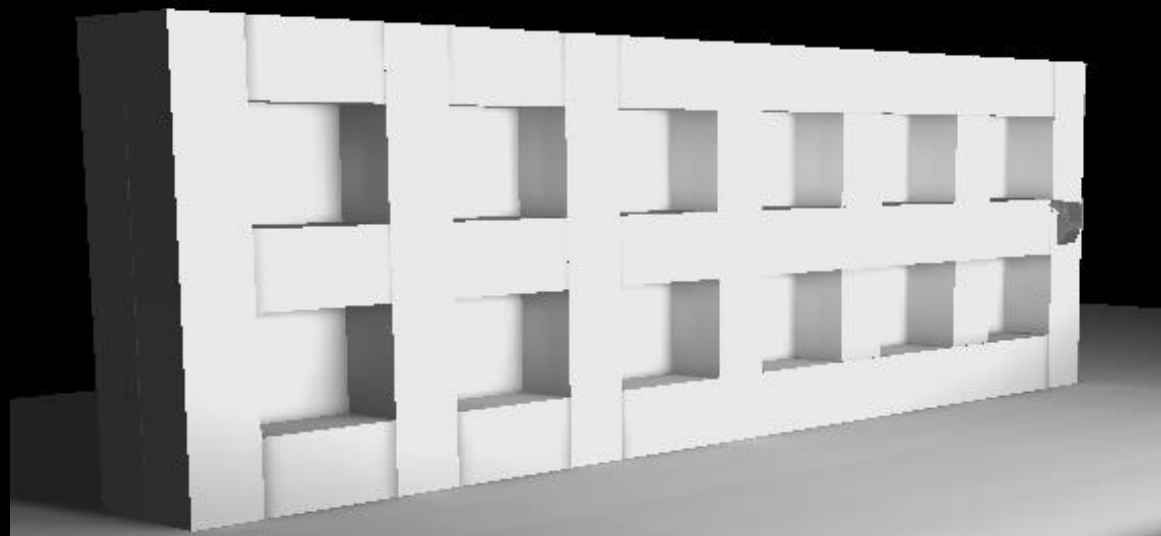
Προσόψεις



Προσόψεις



Ανάδειξη βάθους



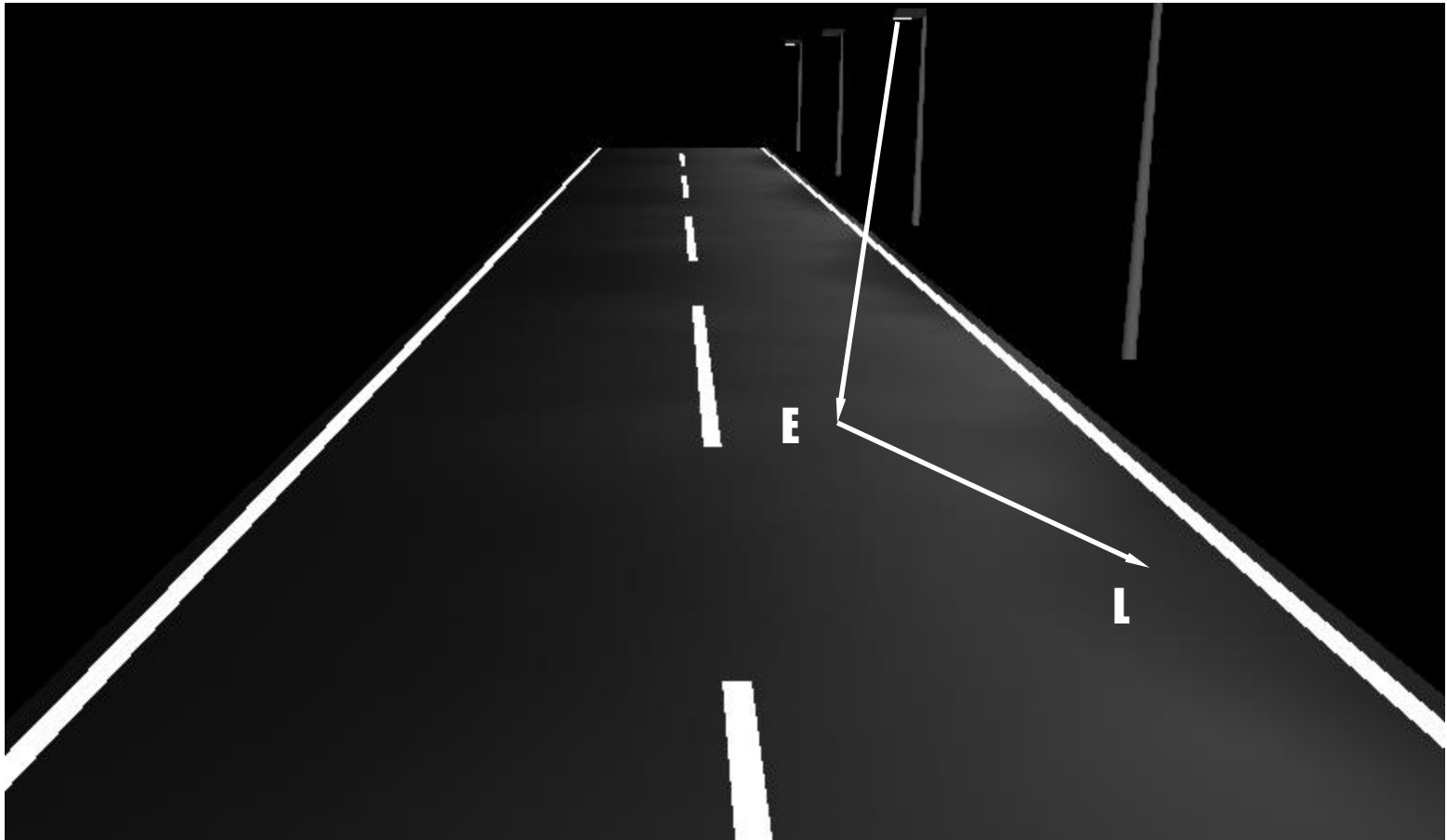
**Γενικός
φωτισμός/προβολείς
(μετωπικά τοποθετημένοι)**

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

με χρήση λογισμικού

ΟΔΟΦΩΤΙΣΜΟΣ

Η ασφάλεια κίνησης είναι η παράμετρος που καθορίζει την επιλογή του συστήματος φωτισμού. Προφανώς σε επίπεδο σχεδιασμού υπάρχουν φωτιστικά σε διάφορες μορφές αλλά πάλι ο στόχος είναι η ενεργειακά αποδοτική εγκατάσταση.



ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ



E= 53 lux

L=3.6 cd/m²



Ανακλαστικότητα = 21.6%

E= 53 lux

L=13.2 cd/m²

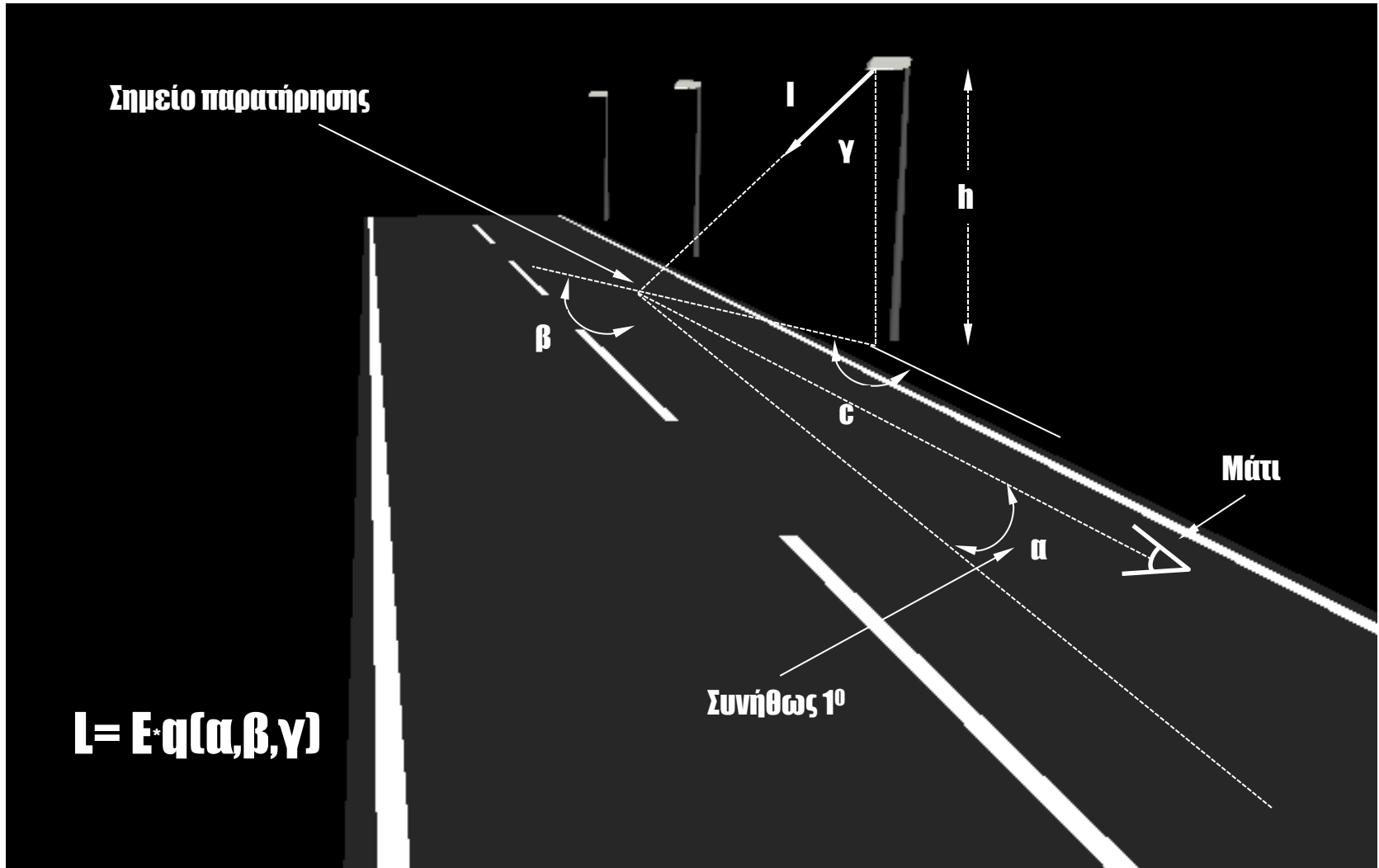


Ανακλαστικότητα = 78.6%

Για πλήρως διαχυτικές επιφάνειες → **$L = E \cdot \rho / \pi$**

ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ

Οι επιφάνειες του οδοστρώματος όμως δεν θεωρούνται πλήρως διαχυτικές, συνεπώς χρειάζεται μια εκτίμηση της ανακλαστικότητας γιατί επηρεάζει την λαμπρότητα του οδοστρώματος ανάλογα με τη γωνία παρατήρησης.



ΑΝΑΚΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ

Για διευκόλυνση υπολογισμού της λαμπρότητας του οδοστρώματος (αφού έχει υπολογισθεί ο φωτισμός) θα πρέπει προφανώς να υπολογισθούν πρίν, ανάλογα με το σημείο παρατήρησης, οι συντελεστές q . Για ακόμη μεγαλύτερη ευκολία χρησιμοποιούνται οι πίνακες r (r -tables) οι οποίοι δίνουν την τιμή

$$r = q \cdot \cos^3 \gamma$$

Ο λόγος είναι ο εξής (με τη βοήθεια του προηγούμενου σχήματος):

$$L = q \cdot E = q \cdot \frac{I \cdot \cos^3 \gamma}{h^2} \quad \text{όπου } I \text{ η φωτεινή ένταση}$$

$$L = q \cdot E = \frac{r}{\cancel{\cos^3 \gamma}} \cdot \frac{\cancel{I \cdot \cos^3 \gamma}}{h^2} = \frac{r \cdot I}{h^2}$$

Έτσι ξέροντας την ένταση (σε συγκεκριμένη κατεύθυνση, το ύψος του φωτιστικού και την τιμή του r μπορεί να υπολογισθεί η λαμπρότητα στο οδόστρωμα.

ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Συνήθως όταν το πλάτος του δρόμου είναι μικρότερο/ίσο απο το ύψος των φωτιστικών



Συνήθως όταν το πλάτος του δρόμου είναι μικρότερο απο 1.5 φορές απο το ύψος των φωτιστικών

Προσοχή στην ομοιομορφία



Συνήθως όταν το πλάτος του δρόμου είναι μεγαλύτερο απο 1.5 φορές απο το ύψος των φωτιστικών



ΕΛΟΤ CEN/TR 13201.01/2005 “Road Lighting. Selection of lighting classes”

Για να αποφασισθούν οι απαιτήσεις για τον φωτισμό οδών
Χρησιμοποιείται μια μεθοδολογία η οποία βασίζεται σε μια αλληλουχία επιλογών:

1

Επιλογή καταστάσεων φωτισμού:

- ✓ Κύριοι χρήστες
- ✓ Ταχύτητα κίνησης
- ✓ Άλλοι χρήστες
- ✓ Χρήστες που αποκλείονται

Κατάσταση	Ταχύτητα κύριου χρήστη	Κύριος χρήστης	Άλλοι χρήστες	Αποκλειόμενοι Χρήστες
A1	>60 km/h	Κυκλοφορία αυτοκινήτων		Αργά κινούμενα οχήματα, ποδήλατα, πεζοί
A2			Αργά κινούμενα οχήματα	ποδήλατα, πεζοί
A3			Αργά κινούμενα οχήματα, ποδήλατα, πεζοί	

2

Επιλογή κατηγορίας:

- ✓ **Υπαρξη πεζοδιαβάσεων**
- ✓ **Πυκνότητα κόμβων**
- ✓ **Δυσκολία οδήγησης**
- ✓ **Ημερήσια κυκλοφοριακή ροή**

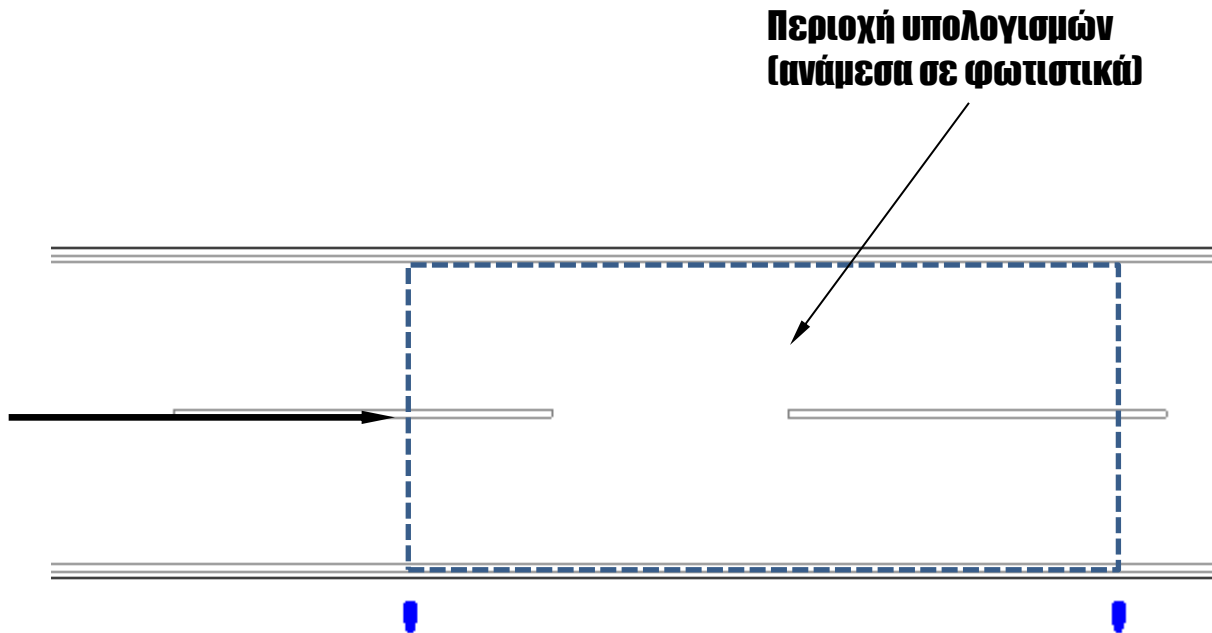
3

Επιπρόσθετα :

- ✓ **Υπαρξη περιοχών συγκρούσεων
(διασταυρώσεις)**
- ✓ **Σταθμευμένα αυτοκίνητα**
- ✓ **Πολυπλοκότητα στο ορατό περιβάλλον**
- ✓ **Λαμπρότητα υπόβαθρου**
- ✓ **Εγκληματικότητα**
- ✓ **Αναγνώριση προσώπων**

ΚΡΙΤΗΡΙΑ

Απόσταση παρατηρητή 60 μ απο την άκρη της περιοχής υπολογισμού και 1.5 μ. ύψος

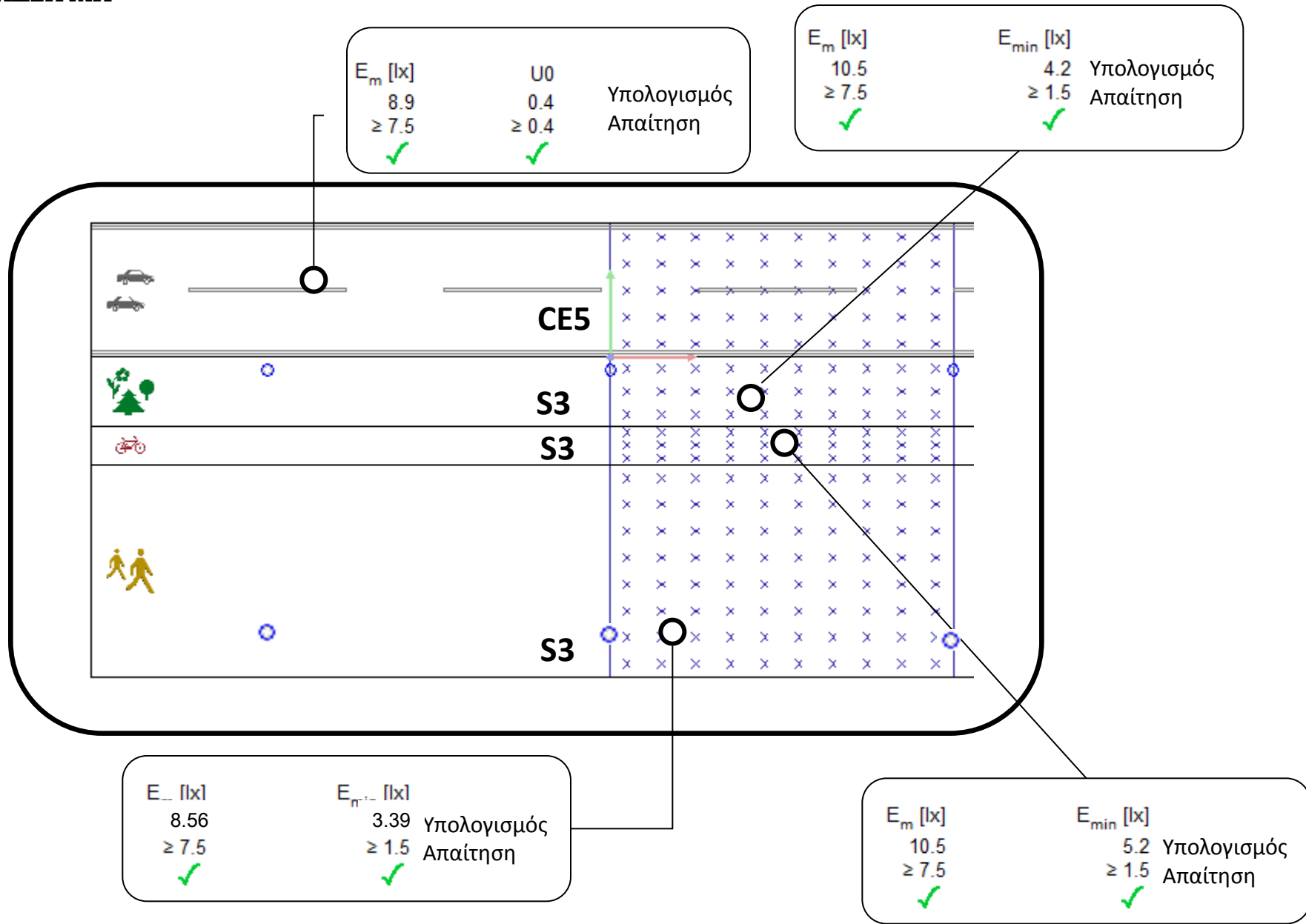


Μεγέθη που υπολογίζονται σε κάναβο :

1. Φωτισμός σε οριζόντιο επίπεδο (οδόστρωμα)
2. Ημισφαιρικός φωτισμός (οδόστρωμα)
3. Ημικυλινδρικός φωτισμός (1.5 μ)
4. Κάθετος φωτισμός (1.5 μ)
5. Λαμπρότητα
6. Ολική ομοιομορφία (min/ave)
7. Διαμήκης ομοιομορφία (min/max)
8. Θάμβωση (Threshold Increment, TI)
9. Φωτισμός περιβάλλοντος (Surround Ratio, SR)

Ανάλογα με το είδος της οδού χρησιμοποιείται το κατάλληλο σύνολο μεγεθών

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ



Υψος ιστών 4.5 μ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

με χρήση λογισμικού