

ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΣ ΦΩΤΙΣΜΟΣ

Βασικά μεγέθη , τεχνολογία και τεχνικές

Α. Τσαγκρασούλης, Α. Δράκου
Τμ. Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Παν. 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

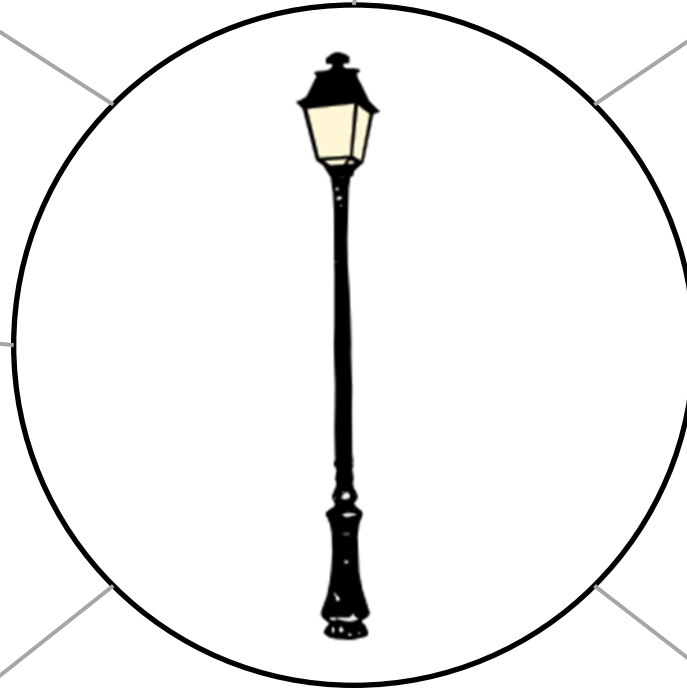
Αισθητική

Ενέργεια

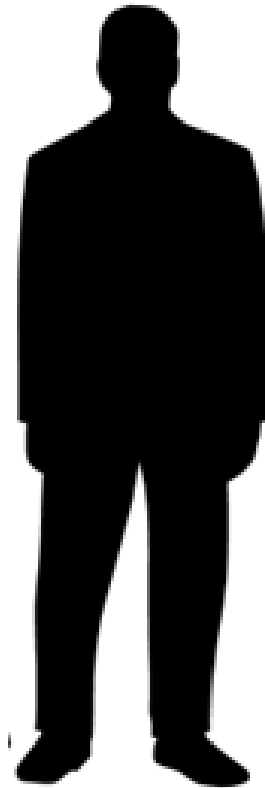
Οπτική άνεση

Υγεία

Ασφάλεια



**Επιστημονικά
δεδομένα**



**Πρακτικές σχεδιασμού
(ισχυρή υποκειμενικότητα)**

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

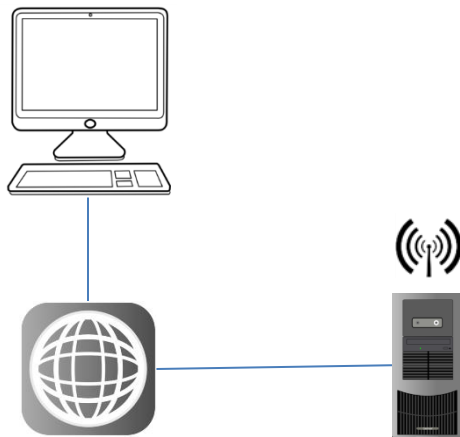


Δυνατότητα αλληλεπίδρασης

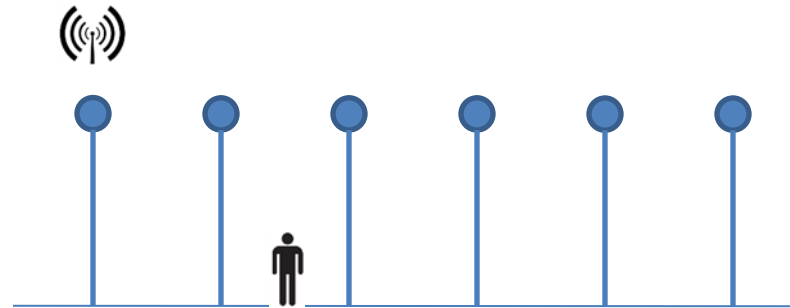


SMART LIGHTING

Κεντρική στρατηγική ελέγχου

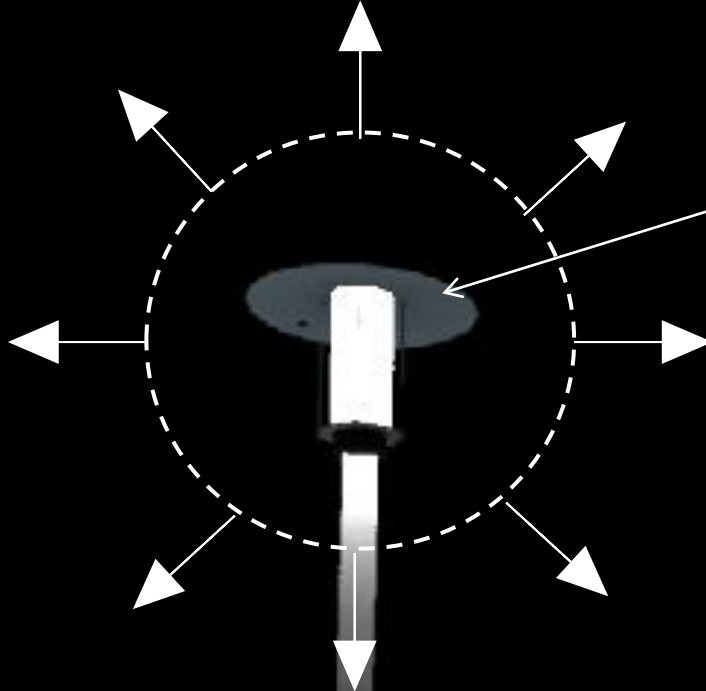


Ρύθμιση φωτεινής ροής (λόγω παρουσίας, φυσικού φωτισμού κλπ)



ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ



Το κάλυμμα προφανώς θα περιορίσει τη ροή που εκπέμπεται προς τα πάνω

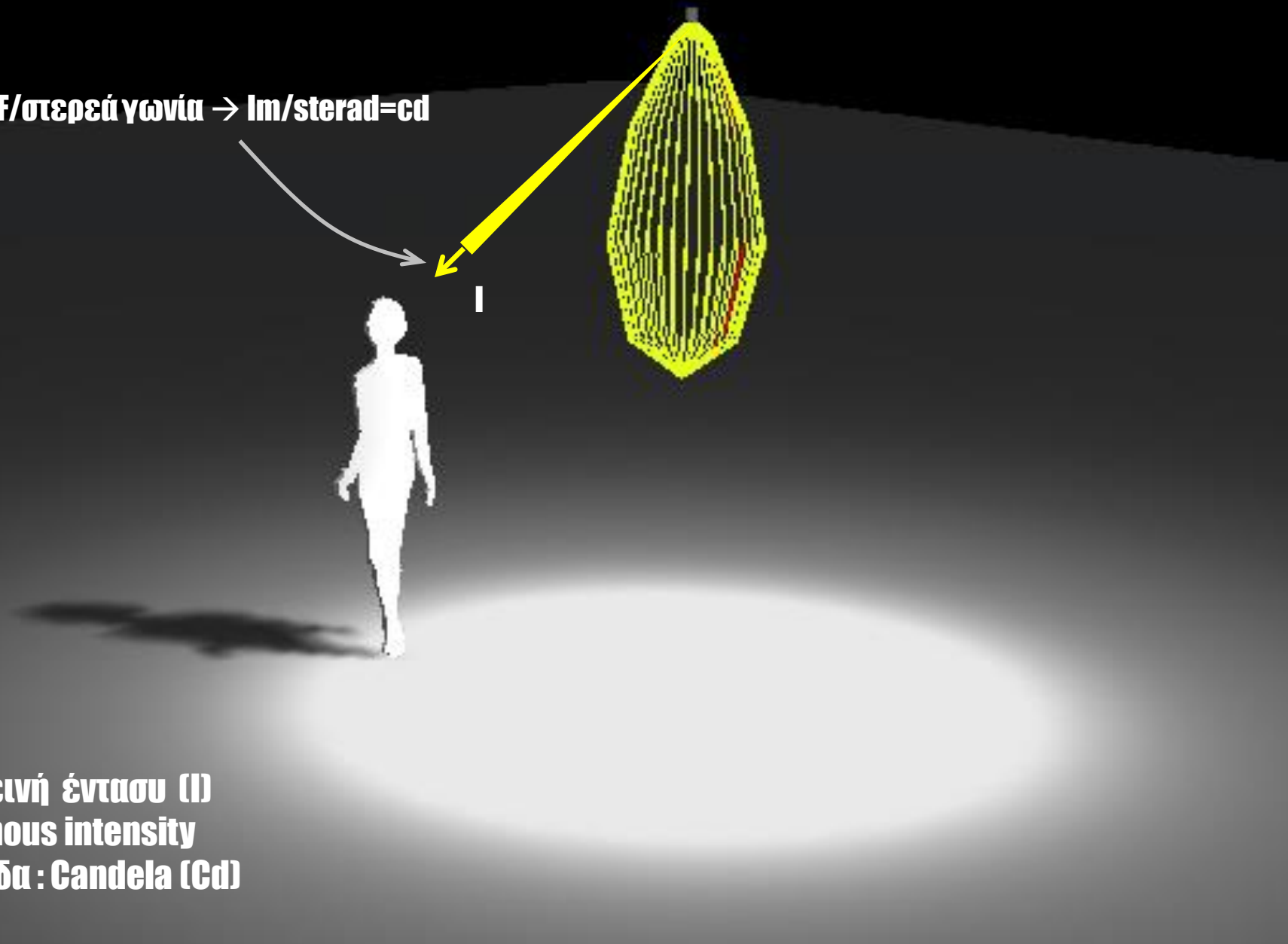
ΗΛ. ΙΣΧΥΣ (W)

Φωτεινή ροή (Φ, F)
Flux
Μονάδα : Lumen (Lm)



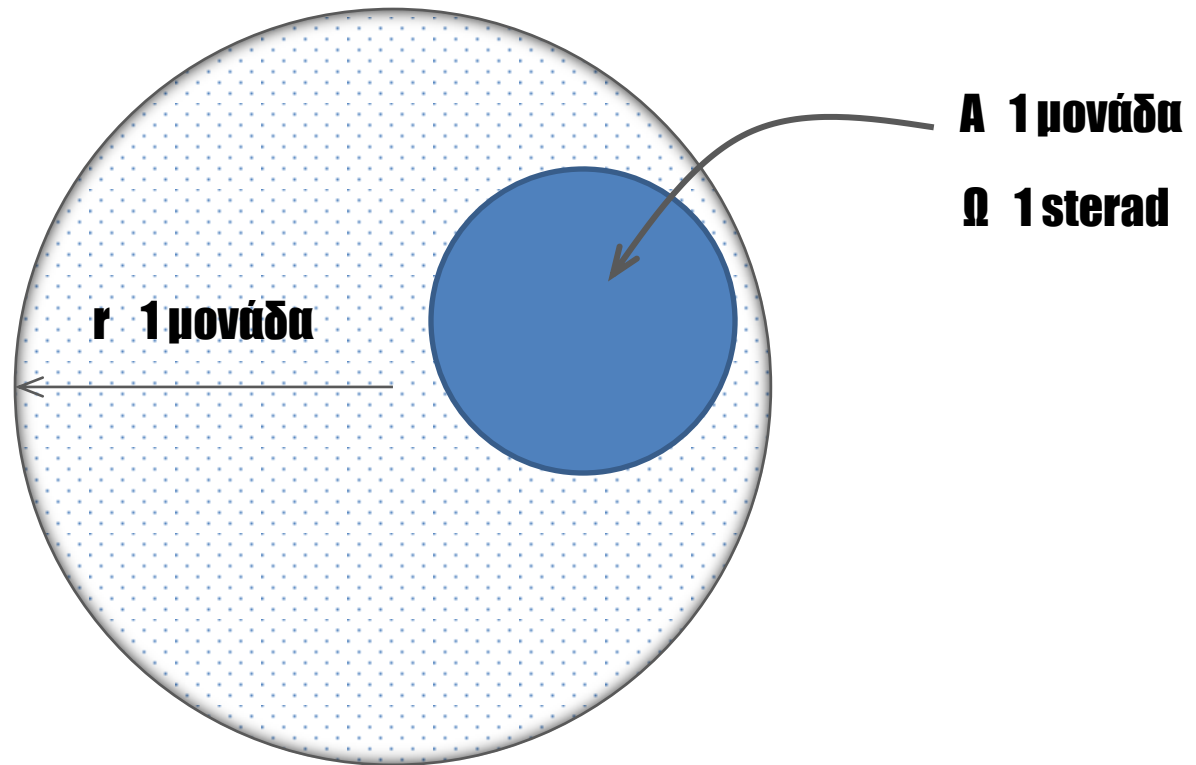
ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

$$I = F / \text{στερεά γωνία} \rightarrow \text{lm/sterad} = \text{cd}$$



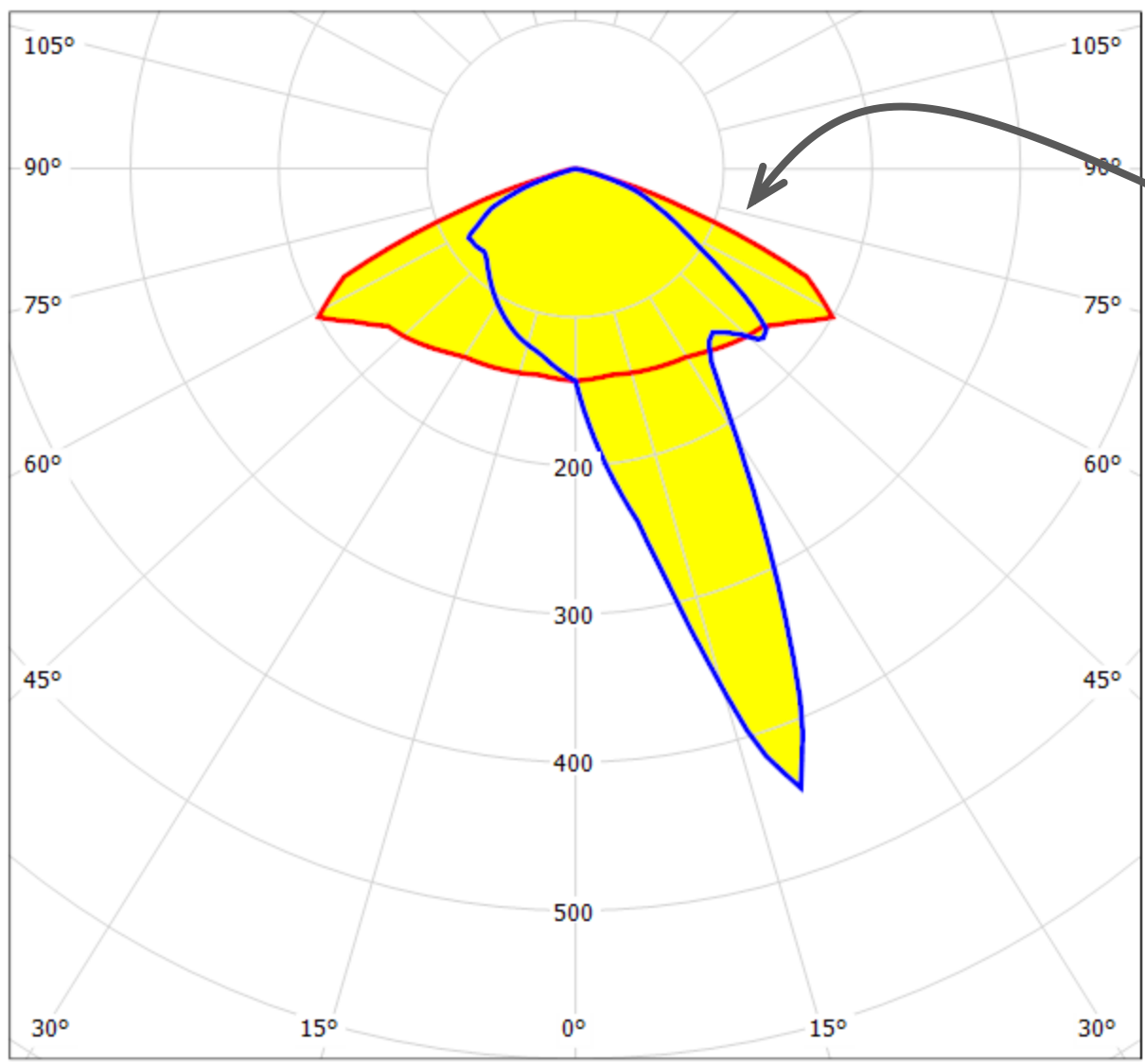
Φωτεινή ένταση (I)
Luminous intensity
Μονάδα : Candela (Cd)

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ



$$\Omega = A/r^2$$

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ



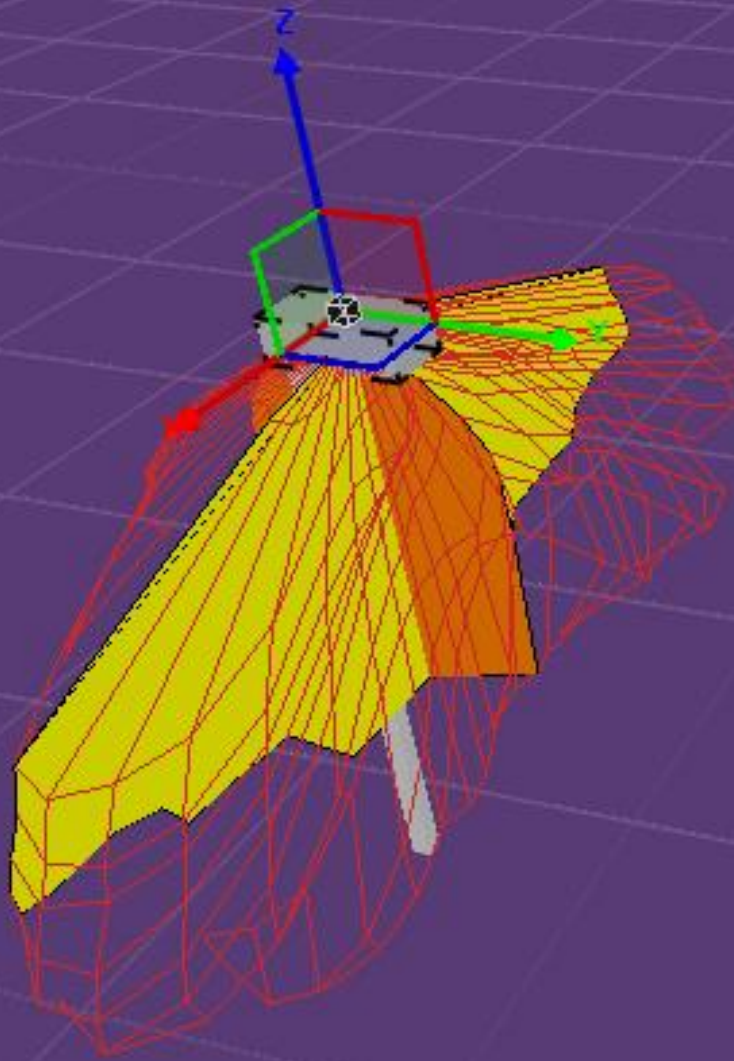
Γιατί υπάρχουν
δύο (2)
καμπύλες;

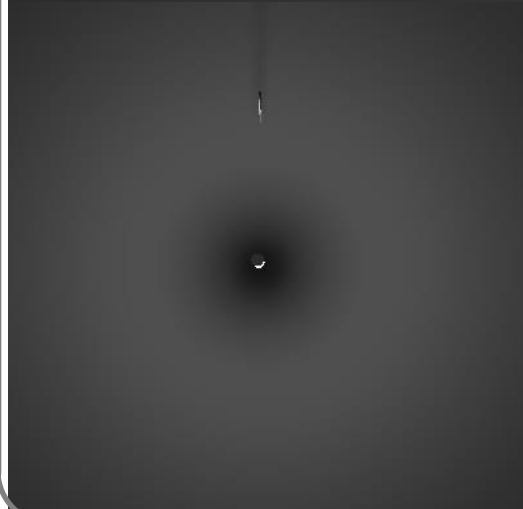
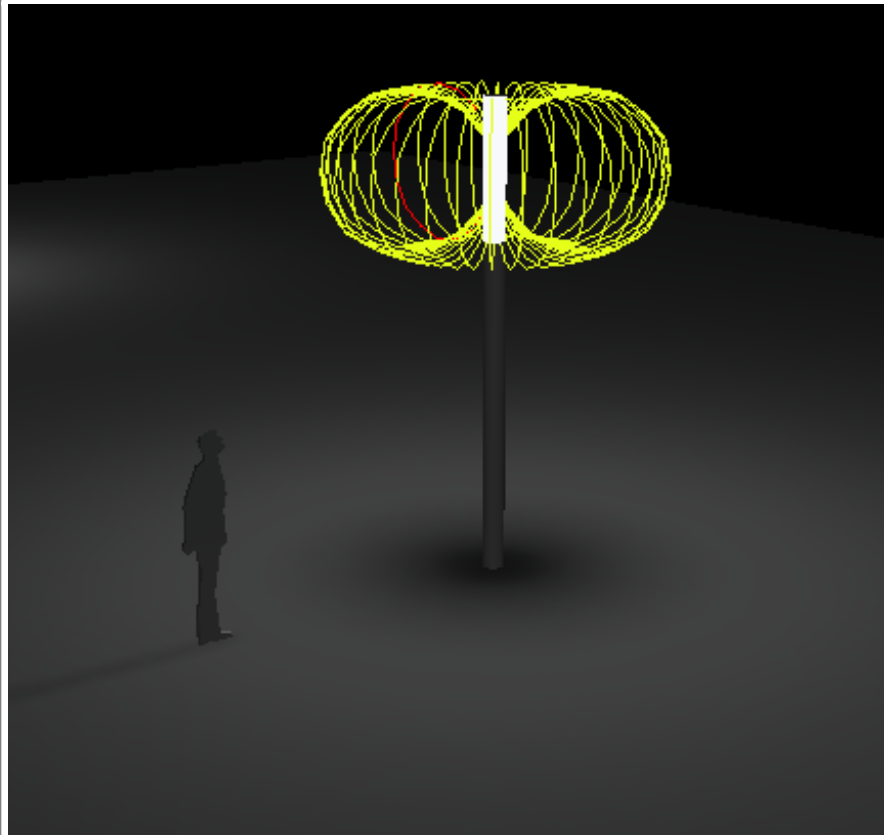
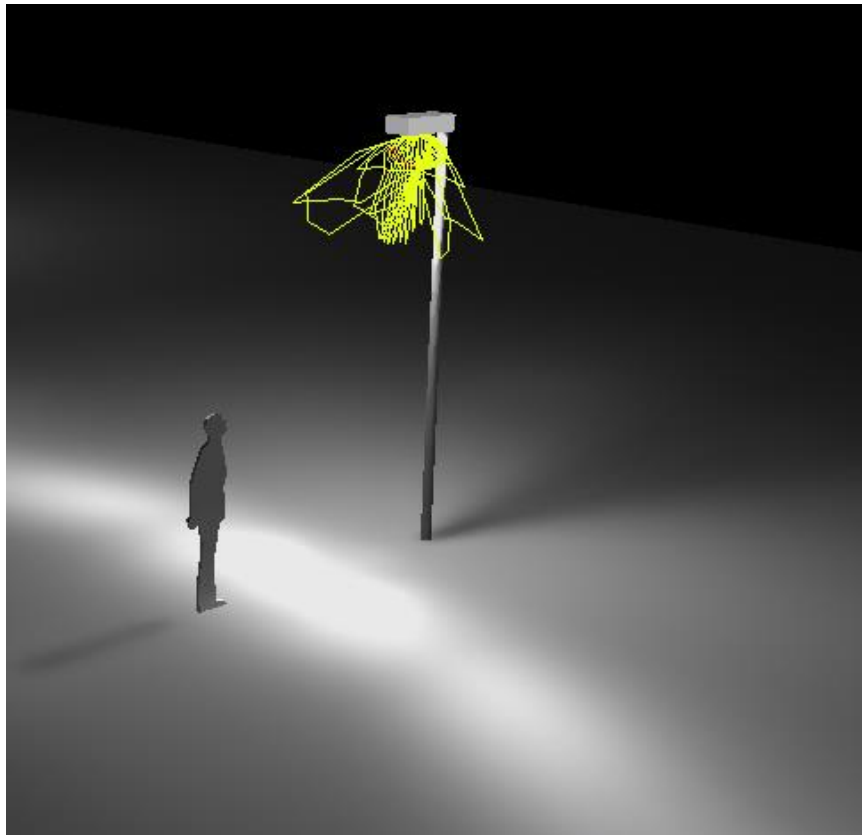
cd/klm

— C0 - C180 — C90 - C270

$\eta = 79\%$

ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ





ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Ένταση φωτισμού (E)
Illuminance
Μονάδα : Lux

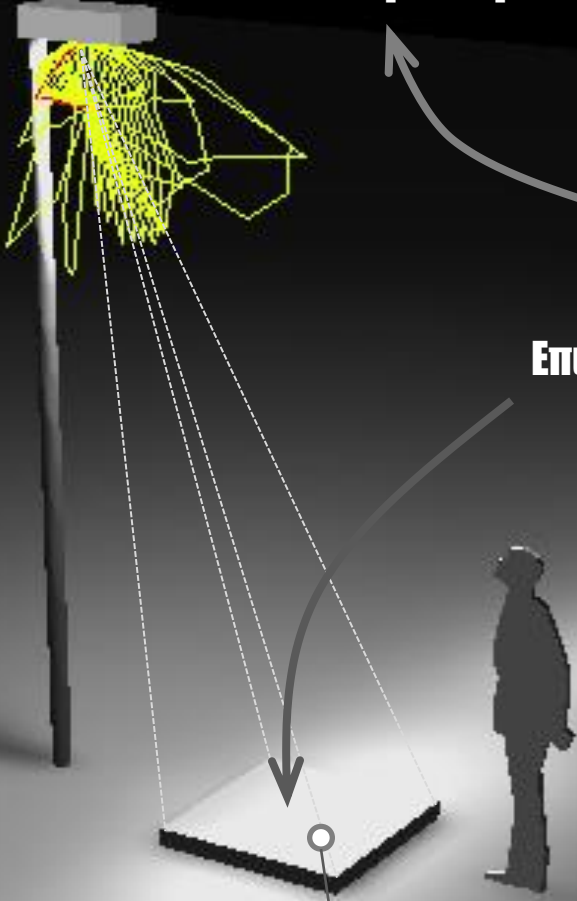
$$E = \text{Ροή} / \text{επιφάνεια} = F / S \rightarrow \text{Lumen} / \text{m}^2 = \text{Lux}$$

Άμεση + απο ανάκλαση

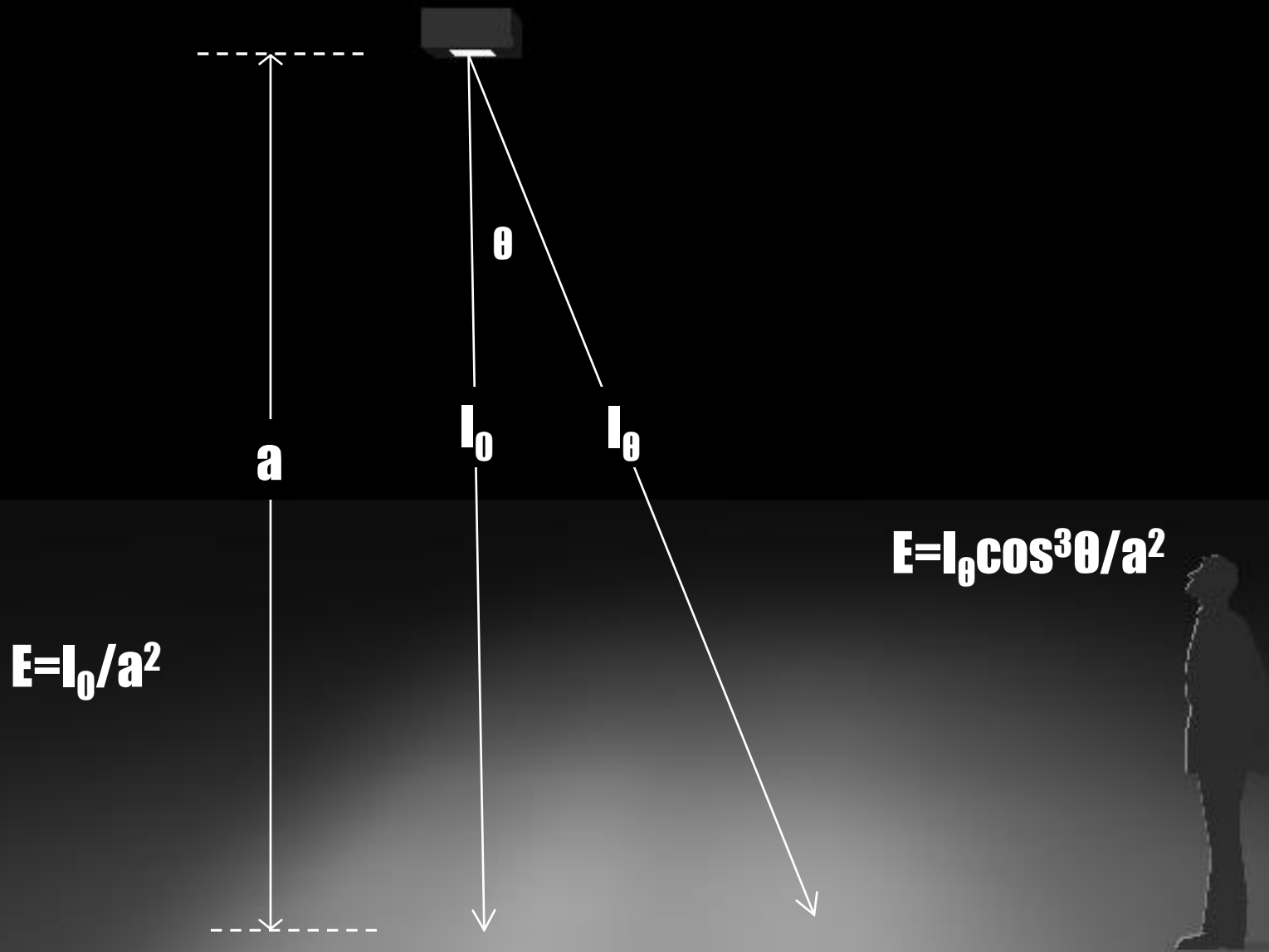
Επιφάνεια (S)

50 lux

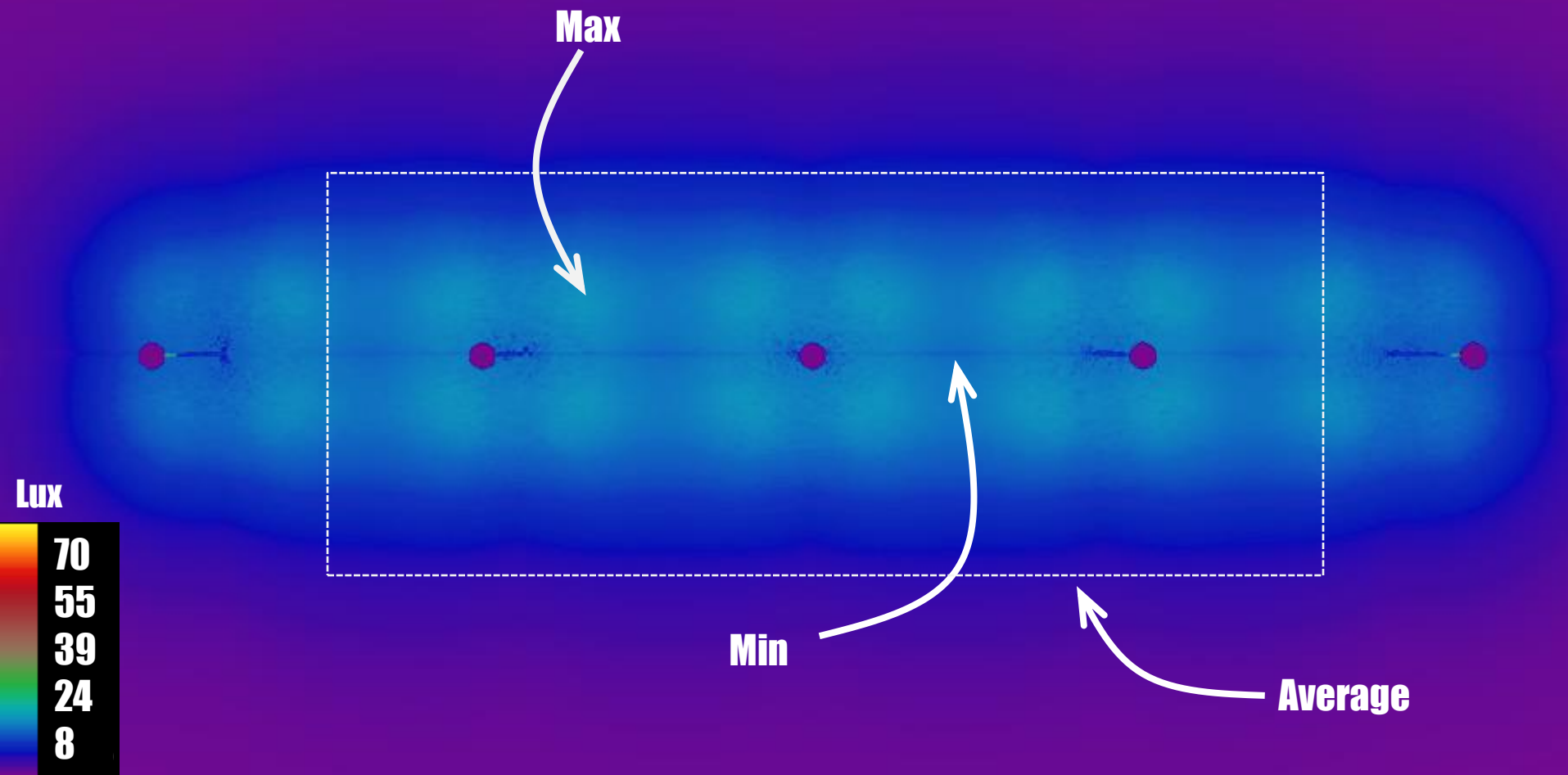
166 lux



ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ



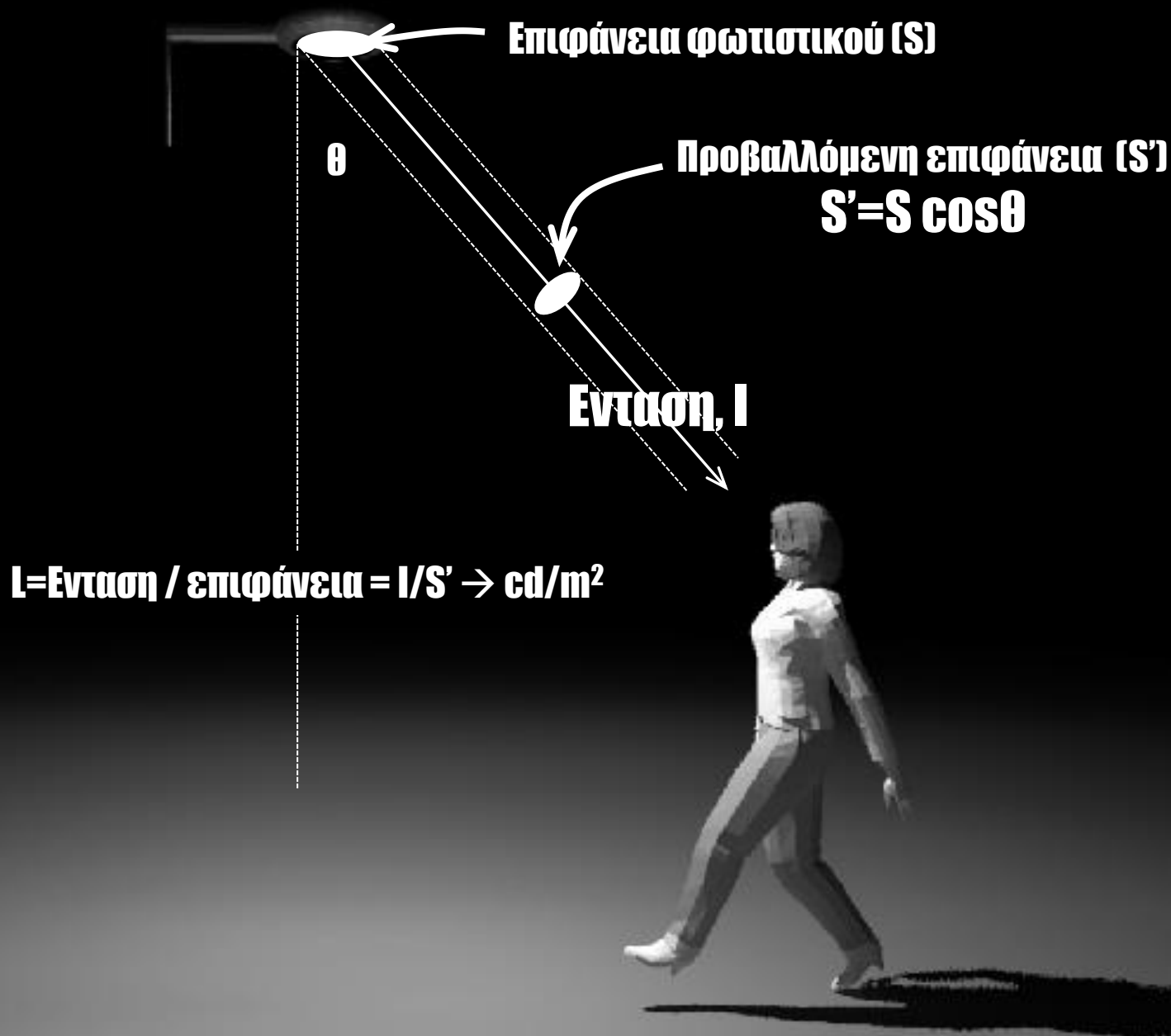
ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ



Κατανομή έντασης φωτισμού → ομοιομορφία

ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

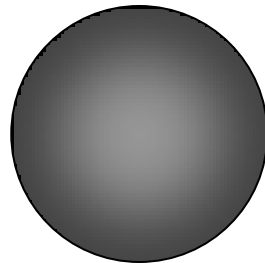
Λαμπρότητα (L)
Luminance
Μονάδα : cd/m^2



ΜΙΑ ΜΙΚΡΗ ΑΣΚΗΣΗ

**Φωτεινή σφαίρα ακτίνας 1 m εκπέμπει 3140 lumen
προς όλες τις κατευθύνσεις.**

**Υπολογίστε την ένταση (I), την λαμπρότητα (L) και τον φωτισμό
σε επιφάνεια που απέχει 10 m από το κέντρο.**



ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

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 → **$L = E \cdot \rho / \pi$**

ΕΥΡΕΙΑ ΓΚΑΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

ΑΛΟΓΟΝΟΥ

ΦΘΟΡΙΣΜΟΥ

ΧΑΜΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΝΑΤΡΙΟΥ

ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΝΑΤΡΙΟΥ

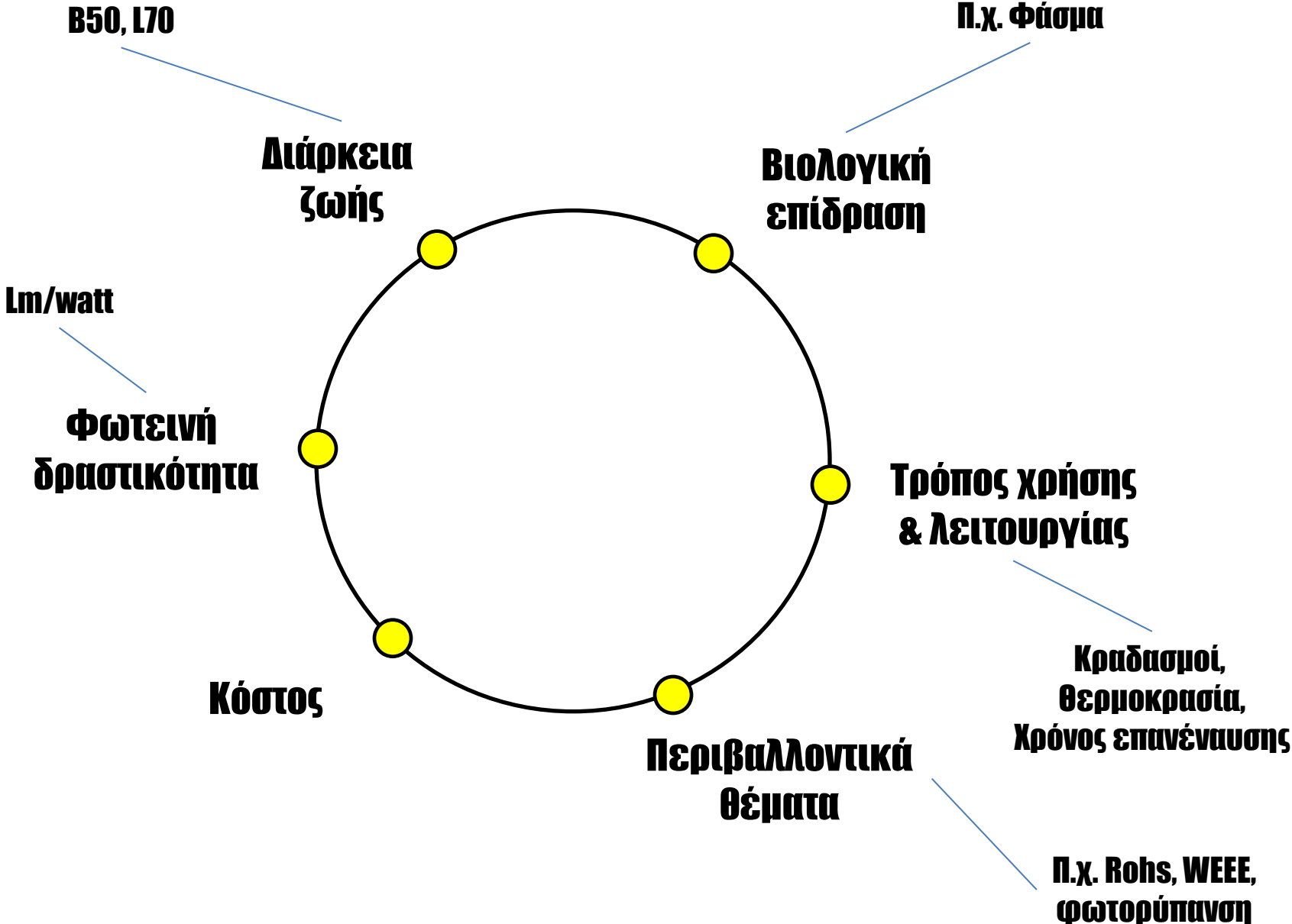
ΑΛΟΓΟΝΙΔΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥ (quartz-ceramic, switch-pulse start, dim)

ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ

ΕΠΑΓΩΓΗΣ

LED

ΕΠΙΛΟΓΗ



ΠΗΓΕΣ ΦΩΤΙΣΜΟΥ

ΦΩΤΕΙΝΗ ΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ → Π.Χ. 100 lm/W

ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΧΡΩΜΑΤΟΣ → 4000 °K

ΔΕΙΚΤΗΣ ΧΡΩΜΑΤΙΚΗΣ ΑΠΟΔΟΣΗΣ → 83 (Ra 8)

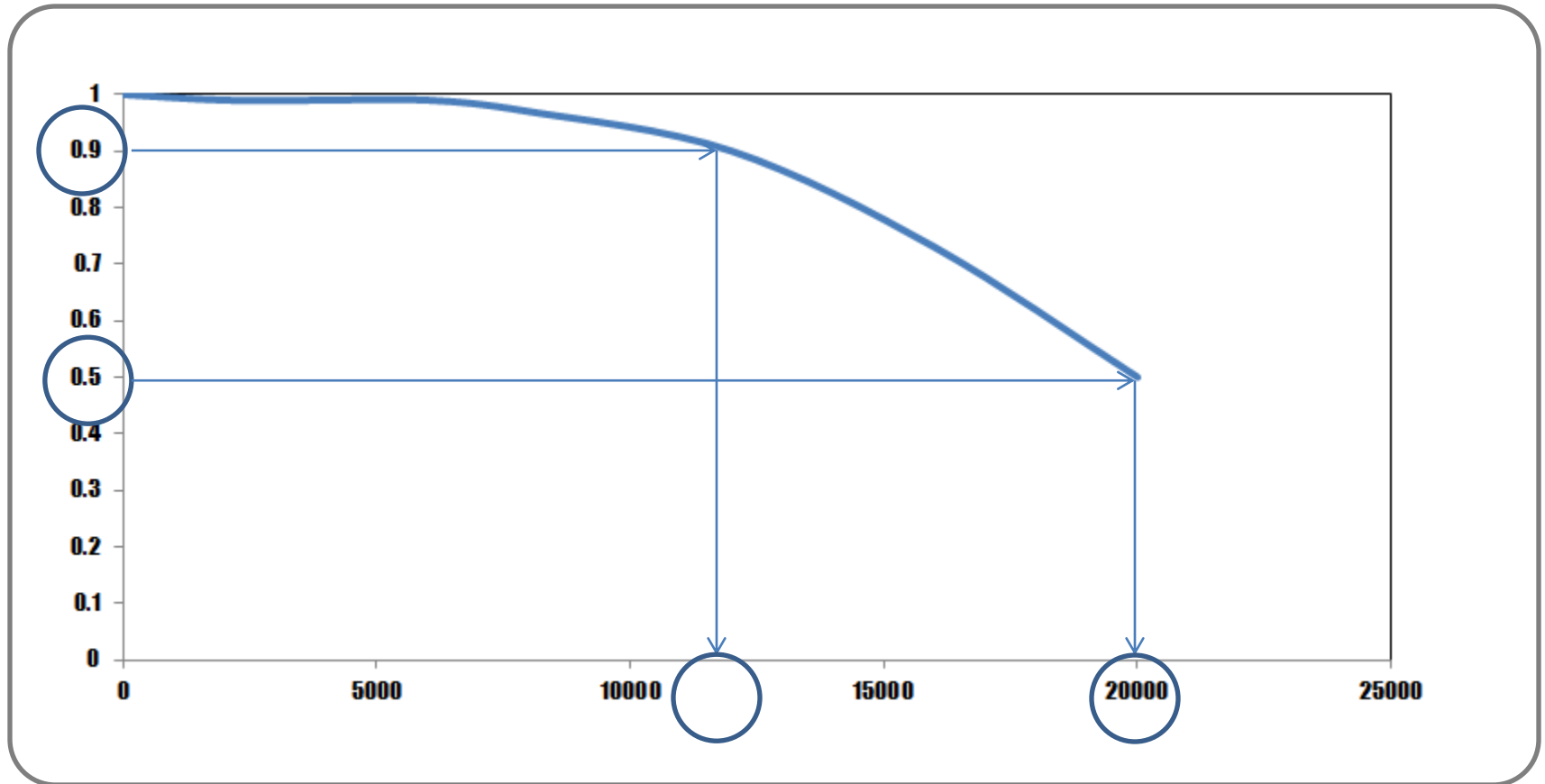


840

θερμό λευκό	<3300 °K
Ουδέτερο/ενδιάμεσο	3300 – 5300 °K
Ψυχρό	> 5300 °K

ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ → (π.χ. Nominal 12B10= 12000 h, rated 12B50= 20000 h

Lamp Survival Factor

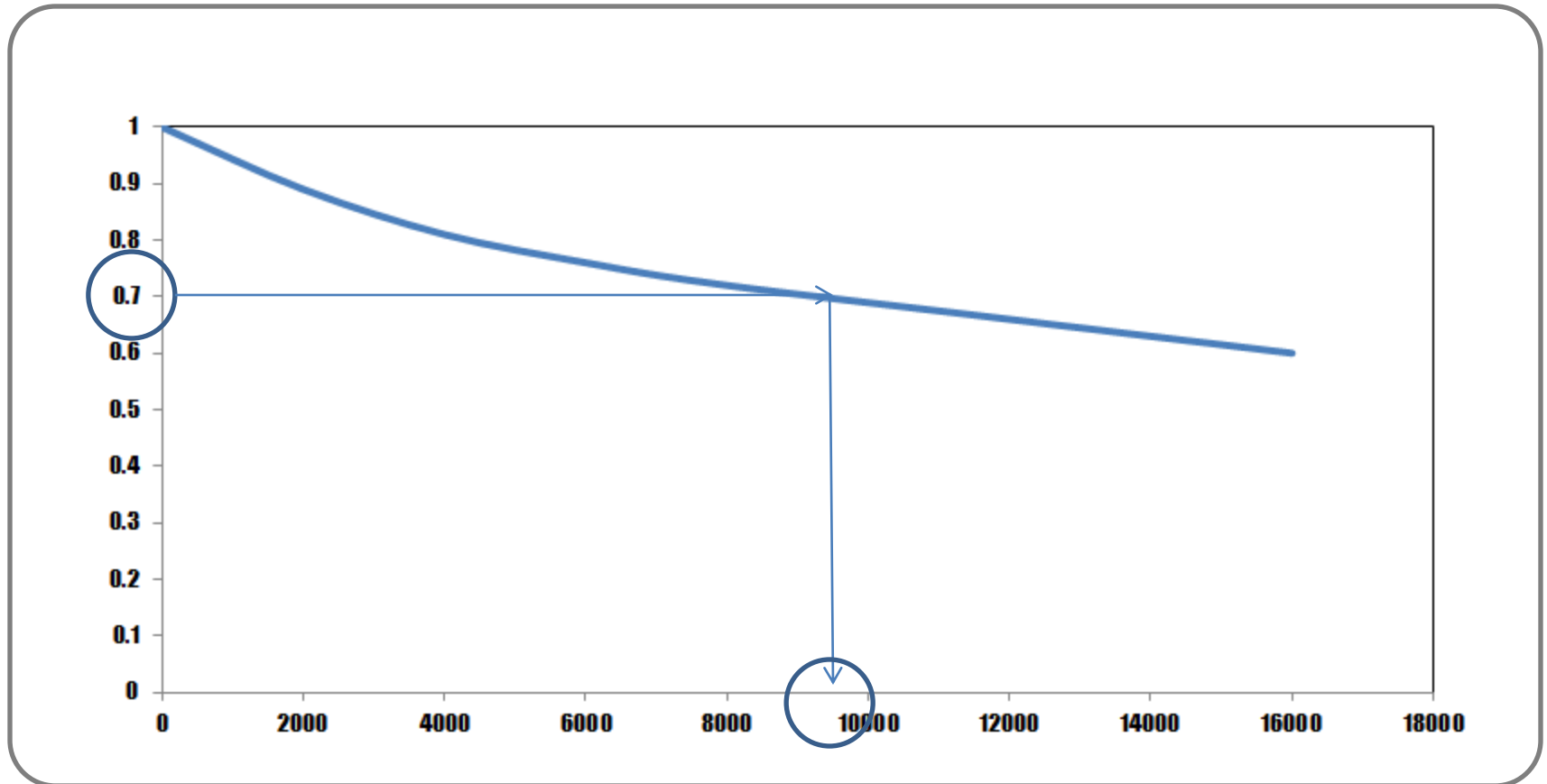


Nominal life

Average rated life

Στην συγκεκριμένη περίπτωση 12ώρος κύκλος , 11 h on, 1h off

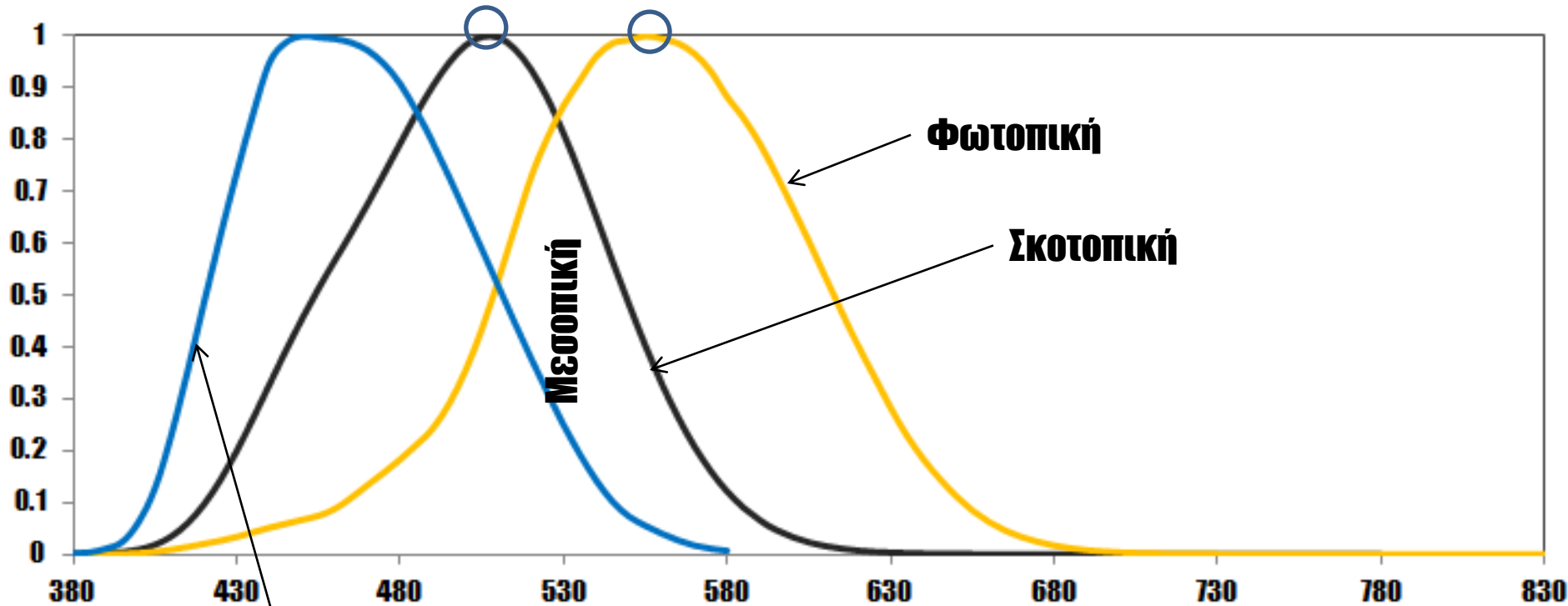
Lamp Lumen Maintenance Factor



Ενδιαφέρουσες προδιαγραφές για LEDs: LM 79, LM 80 & TM 21

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»)

**Ίδια φωτεινή ροή απο τα φωτιστικά (με όμοια φωτομετρική κατανομή)
προκαλούν την ίδια αίσθηση φωτεινότητας;**

Καθοριστική είναι η λαμπρότητα προσαρμογής

Scotopic/Photopic Ratio

Ένδεικτικά Χαμηλής πίεσης νατρίου → 0.25, LED 4300 → 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**

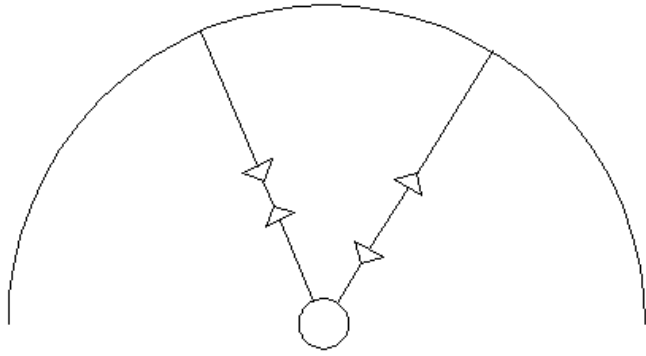
Υψηλής πίεσης νατρίου



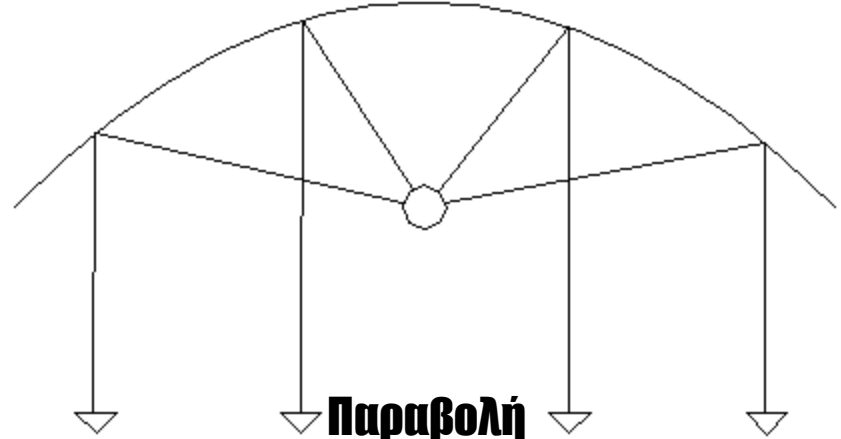
Αλογονιδίων μετάλλων



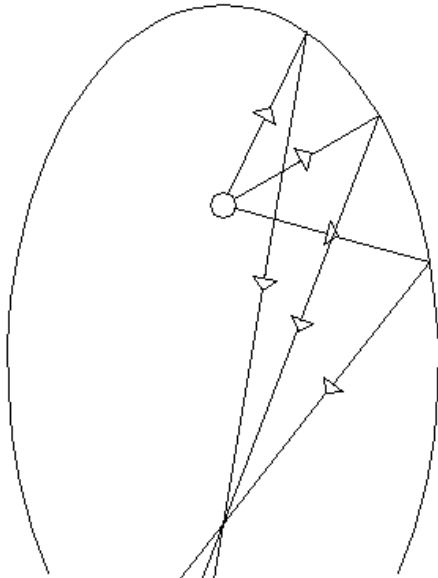
Φωτιστικά : ανακλαστήρες



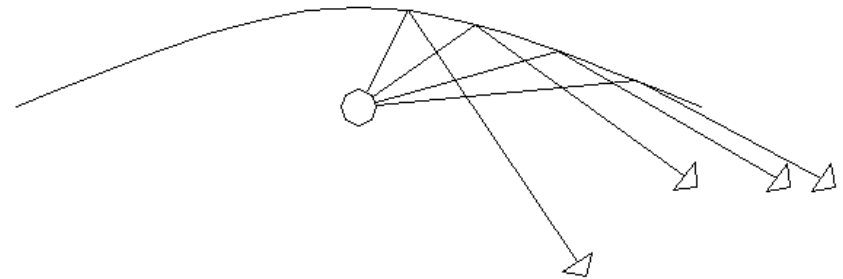
Κυκλος



Παραβολή

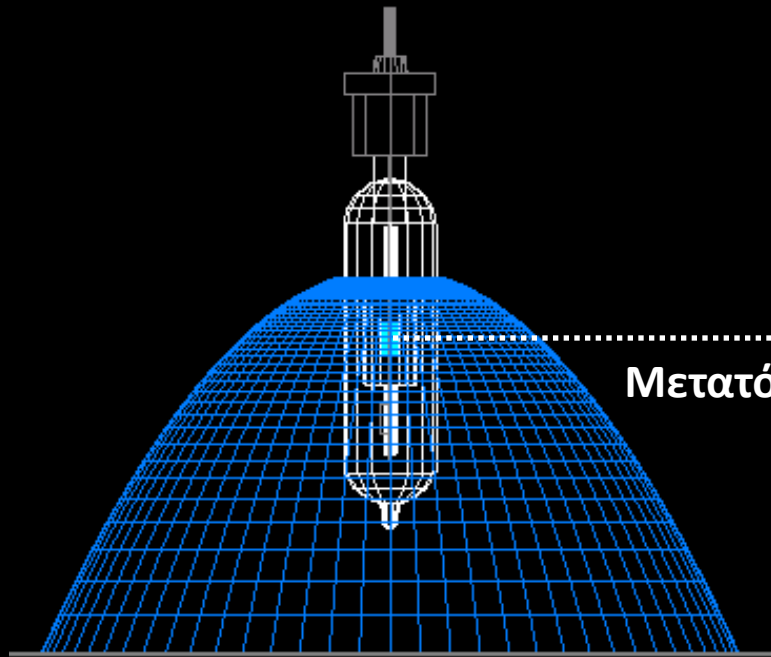


Ελλειψη

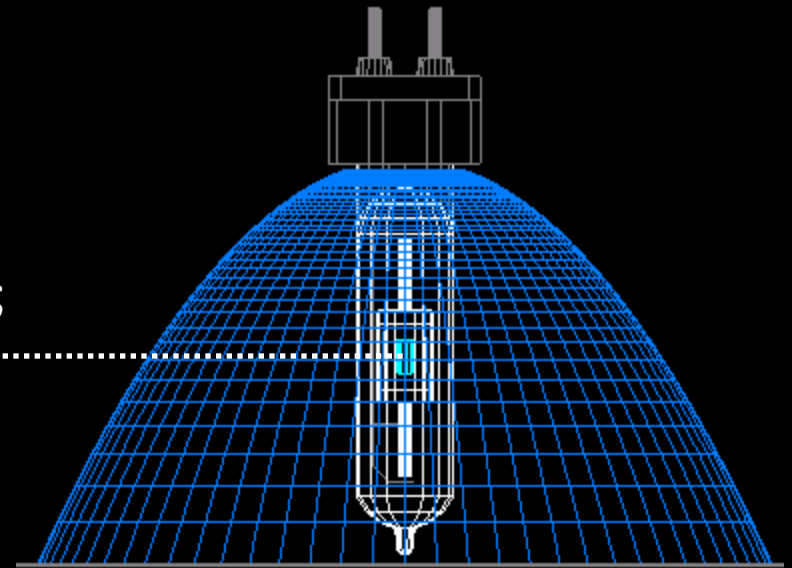


Υπερβολή

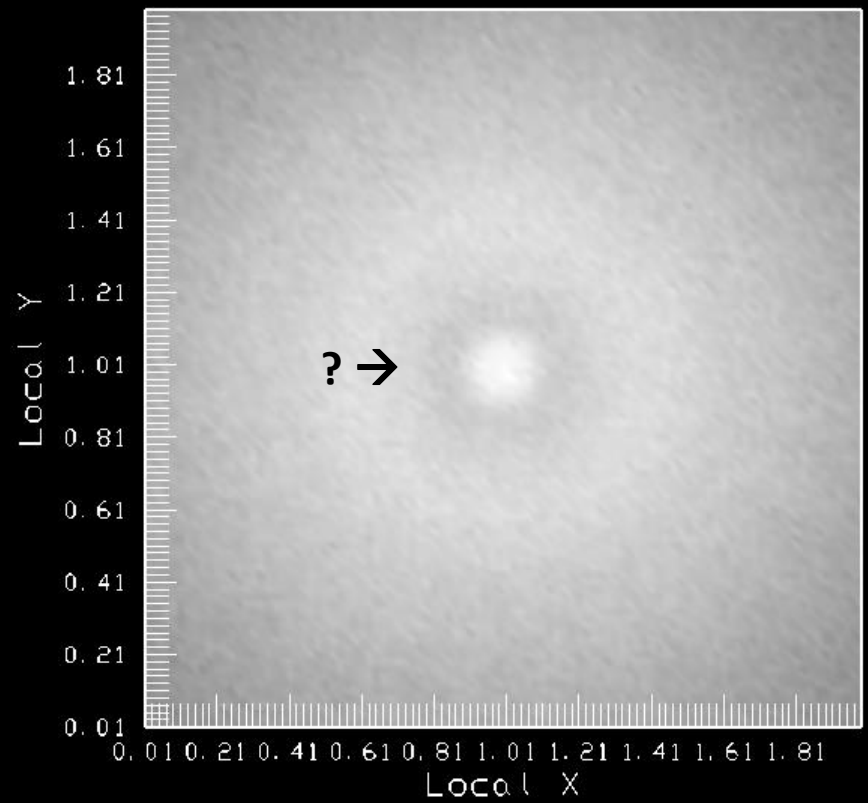
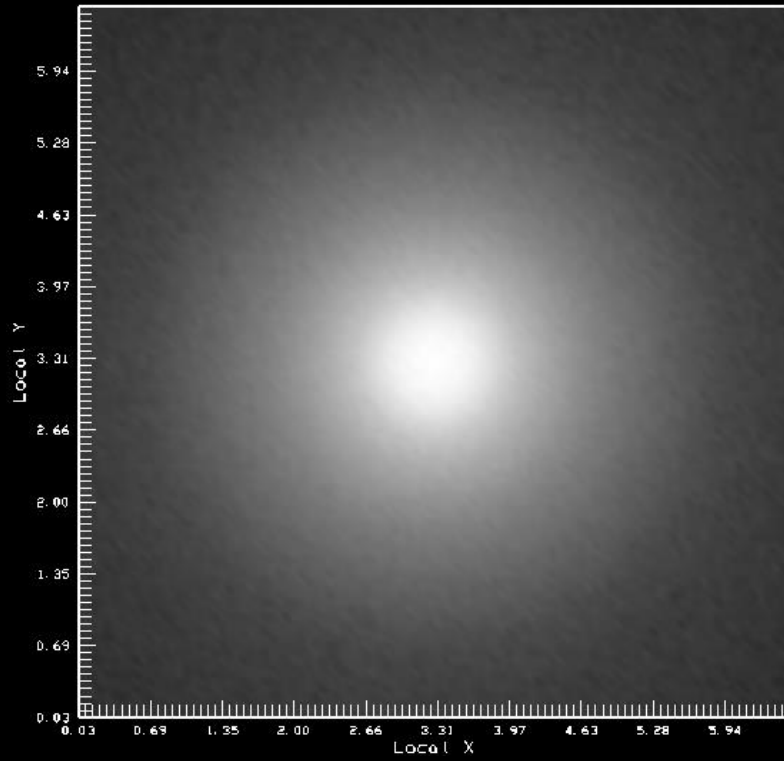
Φωτιστικά : ανακλαστήρες



Μετατόπιση πηγής



Φωτιστικά : ανακλαστήρες



Φωτιστικά : ανακλαστήρες



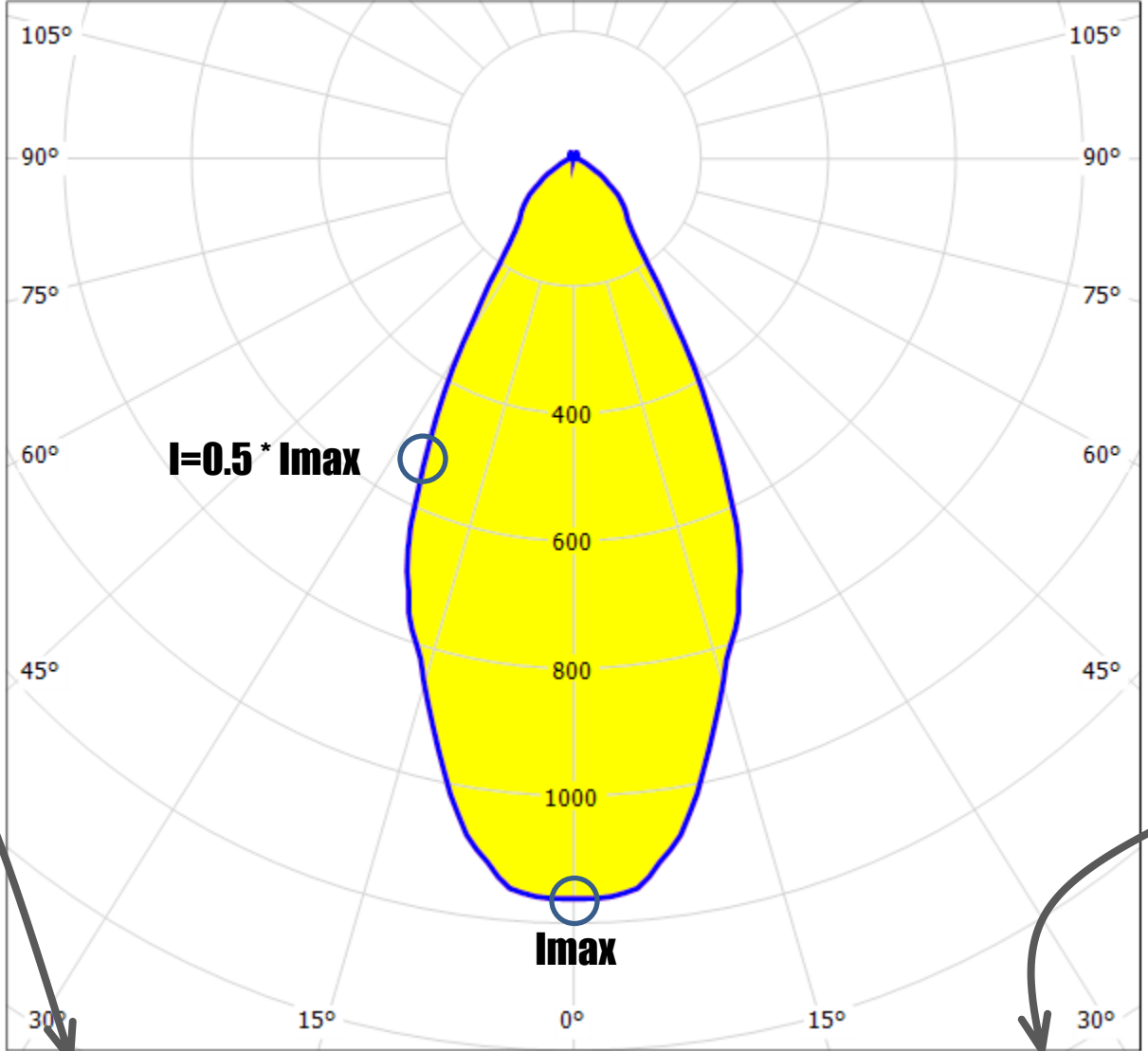
LED

Φωτιστικά : ανακλαστήρες

Γιατί δεν είναι επίπεδος
ο ανακλαστήρας;



Φωτιστικά



$I=0.5 * I_{max}$

I_{max}

Απόδοση
(γιατί είναι 100%;)

Οι εντάσεις
στα διαγράμματα
είναι
στα 1000 lumen

cd/klm
C0 - C180 C90 - C270

$\eta = 100\%$

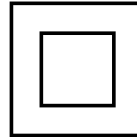
Φωτιστικά



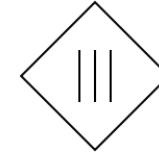
Class 0



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**

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

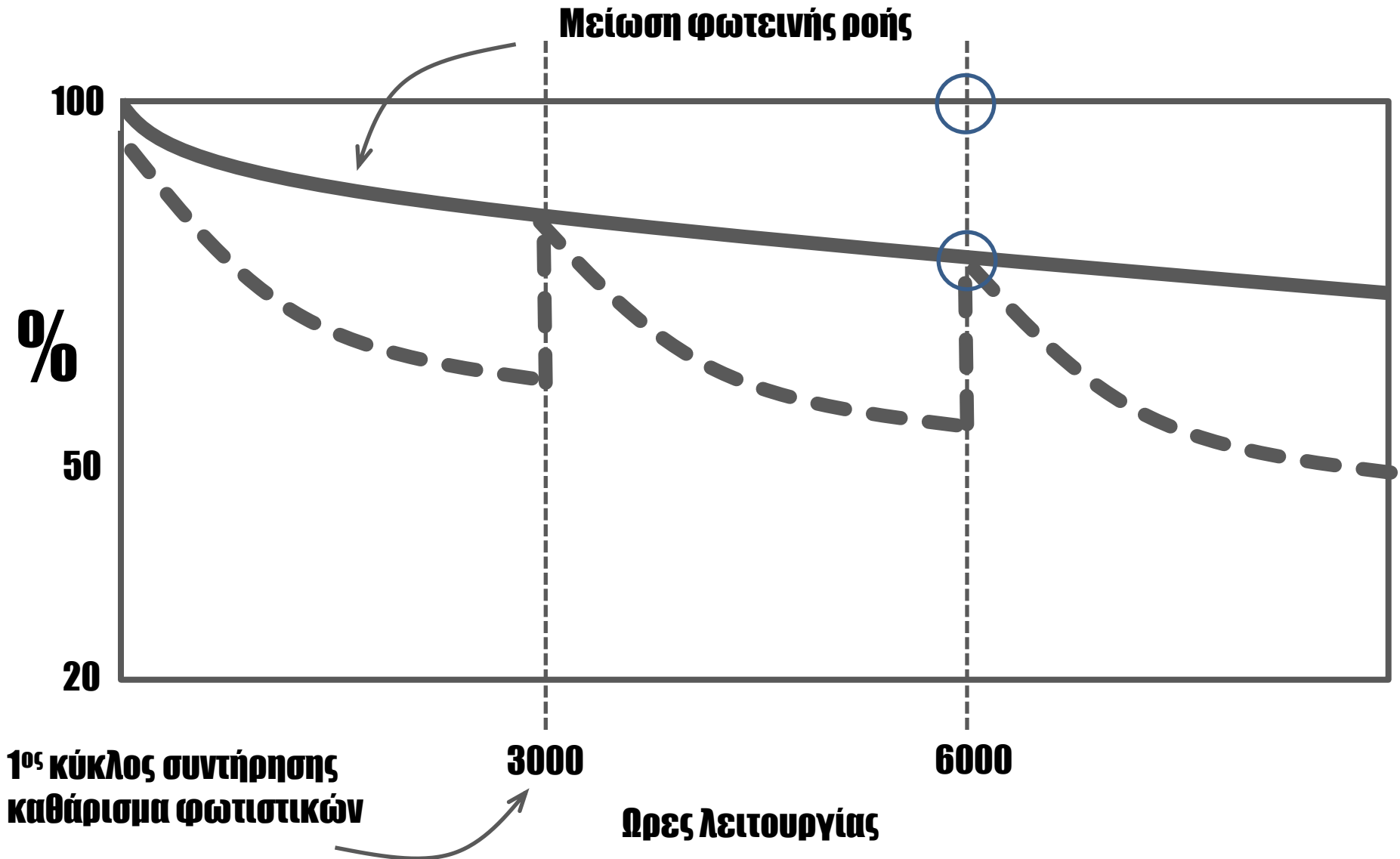
Lamp Lumen Maintenance Factor → LLMF

Lamp Survival Factor → LSF

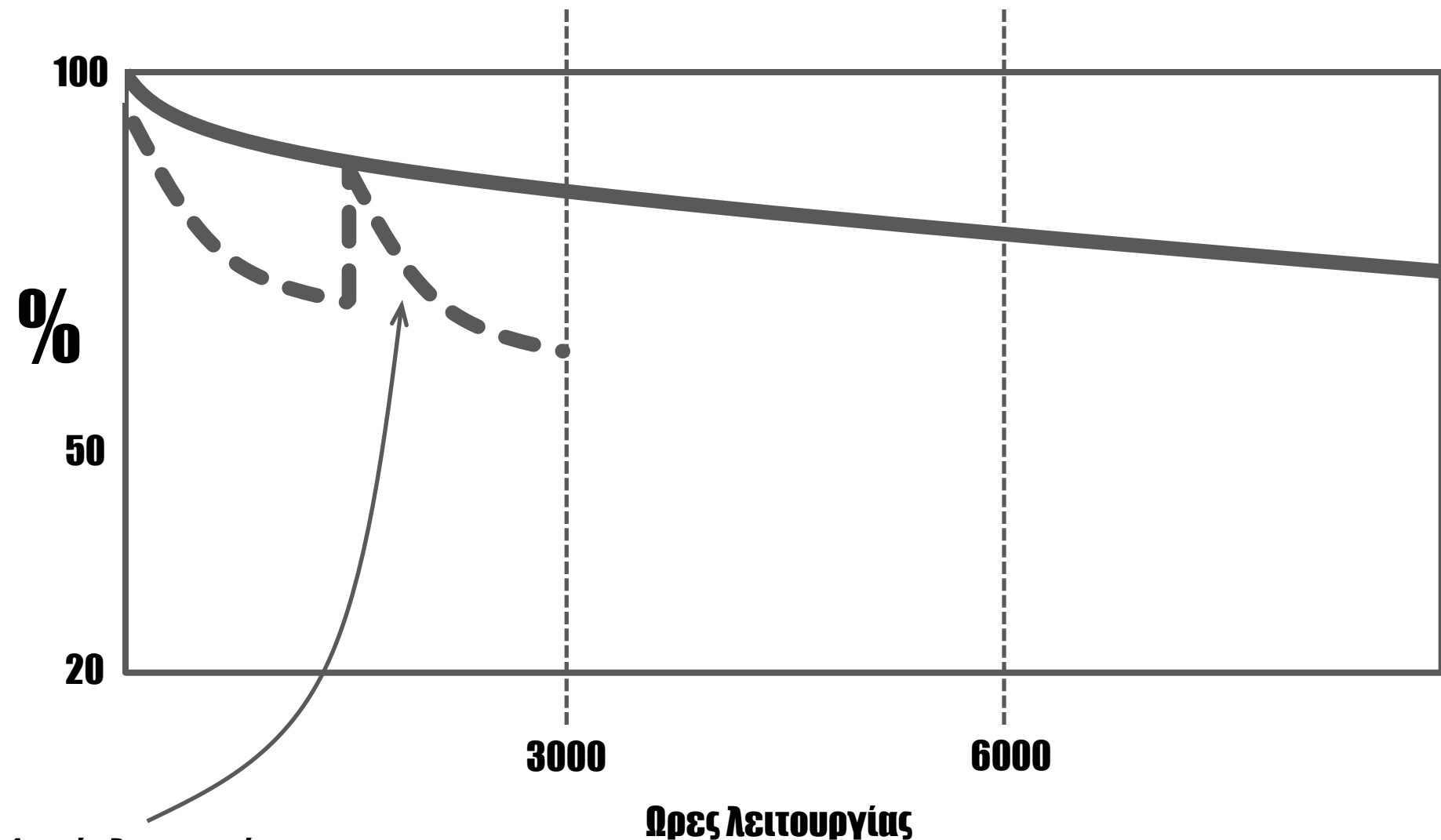
Luminaire Maintenance Factor → LMF

Surface Maintenance Factor → SMF

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (Maintenance Factor, MF)



ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ (Maintenance Factor, MF)

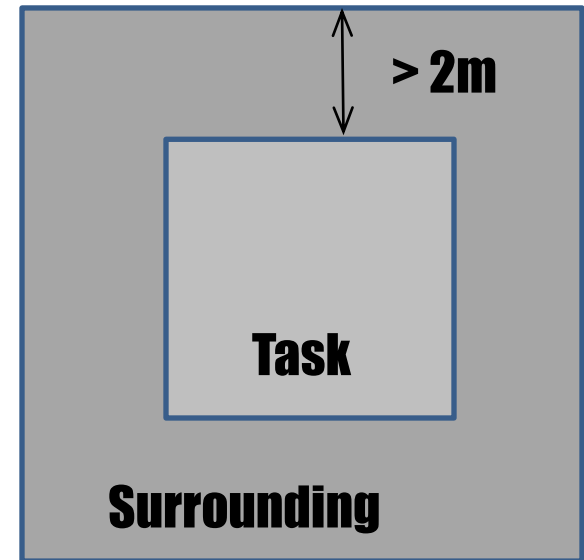


1^{ος} κύκλος συντήρησης
Μείωση χρονικού διαστήματος καθαρισμού

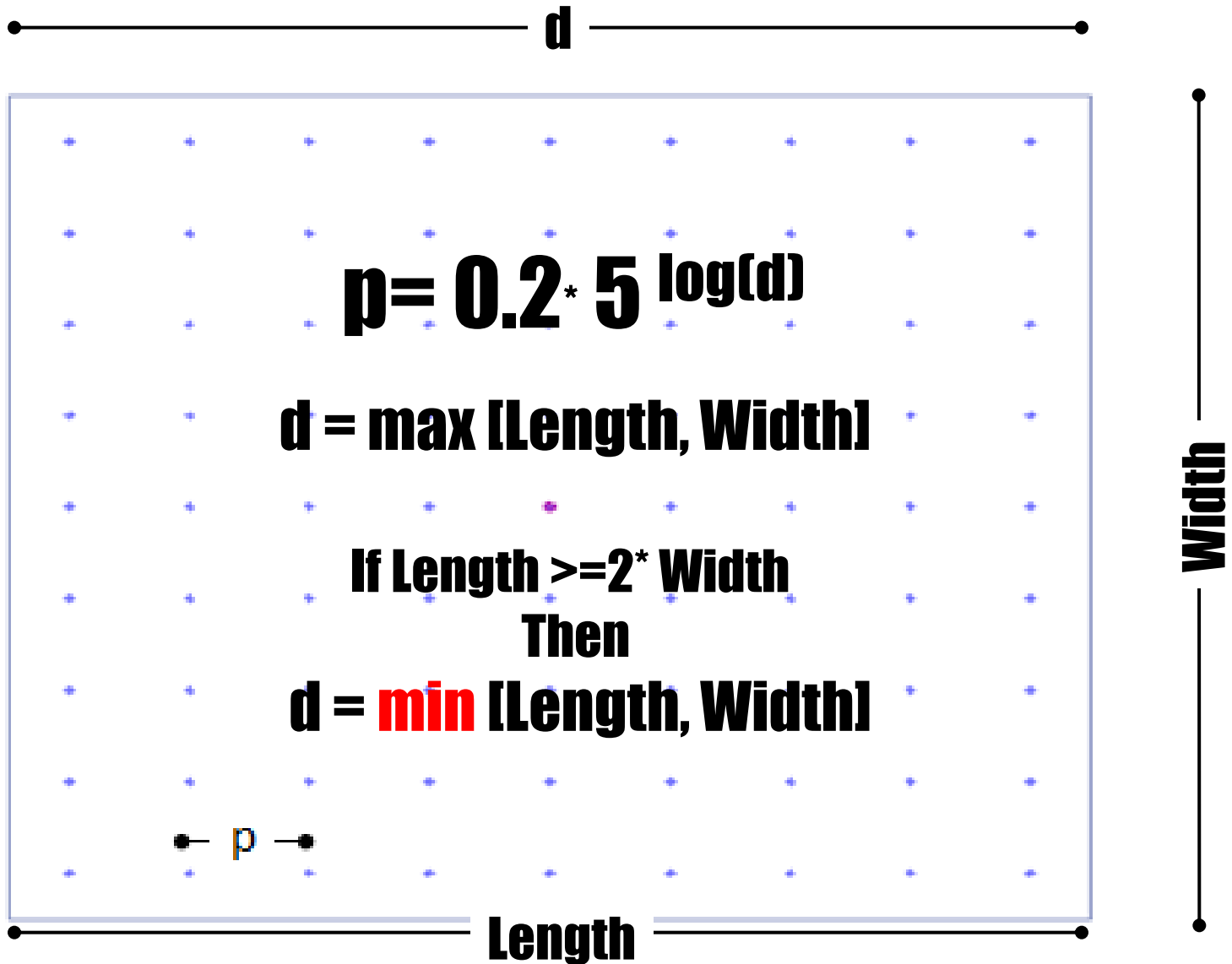
Ωρες λειτουργίας

Διαχωρισμός απαιτήσεων ανάμεσα σε επιφάνεια εκτέλεσης έργου και περιβάλλουσα επιφάνεια

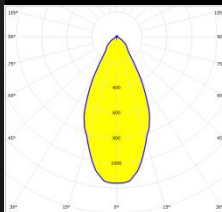
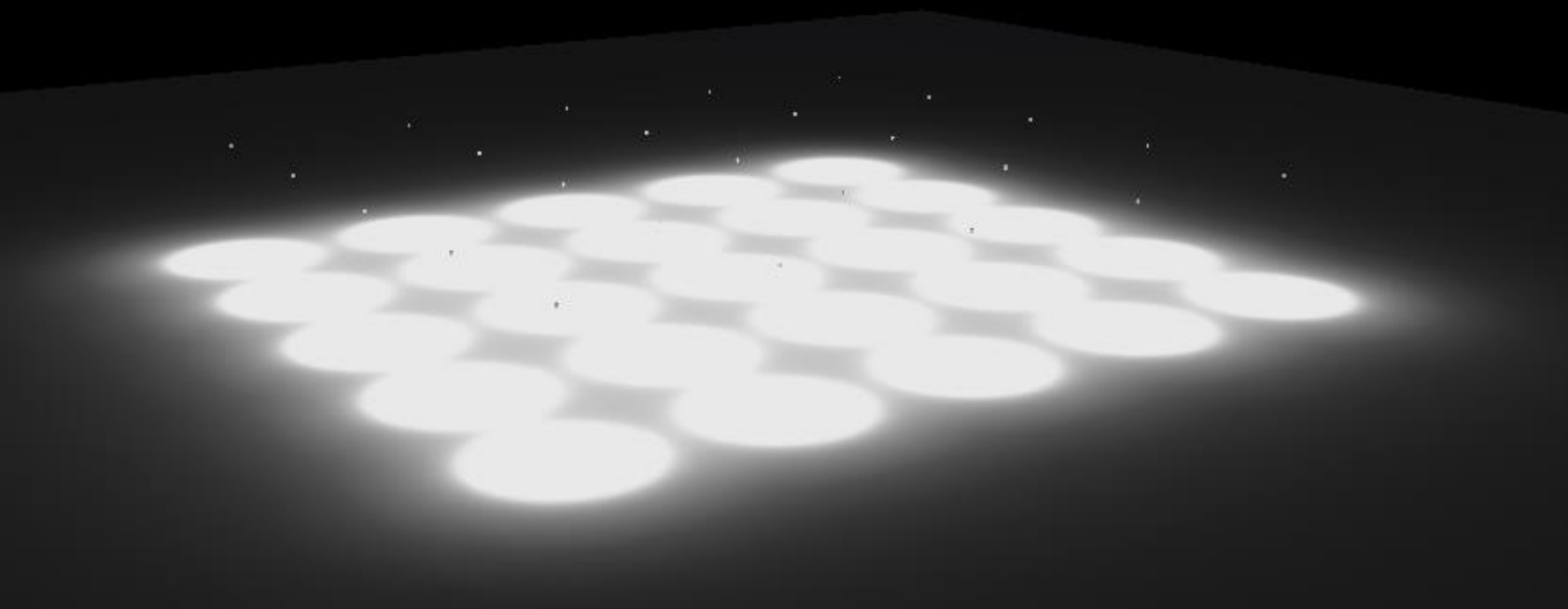
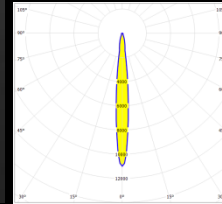
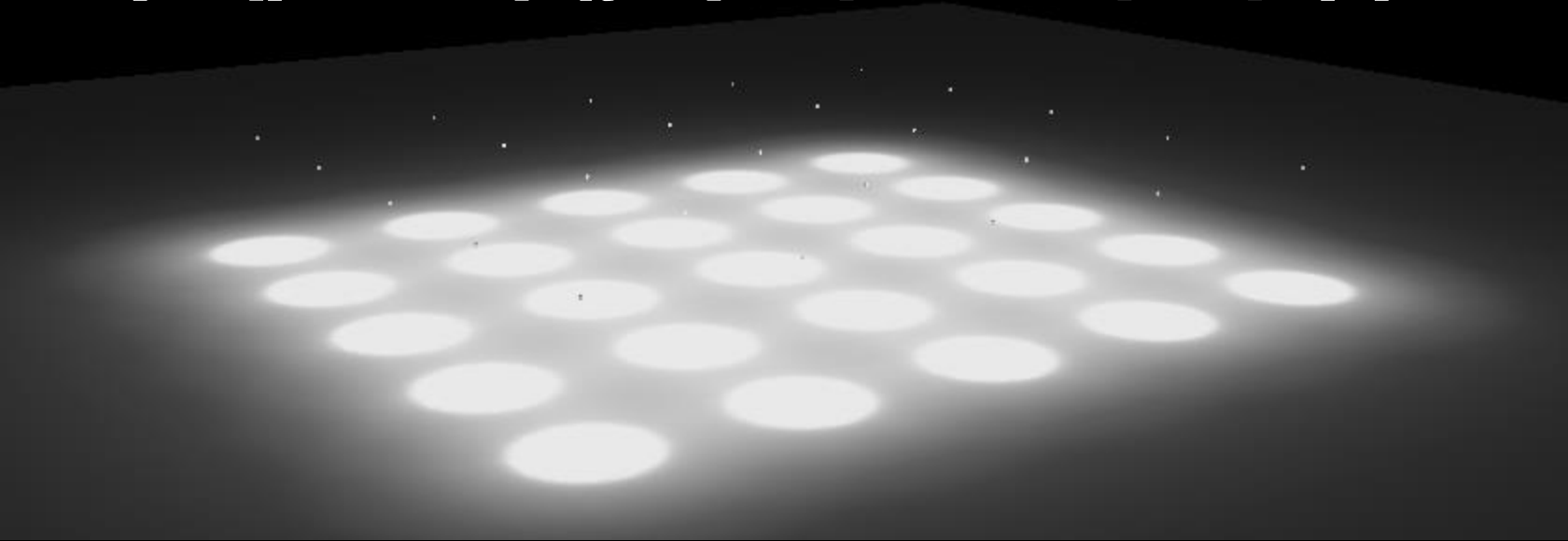
Task area	Surrounding area
≥ 500 lux	100 lux
300 lux	75 lux
200 lux	50 lux
150 lux	30 lux
$50 \leq \dots \leq 100$ lux	20 lux
< 50 lux	-
	$U_0 \geq 0.1$



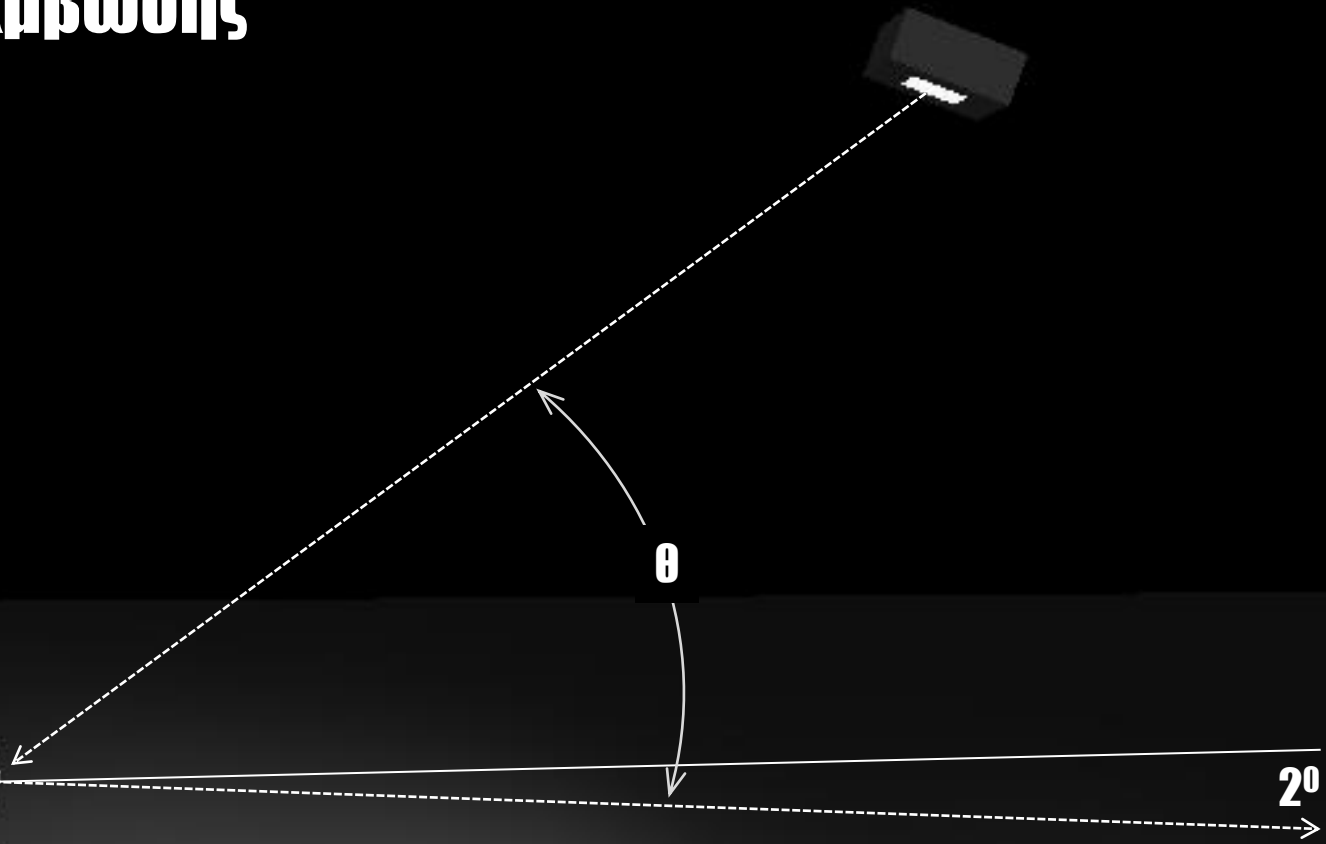
Κάνναβος υπολογισμού



Παρατηρείστε τη σχέση ανέμεσα σε ομοιομορφία και δέσμη



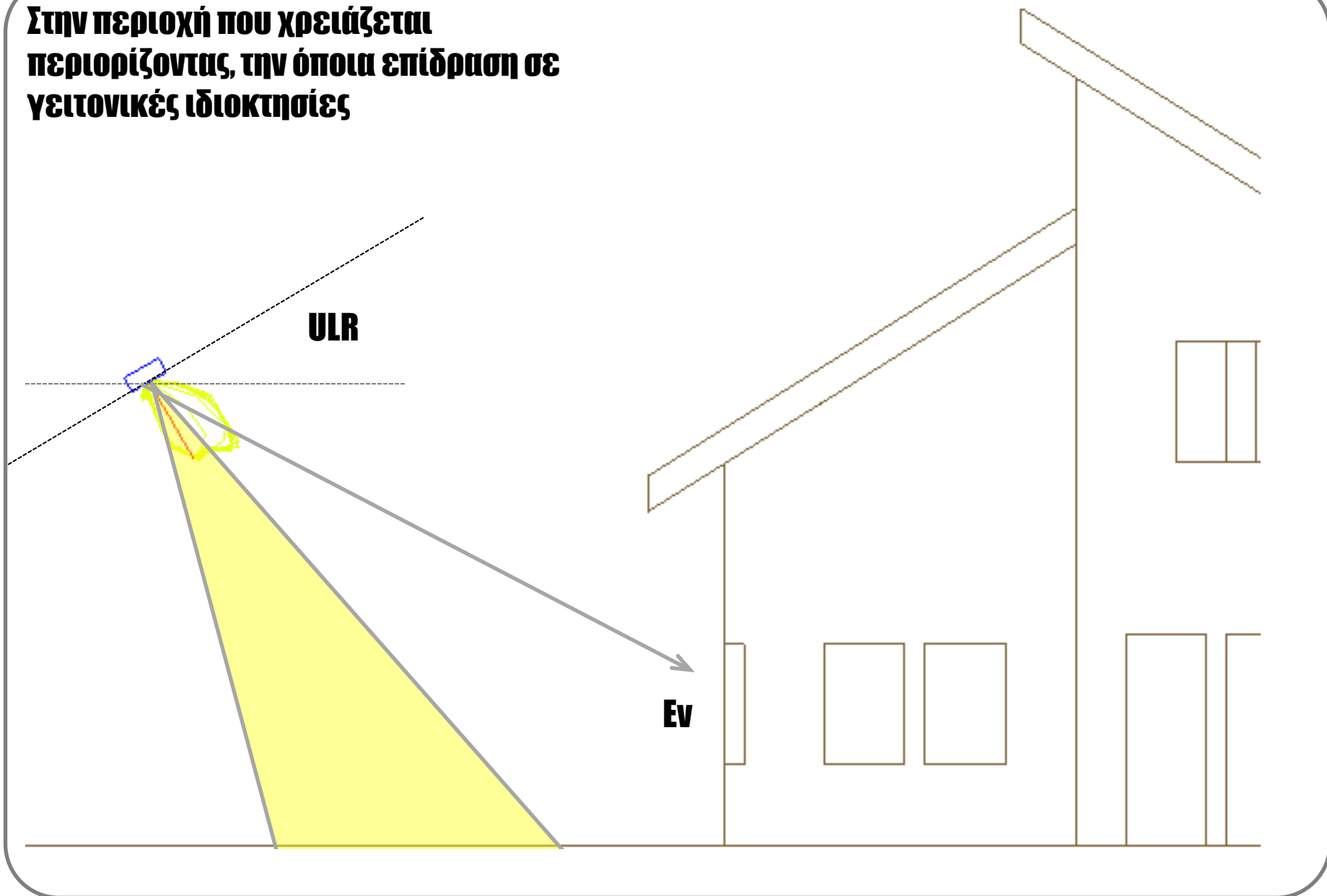
Βαθμός θάμβωσης



$$GR = 27 + 24 \cdot \log_{10} \left[\frac{L_{vl}}{L_{ve}^{0.9}} \right] \frac{10 \cdot E_{eye} \cdot \theta^2}{\frac{0.035 \cdot E_{\eta} \cdot \rho}{\pi}}$$

«Χρήσιμος» φωτισμός

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





Απαιτήσεις

Κατηγορία	ULR	E _v (Ιωκ)		I (σε)		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 !!!!

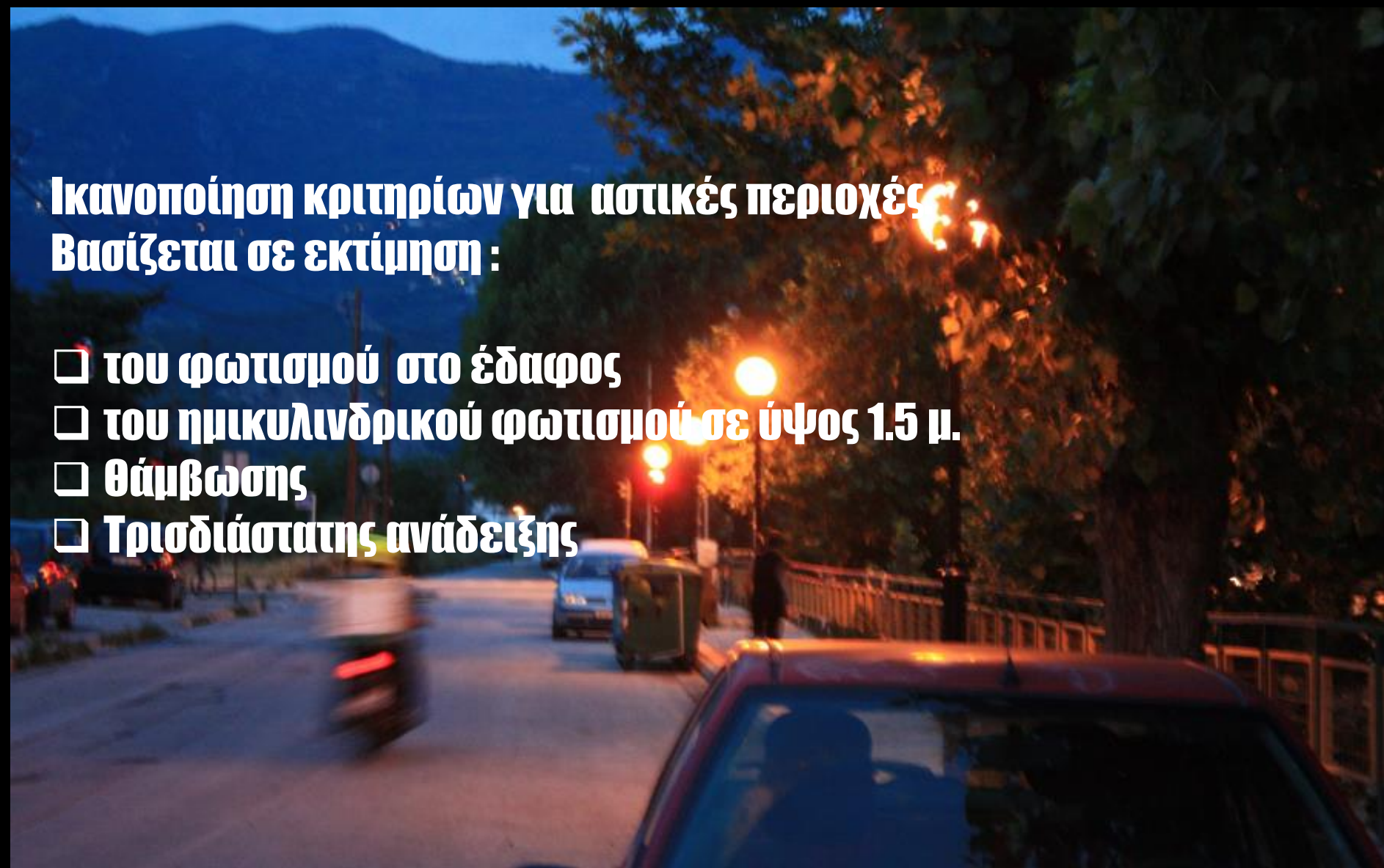
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

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»

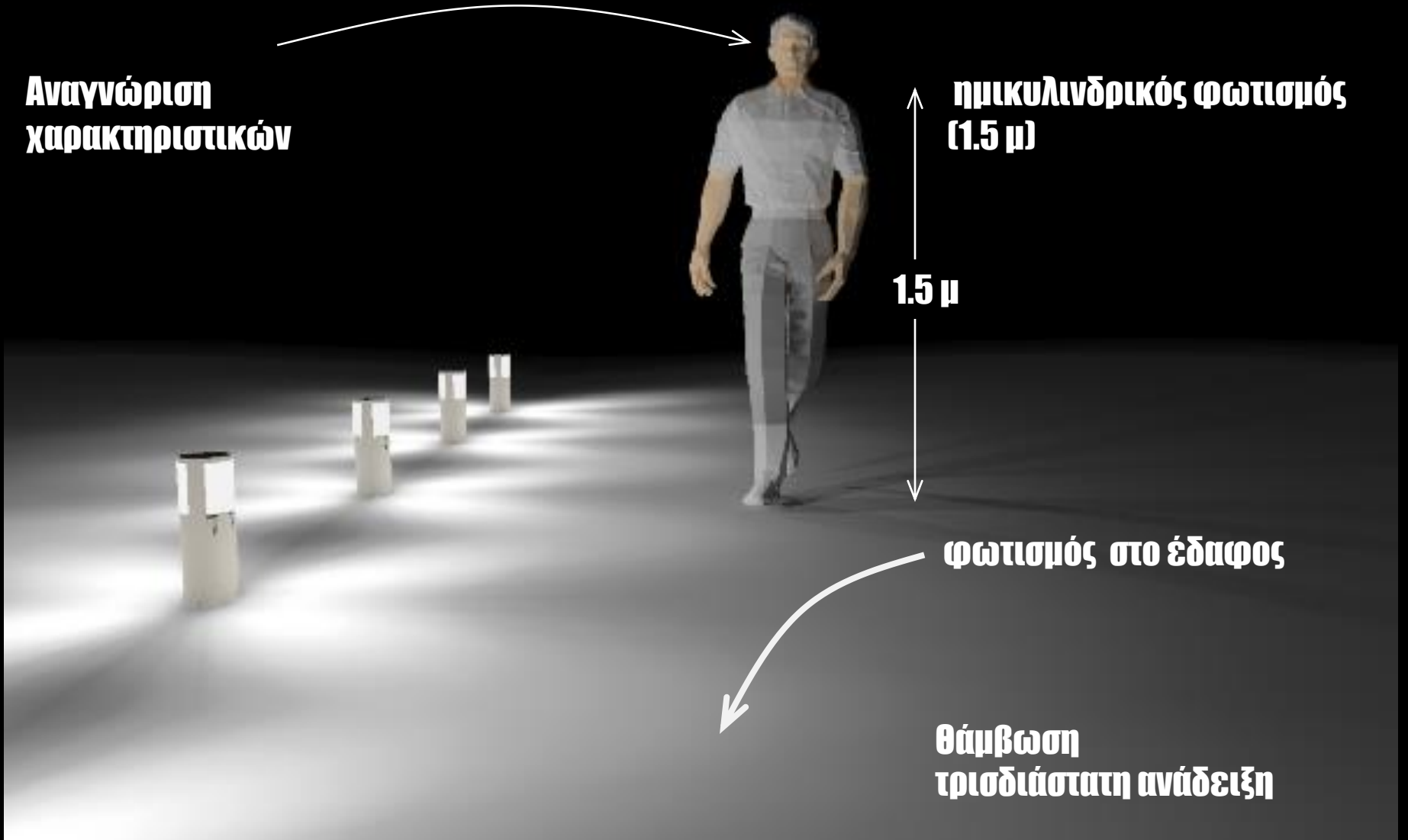
Αναγνώριση
χαρακτηριστικών

ημικυλινδρικός φωτισμός
(1.5 μ)

1.5 μ

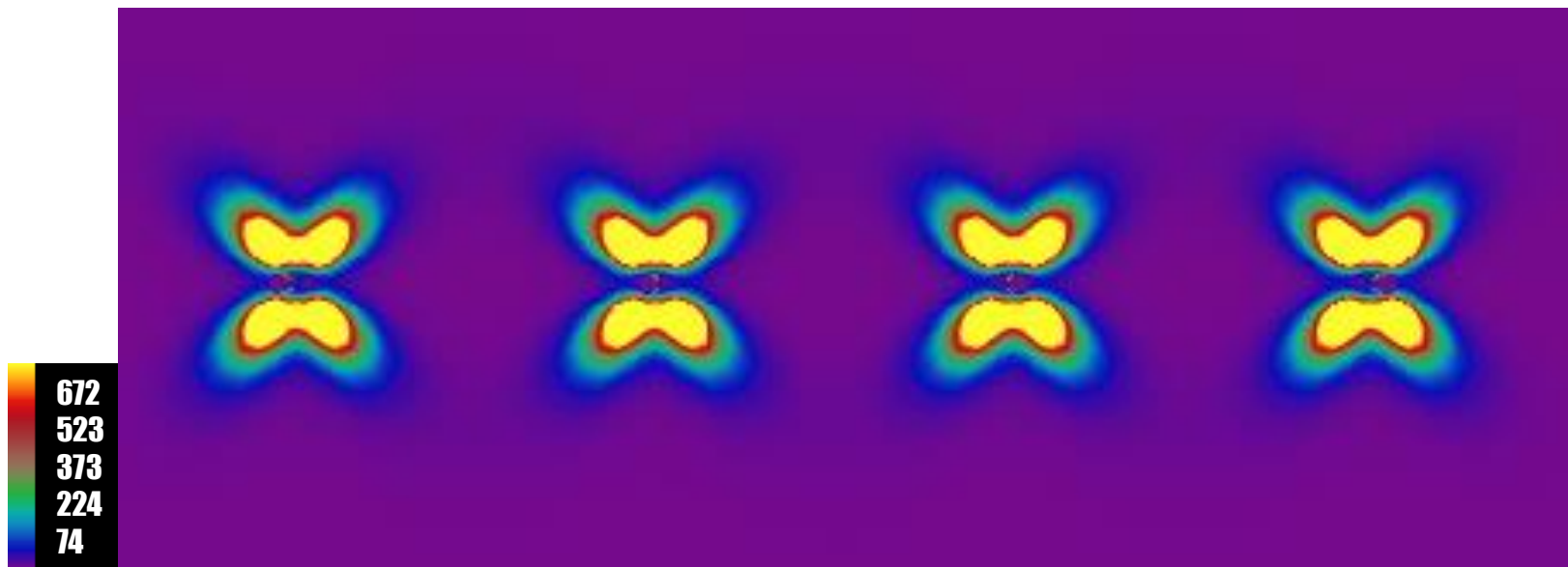
φωτισμός στο έδαφος

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 ;

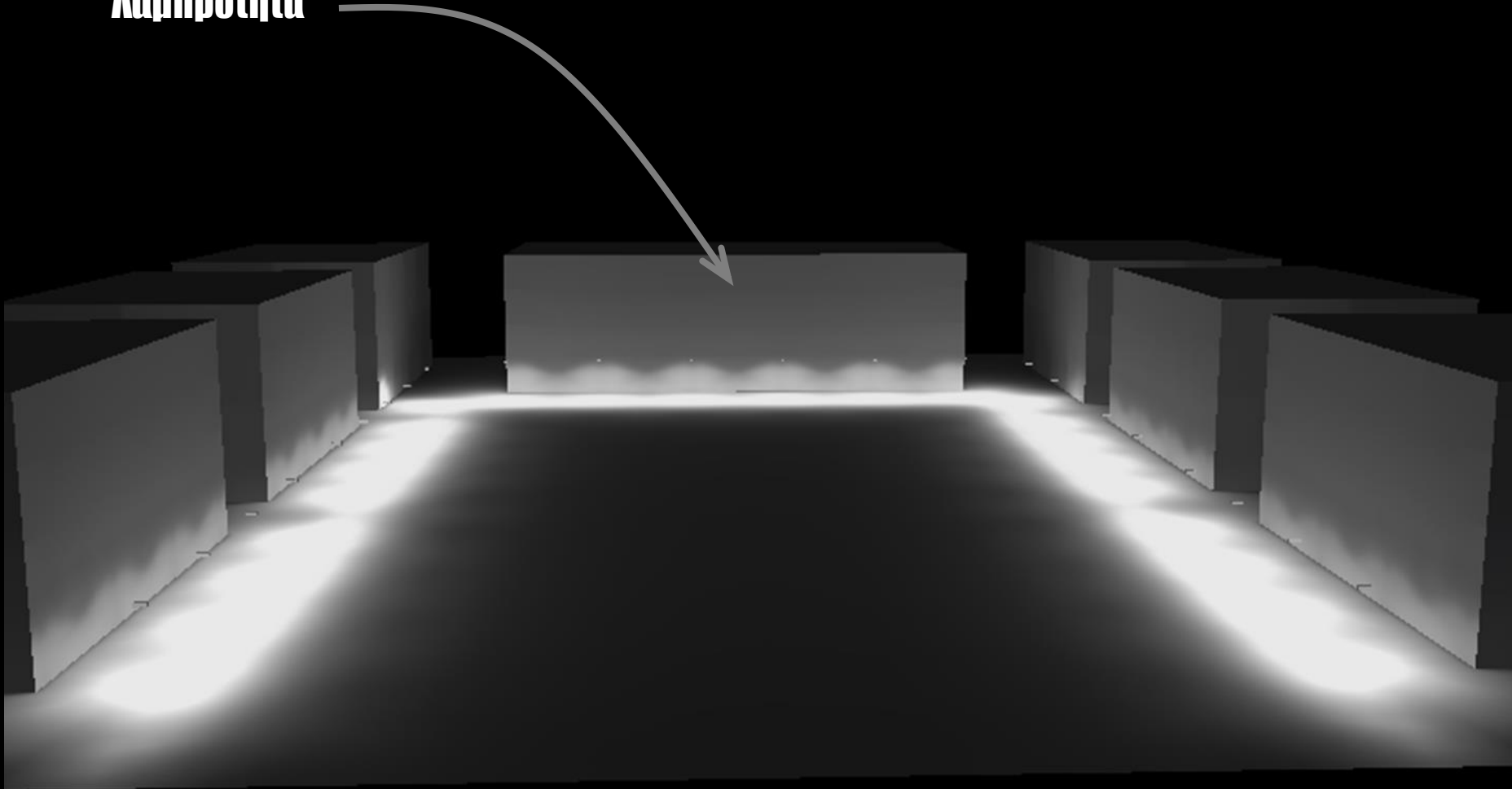


Η απόσταση μαζί με ύψος και φωτομετρική κατανομή επηρεάζει την ομοιομορφία

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

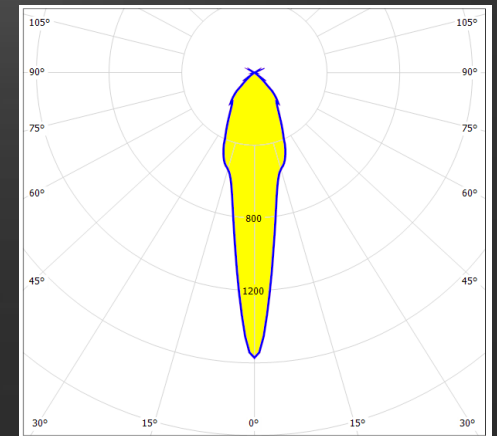
αγροτικές περιοχές

προάστια

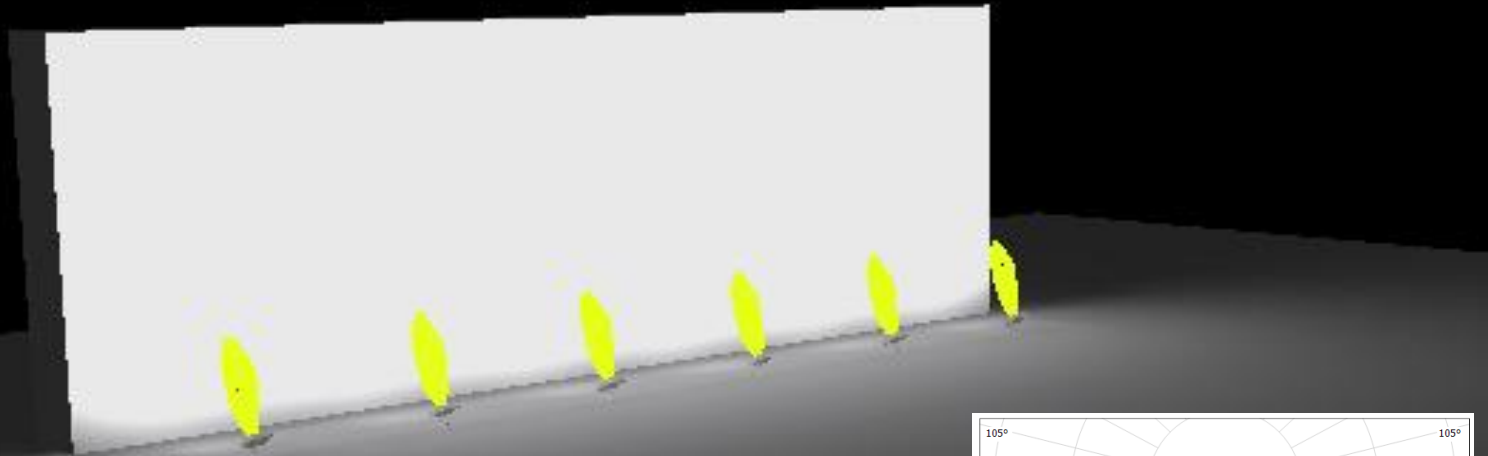
εμπορικό κέντρο

Προσόψεις

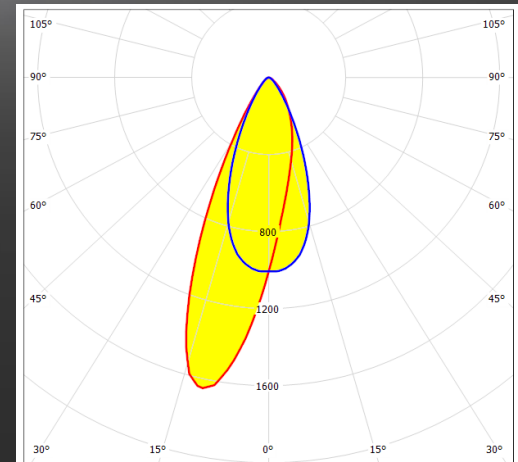
**Η προσέγγιση στη πρόσοψη (εφόσον η ομοιομορφία είναι επιθυμητή) οδηγεί σε υιοθέτηση ασύμμετρων φωτομετρικών κατανομών των φωτιστικών.
Στο παράδειγμα είναι συμμετρική η κατανομή**



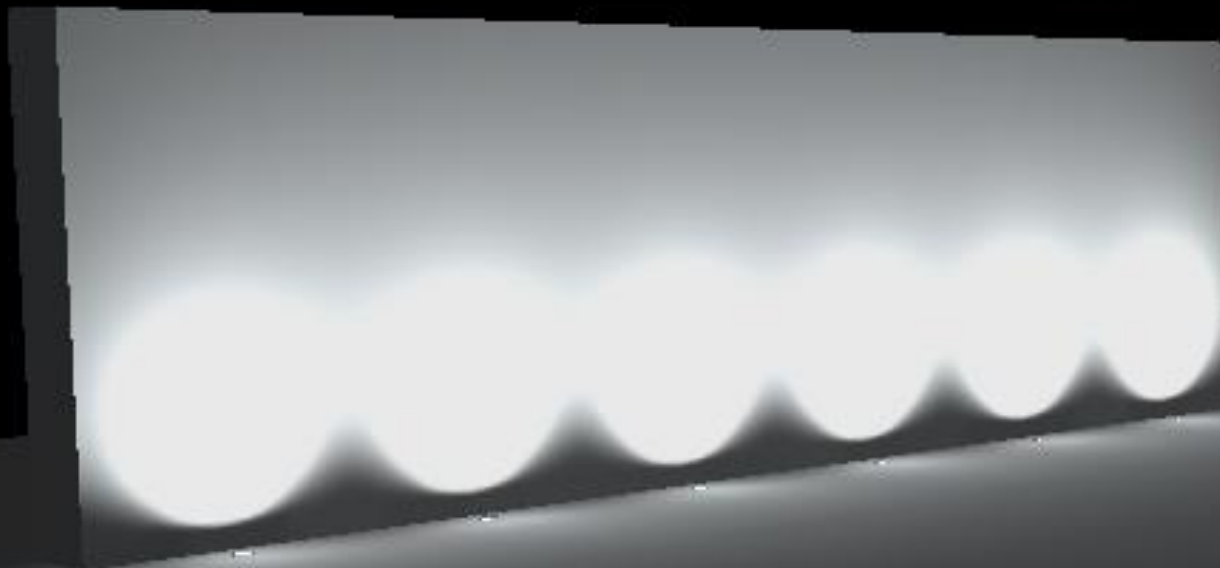
Προσόψεις



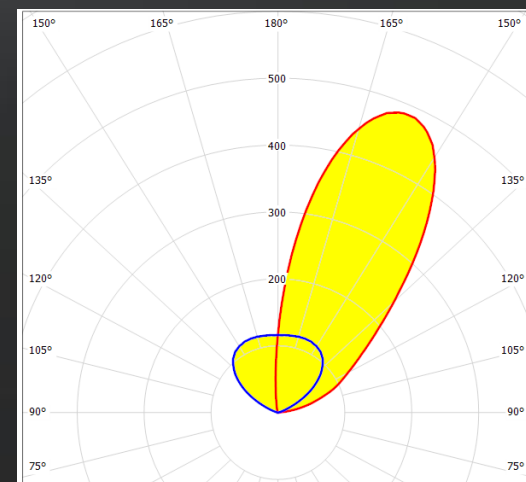
**Φωτιστικά (wallwashers) . Σχολιάστε το
φωτομετρικό διάγραμμα.**



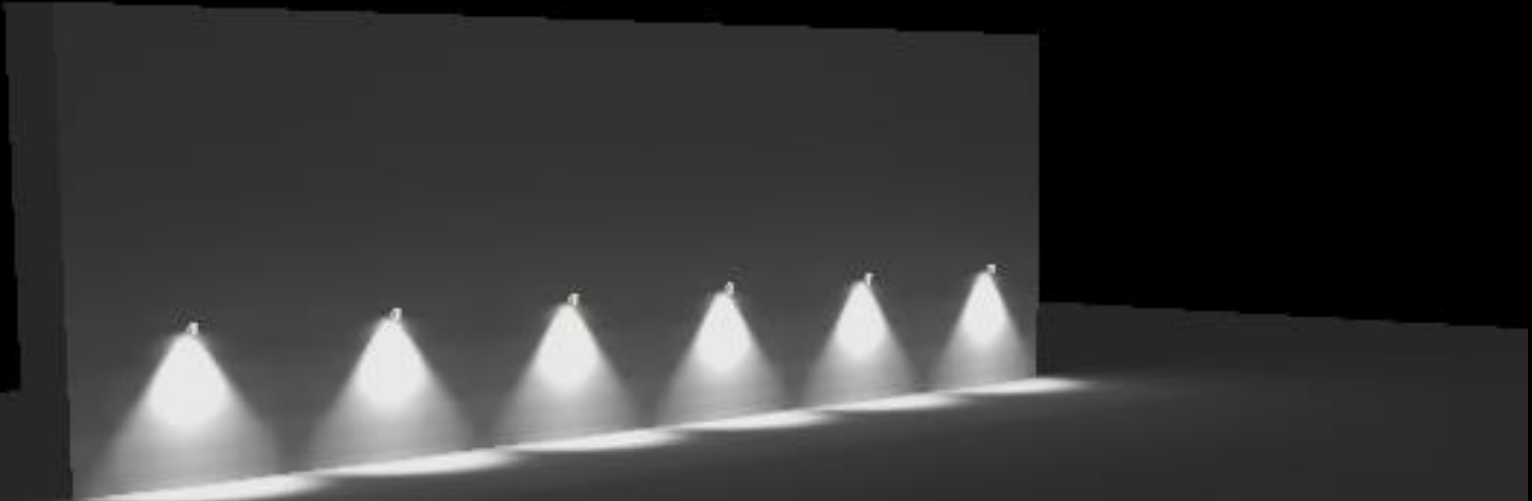
Προσόψεις



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

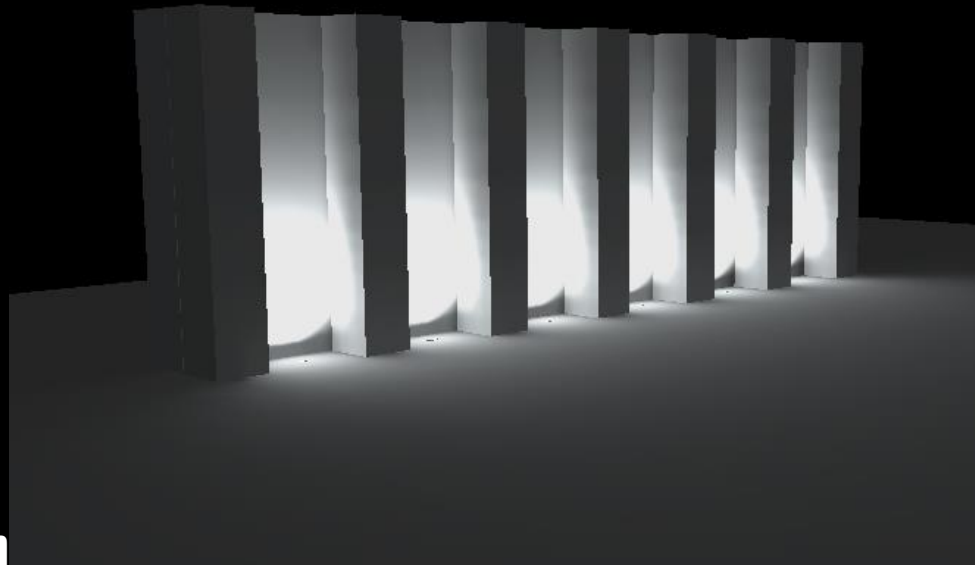
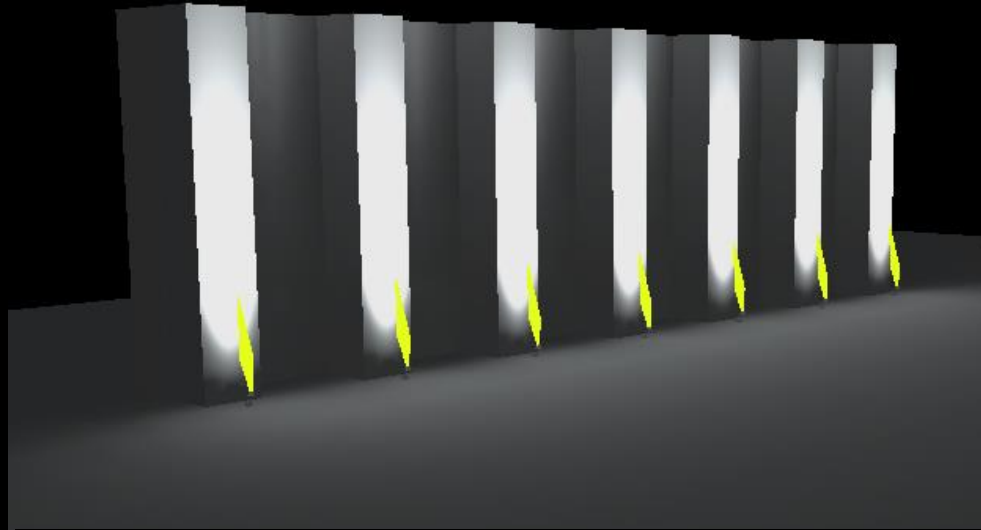


Προσόψεις



Φωτιστικά επί της πρόσοψης.

Προσόψεις

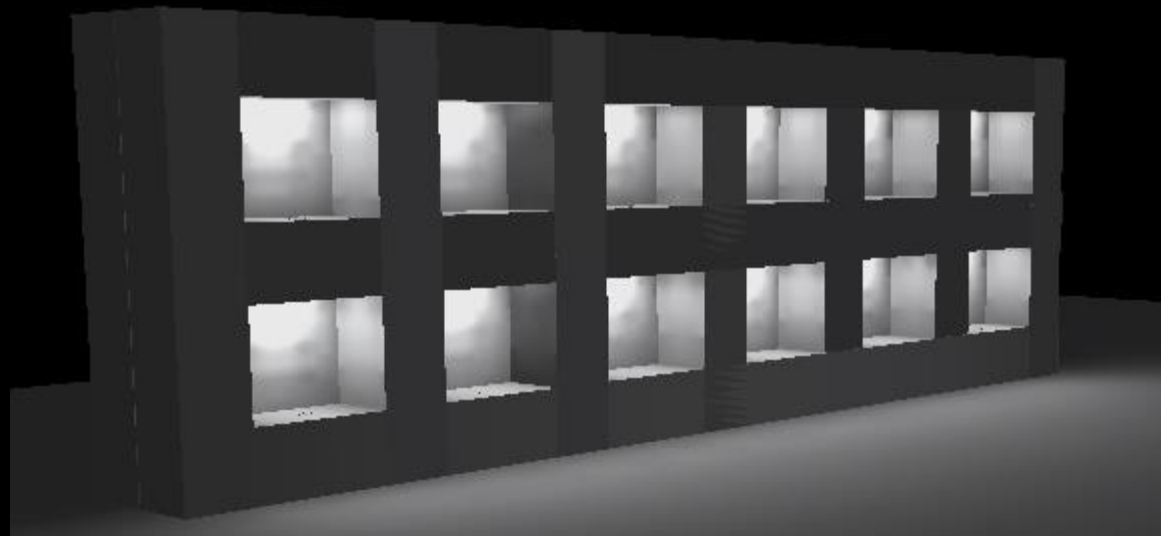


Συμμετρική τοποθέτηση

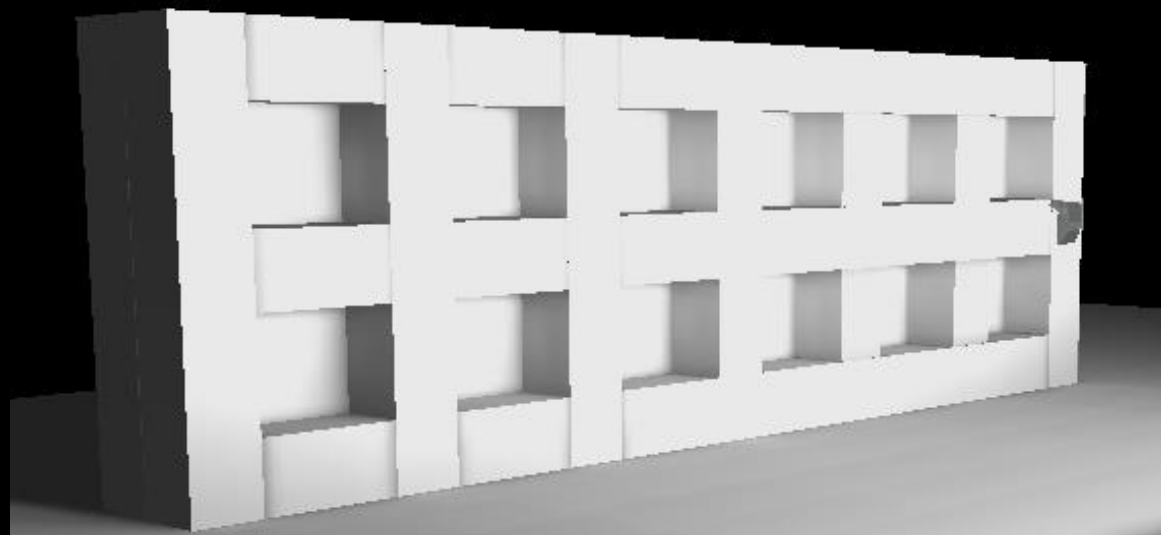
Προσόψεις



Προσόψεις



Ανάδειξη βάθους



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

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ

με χρήση λογισμικού

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:

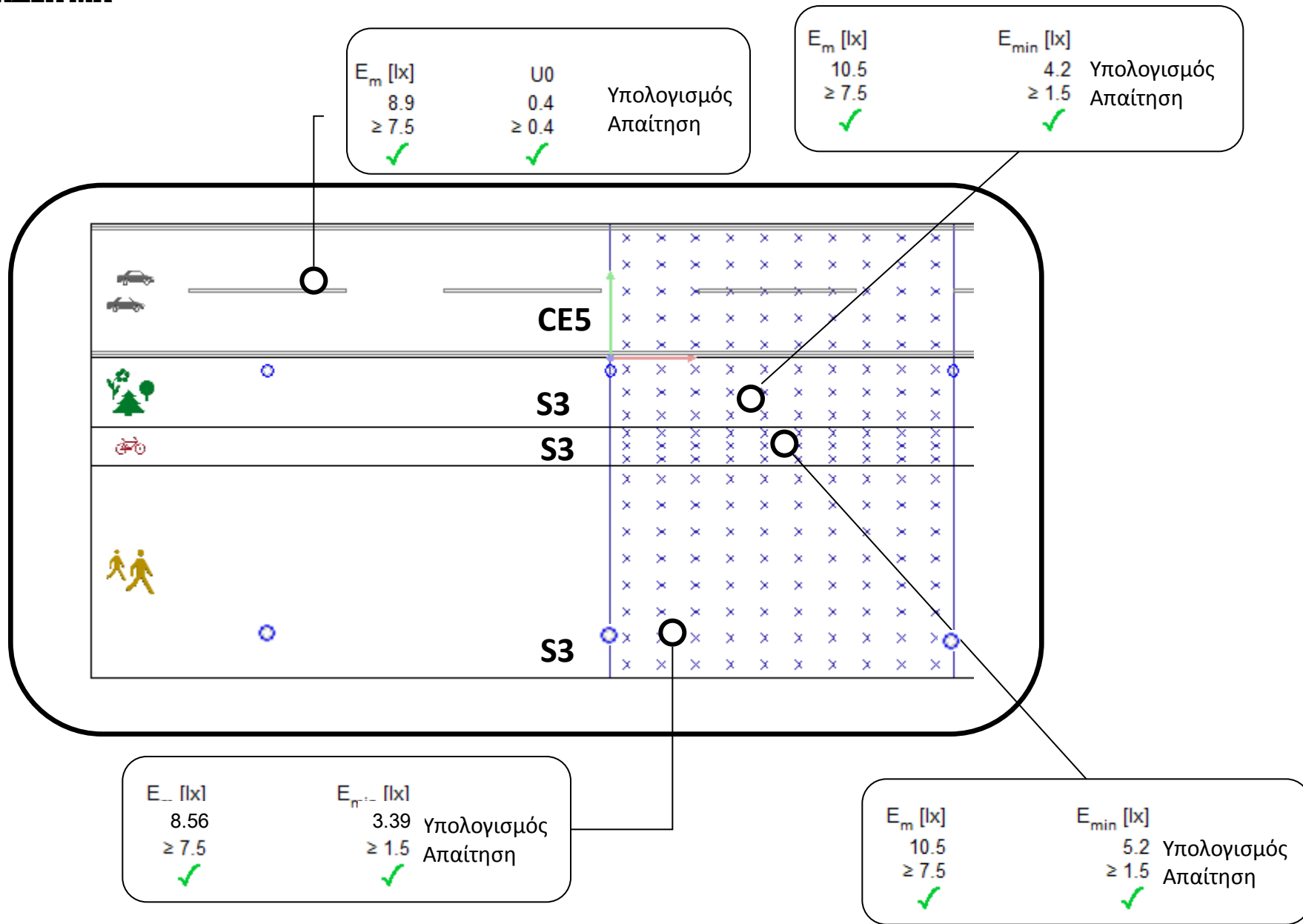
- ✓ **Υπαρξη πεζοδιαβάσεων**
- ✓ **Πυκνότητα κόμβων**
- ✓ **Δυσκολία οδήγησης**
- ✓ **Ημερήσια κυκλοφοριακή ροή**

3

Επιπρόσθετα :

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

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ



Υψος ιστών 4.5 μ

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

με χρήση λογισμικού

ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

http://en.licht.de/fileadmin/shop-downloads/lichtwissen13_outdoor_workplaces.pdf

http://en.licht.de/fileadmin/shop-downloads/lichtwissen16_City-Marketing.pdf

http://en.licht.de/fileadmin/shop-downloads/lichtwissen03_road_paths.pdf

http://www.iac.es/adjuntos/otpc/opcc-otpc_guide.pdf

http://www.erco.com/cdn/downloaddata/2014/30_media/25_guide_pdf/en_erco_guide.pdf

<http://www.zumtobel.com/PDB/teaser/EN/licthandbuch.pdf>

<https://www.osram.com/media/resource/HIRES/336897/streetlights.pdf>

"Light for Citiew, Lighting Design for Urban Spaces , a Handbook", Ulrike Brandi, Christoph-Geissmar Brandi, BirkHauser Publ.

Lighting Urban Community International:

<http://www.luciassociation.org/>

Lighting Master Plan for Athens

<http://www.astynet.gr/projects.php?lang=1&c=15&p=5>