

ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΟΔΩΝ, ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΚΑΙ ΣΗΡΑΓΓΩΝ - ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

13-14.03.2019



Ερευνητής, υπεύθυνος μετρήσεων
Εργαστήριο Φωτοτεχνίας
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Δρ. Κωνσταντίνος Α. Μπουρούσης
bouroussis@gmail.com

cie

Εθνικός Εκπρόσωπος - CIE Division 2
"Physical Measurement of Light and Radiation"
International Commission on Illumination

Μέρος Α - Υλοποίηση έργων οδοφωτισμού σύμφωνα με την ΤΟΤΕΕ

Περιεχόμενα

- Εκπόνηση μελέτης οδοφωτισμού
- Υπολογισμός δεικτών ενεργειακής επίδοσης
- Τεχνοοικονομική αξιολόγηση μελέτης οδοφωτισμού
- Ορισμός περιοχών μέτρησης φωτομετρικών μεγεθών
- Ελάχιστες προδιαγραφές οργάνων μέτρησης
- Μετρήσεις πεδίου οδών κλάσης M, C και P
- Μέτρηση γεωμετρικών και ηλεκτρικών χαρακτηριστικών
- Ελάχιστες απαιτήσεις αναφορών μετρήσεων

A 3D architectural rendering of a road layout. The road is shown in a perspective view, with a central lane and side lanes. The road surface is a light grey color. The edges of the road are marked with a bright green color. A series of butterfly-shaped light fixtures are arranged along the road. Each fixture has a red wireframe body and yellow-orange wings. The fixtures are positioned along the central lane and the side lanes. The background is a dark grey color.

Εκπόνηση μελέτης οδοφωτισμού

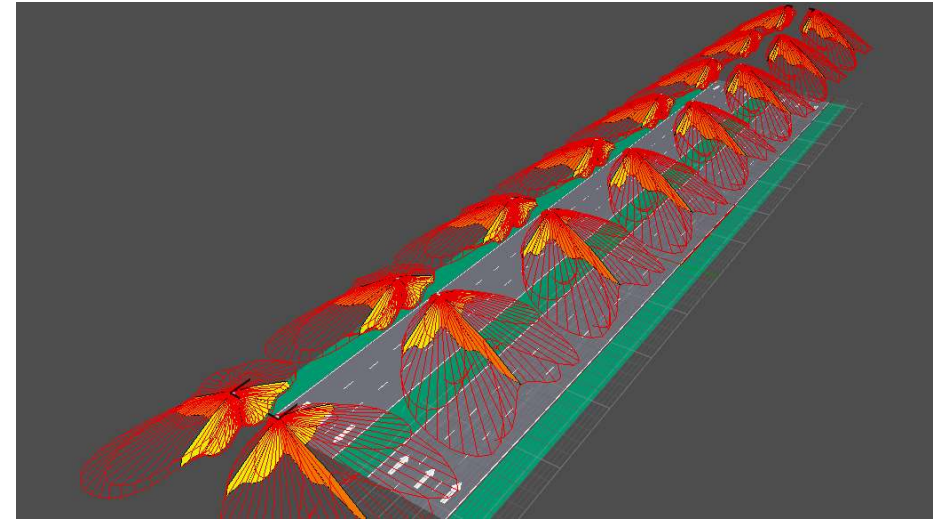
Μελέτη οδοφωτισμού

Παράμετροι και δεδομένα

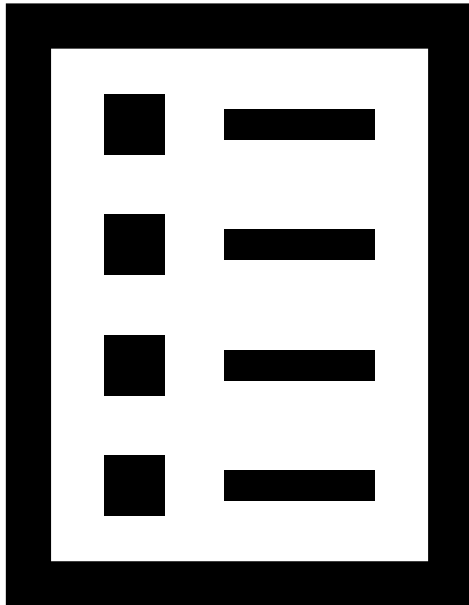
- Κλάσεις φωτισμού
- Γεωμετρίες / Ομαδοποίηση
- Φωτιστικά σώματα
- Συντελεστής συντήρησης
- Φωτορύπανση και παράσιτος φωτισμός
- Λογισμικό
- ... και μεγάλη προσοχή στη μελέτη

Τι εξάγεται...

- Μελέτη ανά γεωμετρία / κλάση
- Μελέτη προσαρμοστικού φωτισμού (εάν απαιτείται)
- Εναλλακτικά σενάρια (εάν απαιτείται)



Κλάσεις φωτισμού



Αφορούν την κατηγοριοποίηση των οδών

- Ονομαστικές κλάσεις
- Κλάσεις προσαρμοστικού φωτισμού
- Ανά τυπική γεωμετρία οδού
- Μία οδός μπορεί να έχει περισσότερες από μία κλάσεις

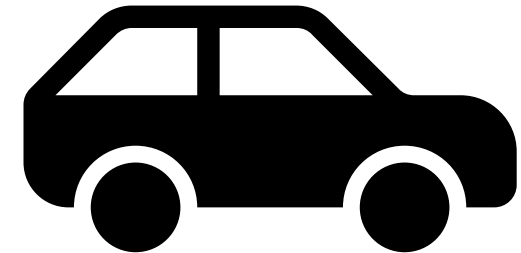
Γεωμετρικά στοιχεία

α) γεωμετρικά χαρακτηριστικά οδού:

- το πλάτος οδού
- τον αριθμό των πεζοδρομίων
- το πλάτος των πεζοδρομίων (εάν υπάρχουν)
- το πλάτος νησίδας/ων (εάν υπάρχουν)
- τον αριθμό λωρίδων κυκλοφορίας
- τον τύπο της ασφάλτου οδοστρώματος
- Τον συντελεστή συντήρησης της εγκατάστασης

β) χαρακτηριστικά διάταξης οδοφωτισμού:

- το ύψος των ιστών
- τη διάταξη των ιστών στις πλευρές της οδού
- την απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών ιστών
- την απόσταση των ιστών από το ρείθρο
- το μήκος του βραχίονα
- την κλίση του βραχίονα/φωτιστικού ως προς την επιφάνεια του οδοστρώματος.



Ομαδοποίηση

Πότε χρειάζεται;

α/α	ΠΛΑΤΟΣ ΟΔΟΥ (m)
1.1	ΕΩΣ 5.5
1.2	5.5-6
1.3	6.01-6.5
1.4	6.51-7
1.5	7.01-8
1.6	8.01-9
1.7	9.01-11
1.8	11.01-13
1.9

α/α	ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ
2.1	1
2.2	2

α/α	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΙΣΤΩΝ
3.1	Μονόπλευρη
3.2	Αμφίπλευρη
3.3	Αξονική
3.4	Χιαστί
3.5	Επί νησίδα

α/α	ΥΨΟΣ ΙΣΤΩΝ (m)
4.1	4, 5
4.2	6, 7
4.3	8, 9
4.4	10, 11
4.5

α/α	ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΙΣΤΩΝ (m)
5.1	15
5.2	20
5.3	25
5.4	30
5.5	40
5.6	50
5.7	...

Παράδειγμα

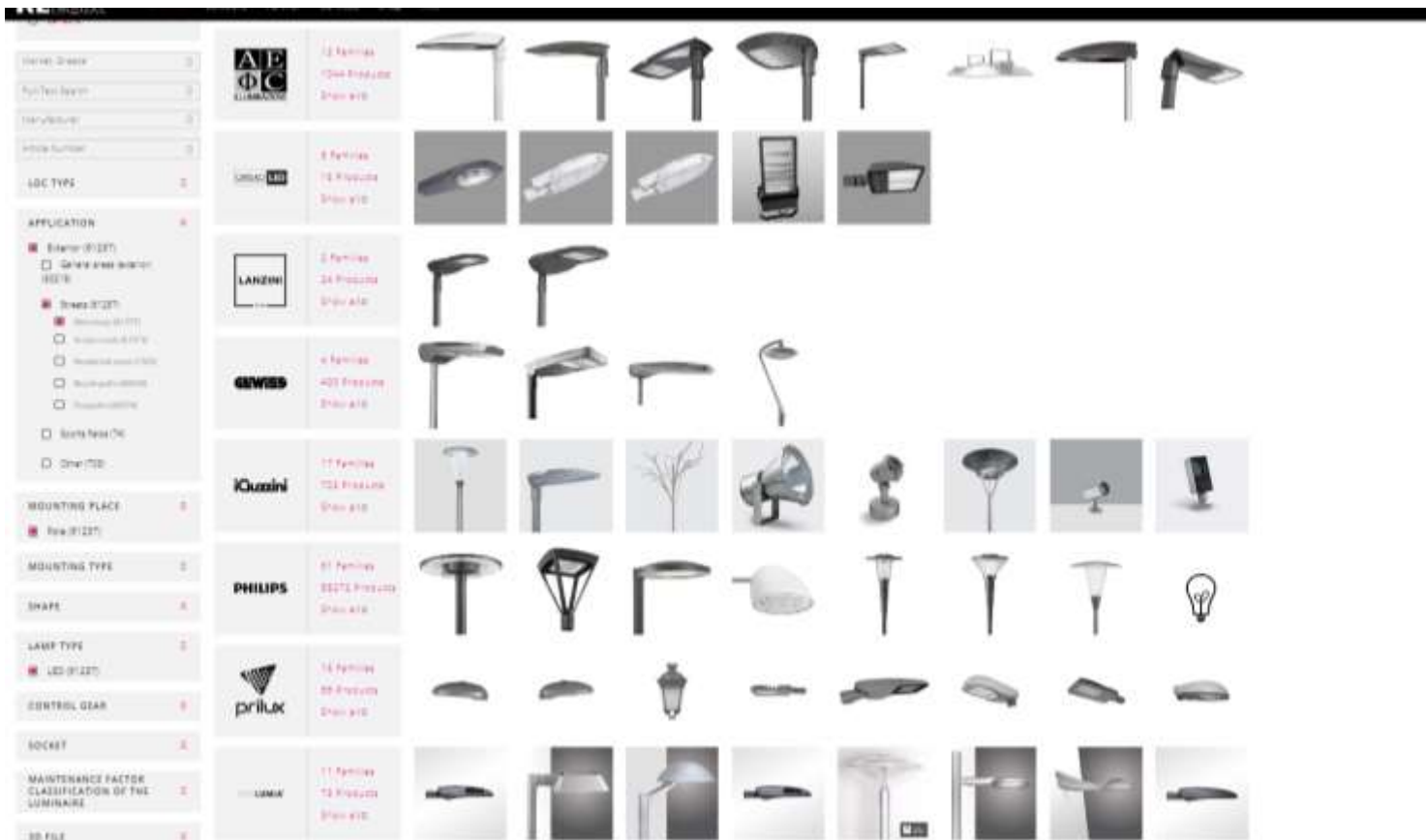
Ομαδοποίηση

Παράδειγμα

- Δήμος με 326 οδούς
- Ομαδοποίηση σε 39 γεωμετρίες
- Κάθε γεωμετρία μπορεί να έχει >1 κλάσεις
- Δεν υπάρχει κανόνας για τον τελικό αριθμό
- Όσο λιγότερες παραδοχές τόσο το καλύτερο

α/α	Όνομασία οδού (προαιρετικά)	Υψηλή κεντρική νησίδα	Τοποθέτηση νησίδας	Πλάτος οδού	Πλάτος νησίδας (m)	Αριθμός λωρίδων ανά κατεύθυνση κυκλοφορίας	Απόσταση διαδοχικών ιστιών (m)	Υψος στήριξης φωτιστικού (m)	Απόσταση φωτιστικού από το οδοστρώμα (m)	Υψος στήριξης φωτιστικού από το οδοστρώμα (m)	Κλάση φωτιστικού οδού
1	Τυπική οδός #1	ΝΑΙ	Νησίδα	-	6	1	32	9	0.35	5	M2
2	Τυπική οδός #2	ΟΧΙ	Δεξιά	-	12.5	1	30	12	0.72	0	M2
3	Τυπική οδός #3	ΟΧΙ	Δεξιά	-	9	1	30	12	0.73	0	M3
			Αριστερά	-	9	1	35	7	0.5	0	M3
4	Τυπική οδός #4	ΟΧΙ	Δεξιά	-	9	1	27	9	0.3	5	M3
5	Τυπική οδός #5	ΝΑΙ	Νησίδα	4	8	1	30	9	-0.25	0	M3
			Δεξιά	-	12	1	30	7	0.25	0	M3
6	Τυπική οδός #6	ΝΑΙ	Νησίδα	6	6	1	26	9	-1.2	0	M3
7	Τυπική οδός #7	ΝΑΙ	Νησίδα	4	7	1	24	9	-0.25	0	M3
8	Τυπική οδός #8	ΟΧΙ	Χιαστί	-	7.5	2	36	9	0	10	M3
9	Τυπική οδός #9	ΟΧΙ	Δεξιά	-	8	1	28	9	1.5	0	M3
10	Τυπική οδός #10	ΟΧΙ	Δεξιά	-	8	1	28	9	1.5	0	M3
11	Τυπική οδός #11	ΟΧΙ	Δεξιά	-	10	1	33	7	0.35	6	M3
12	Τυπική οδός #12	ΟΧΙ	Δεξιά	-	12	1	30	7	-1.7	15	M3
13	Τυπική οδός #13	ΟΧΙ	Χιαστί	-	11	1	30	9	0.4	0	M3
14	Τυπική οδός #14	ΟΧΙ	Δεξιά	-	10	1	28	9	0.25	5	M3
15	Τυπική οδός #15	ΟΧΙ	Δεξιά	-	9	1	27	7	-2.2	10	M3
16	Τυπική οδός #16	ΝΑΙ	Νησίδα	7	6	1	30	9	0	0	M3
17	Τυπική οδός #17	ΟΧΙ	Δεξιά	-	6.5	1	34	7	-2.2	7	M3
18	Τυπική οδός #18	ΟΧΙ	Δεξιά	-	6.5	1	32	7	0.4	3	M3
19	Τυπική οδός #19	ΟΧΙ	Δεξιά	-	8	1	31	7	0.1	7	M3
20	Τυπική οδός #20	ΟΧΙ	Δεξιά	-	8	2	33	7	0	7	M3
22	Τυπική οδός #21	ΟΧΙ	Δεξιά	-	9	2	32	9	-1.1	5	M3
23	Τυπική οδός #22	ΟΧΙ	Δεξιά	-	8	2	32	9	0	0	M3
24	Τυπική οδός #23	ΟΧΙ	Δεξιά	-	7	1	25	9	-1.65	0	M3
25	Τυπική οδός #24	ΟΧΙ	Δεξιά	-	8	1	28	9	1.5	0	M3
26	Τυπική οδός #25	ΟΧΙ	Δεξιά	-	8	1	32	7	3.2	12	M3
27	Τυπική οδός #26	ΝΑΙ	Νησίδα	8	6	1	31	9	-2.1	0	M3
28	Τυπική οδός #27	ΟΧΙ	Δεξιά	-	6	1	29	7	0.1	3	M3
29	Τυπική οδός #28	ΟΧΙ	Δεξιά	-	6.5	1	31	9	1.5	0	M3
30	Τυπική οδός #29	ΟΧΙ	Χιαστί	-	8	2	24	7	-3	5	M3
31	Τυπική οδός #30	ΟΧΙ	Δεξιά	-	8	2	33	7	0	7	M3
32	Τυπική οδός #31	ΟΧΙ	Δεξιά	-	9	2	29	9	-0.2	0	M3
33	Τυπική οδός #32	ΟΧΙ	Δεξιά	-	9	2	35	7	-0.5	14	M3
34	Τυπική οδός #33	ΟΧΙ	Δεξιά	-	9	1	38	7	-0.2	10	M3
35	Τυπική οδός #34	ΟΧΙ	Δεξιά	-	6.5	1	31	9	1.5	0	M3
36	Τυπική οδός #35	ΟΧΙ	Δεξιά	-	13	2	30	9	-1	4	M3
37	Τυπική οδός #36	ΟΧΙ	Δεξιά	-	11.5	1	25	9	0.3	5	M3
38	Τυπική οδός #37	ΟΧΙ	Δεξιά	-	6.5	1	32	7	0.4	3	M3
39	Τυπική οδός #38	ΟΧΙ	Δεξιά	-	6.5	1	31	9	1.5	0	M3

Παράδειγμα



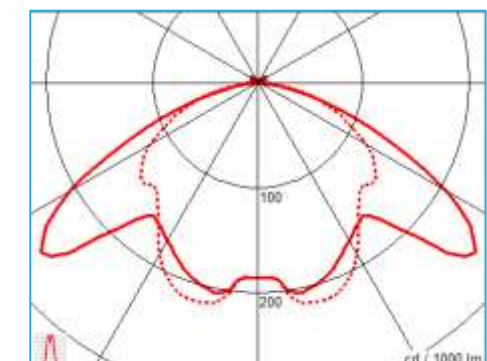
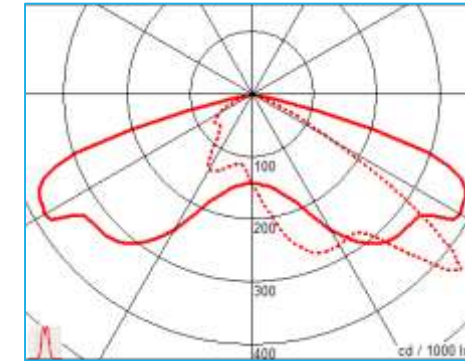
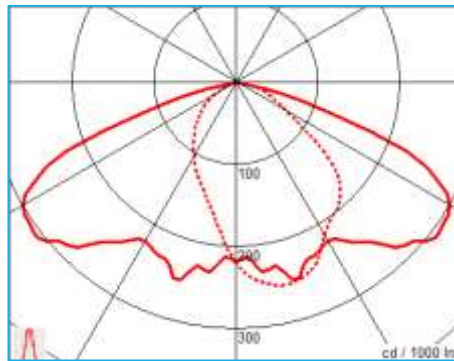
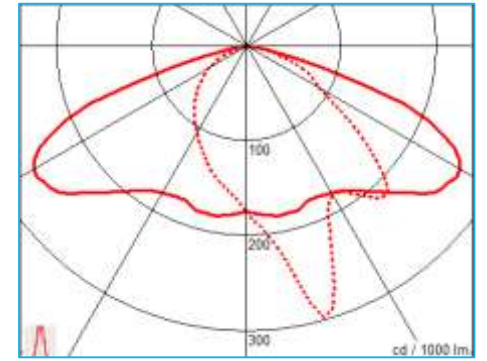
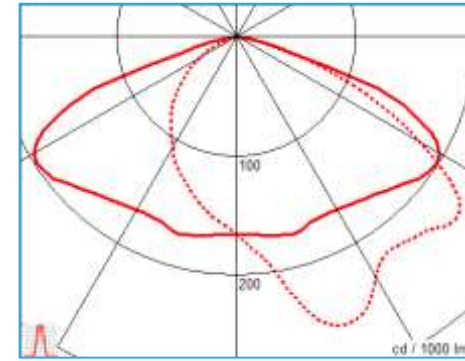
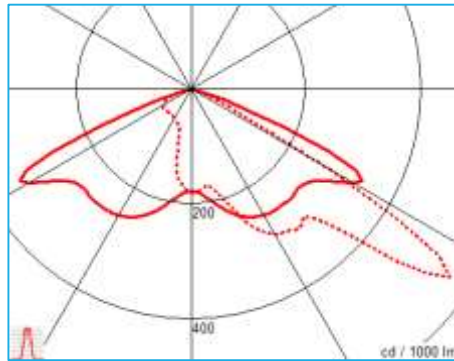
Υπάρχουν χιλιάδες

- Διαφορετικοί κατασκευαστές
- Διάφορες ισχύεις
- Διάφορες κατανομές
- Διάφορες πηγές
- κλπ

Φωτιστικά σώματα ?!?!?!?

Βασικά κριτήρια επιλογής

1. Φωτεινή πηγή
2. Τοποθέτηση
3. Πολική κατανομή
4. Ισχύς / φωτ. ροή
5. Λοιπές λειτουργίες



Βασικά κριτήρια επιλογής

1. ΌΧΙ Lumen -> Lumen
2. ΟΧΙ Watt -> Watt



Συντελεστής συντήρησης

ΥΠΟΛΟΓΙΖΕΤΑΙ ΓΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ



Υπολογισμός συντελεστή συντήρησης

$$\mathbf{MF} = \frac{\mathbf{E}_m}{\mathbf{E}_{in}}$$

$$\mathbf{MF} = \mathbf{LLMF} \cdot \mathbf{LSF} \cdot \mathbf{LMF}$$

LLMF – Lamp Lumen Maintenance Factor: Συντελεστής συντήρησης φωτεινής ροής φωτεινών πηγών

Αφορά στην απομείωση της φωτεινής ροής των πηγών φωτισμού με την πάροδο των ωρών λειτουργίας.

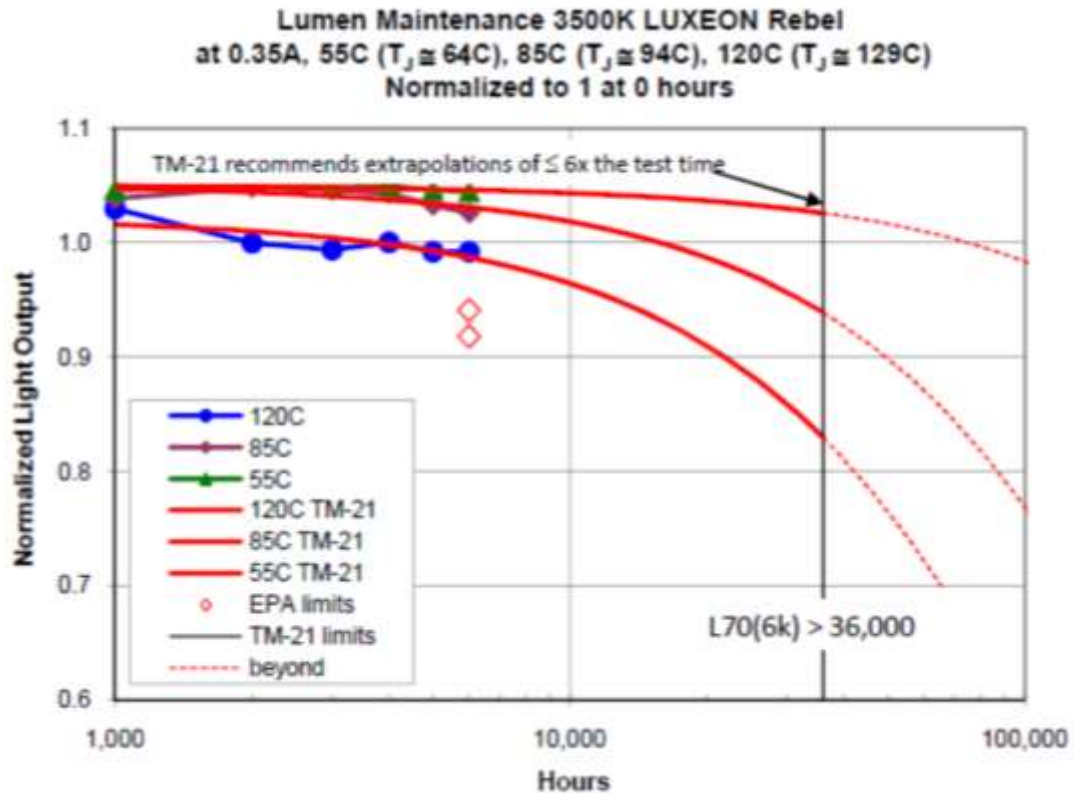
Ιδιαίτερα για τις πηγές LED, υπολογίζεται από το test report κατά IES-LM-80 και την οδηγία IES-TM-21.

LSF – Lamp Survival Factor: Συντελεστής επιβίωσης φωτεινών πηγών

Αφορά στο δείκτη αστοχίας των φωτεινών πηγών. Τα στοιχεία παρέχονται από τον κατασκευαστή των πηγών φωτισμού.

LMF – Luminaire Maintenance Factor: Συντελεστής συντήρησης φωτιστικού σώματος

Αφορά στην απομείωση της απόδοσης του φωτιστικού σώματος όσο αφορά τα οπτικά μέρη (ανακλαστήρας, φακοί, διαφανή καλύμματα, κ.λπ.) βάση π.χ. τεχνικής οδηγίας CIE 154:2003.



- Υπολογίζει την πτώση της φωτεινής ροής των LED σε δεδομένο χρονικό διάστημα (πχ. $L90 @ 40.000$ ώρες ή 10 έτη)
- Σημαντικό ρόλο ο καθορισμός της T_s (T_{sp}) κατά τη κανονική λειτουργία π.χ. $T_s < 85^\circ C$
- Σχετίζεται άμεσα με την θερμοκρασία περιβάλλοντος – Performance Temperature $T_q - 25^\circ C$
- Στη ίδια θερμοκρασία $T_q - 25^\circ C$ αναφέρονται και τα φωτομετρικά δεδομένα

LLMF

Metric	$L_{70}B_{\gamma}$								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
hour	804,408	810,390	814,704	818,390	821,835	825,280	828,966	833,280	839,262

Year	Hours	LSF
1	4.000,00	0,999333556
2	8.000,00	0,998667555
3	12.000,00	0,998001999
4	16.000,00	0,997336886
5	20.000,00	0,996672216
6	24.000,00	0,996007989
7	28.000,00	0,995344205
8	32.000,00	0,994680864
9	36.000,00	0,994017964
10	40.000,00	0,993355506
11	44.000,00	0,99269349
12	48.000,00	0,992031915

- ✓ Αφορά τα καταστροφικά σφάλματα. (abrupt failures)
- ✓ Για τις πηγές LED μπορεί να καθοριστεί μέσω του IEC 62717
- ✓ LSF περίπου ≈ 1

LSF

Metric	L ₅₀								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
hour	1,919,574	3,839,148	5,758,721	7,678,295	9,597,868	11,517,442	13,437,015	15,356,589	17,276,162

Optical compartment IP Rating	Pollution Category	Exposure time (years)				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
IP2X	High	0,53	0,48	0,45	0,43	0,42
	Medium	0,62	0,58	0,56	0,54	0,53
	Low	0,82	0,80	0,79	0,78	0,78
IP5X	High	0,89	0,87	0,84	0,80	0,76
	Medium	0,90	0,88	0,86	0,84	0,82
	Low	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88
IP6X	High	0,91	0,90	0,88	0,85	0,83
	Medium	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
	Low	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90

Cleaning Cycle	12 months	24 months	36 months	48 months
E Zone Mounting Height	LMF	LMF	LMF	LMF
E1/E2 6m or less	0.98	0.96	0.95	0.94
E1/E2 >7m	0.98	0.96	0.95	0.94
E3/E4 6m or less	0.94	0.92	0.90	0.89
E3/E4 >7m	0.97	0.96	0.95	0.94

LMF

Διάφορες προσεγγίσεις

1. Άμεσα συνδεδεμένος με την συντήρηση ή μη των φωτιστικών
2. Επίδραση τοποθεσίας έργου καθώς και ύψους τοποθέτησης φωτιστικών

Περιορισμός φωτορύπανσης

- Μηδενική φωτεινή εκπομπή φωτιστικών σωμάτων στο άνω νοητό ημισφαίριο (ULOR = 0%)
- Μέγιστη προτεινόμενη κλίση του φωτιστικού σώματος 10 μοίρες σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο
- Χρήση πηγών φωτισμού θερμοκρασίας χρώματος **3000K**



Περιορισμός φωτορύπανσης

$$UFR = \left\{ 1 + \frac{ULOR}{P_{area} * \mu} + \frac{P_{surrounds}}{P_{area}} \left(\frac{DLOR - \mu}{\mu} \right) \right\} \cdot \frac{L_{av, initial}}{L_{av, maint}}$$

Έκτος του άμεσου διαφεύγοντα φωτισμού, σημαντικότερο ρόλο έχει ο έμμεσα ανακλώμενος φωτισμός
Ορθή επιλογή οπτικής κατανομής για **βέλτιστη αξιοποίηση του παραγόμενου φωτισμού**

K-Curve



Περιορισμός φωτορύπανσης





Υπολογισμός δεικτών
ενεργειακής επίδοσης

EN 13021-5

α) Δείκτης πυκνότητας ισχύος – Power Density Indicator

$$D_p = \frac{P}{\sum_{i=1}^n (E_i \cdot A_i)} \frac{W}{lx \cdot m^2}$$

β) Ετήσιος δείκτης ενεργειακής κατανάλωσης – Annual Energy Consumption Indicator

$$D_E = \frac{\sum_{j=1}^m (P_j \cdot t_j)}{A} \frac{Wh}{m^2}$$

Παραδείγματα

Κλάση	Τύπος φωτεινής πηγής φωτιστικού σώματος			
	Υδραργύρου	Μεταλλικών αλογονιδίων	Νατρίου υψηλής πίεσης	LED
	$mW \cdot lux^{-1} \cdot m^{-2}$			
M1	-	45	34-41	25-32
M2	100	50	31-40	24-27
M3	84	47	34-38	23-25
M4	90	60	34-42	23
M5	86	30	38-45	24
M6	85	37	45-49	20-27

Κλάση	Τύπος φωτεινής πηγής φωτιστικού σώματος			
	Υδραργύρου	Μεταλλικών αλογονιδίων	Νατρίου υψηλής πίεσης	LED
	$kWh \cdot m^{-2}$ για 4000h λειτουργίας			
M1	-	5.0	4.0-5.3	3.0-3.8
M2	10.8	4.6	3.2-4.2	2.4-2.4
M3	6.0	3.6	2.5-2.6	1.5
M4	5.0	3.1	1.8-2.4	1.1
M5	3.2	0.9	1.1-1.6	0.8
M6	1.9	0.6	0.2-1.2	0.4-0.5

Λογισμικά

Relux Desktop

Dialux Evo

Litestar 4D

Radiance

AGI-32

...

RELUX[®]



DIALux

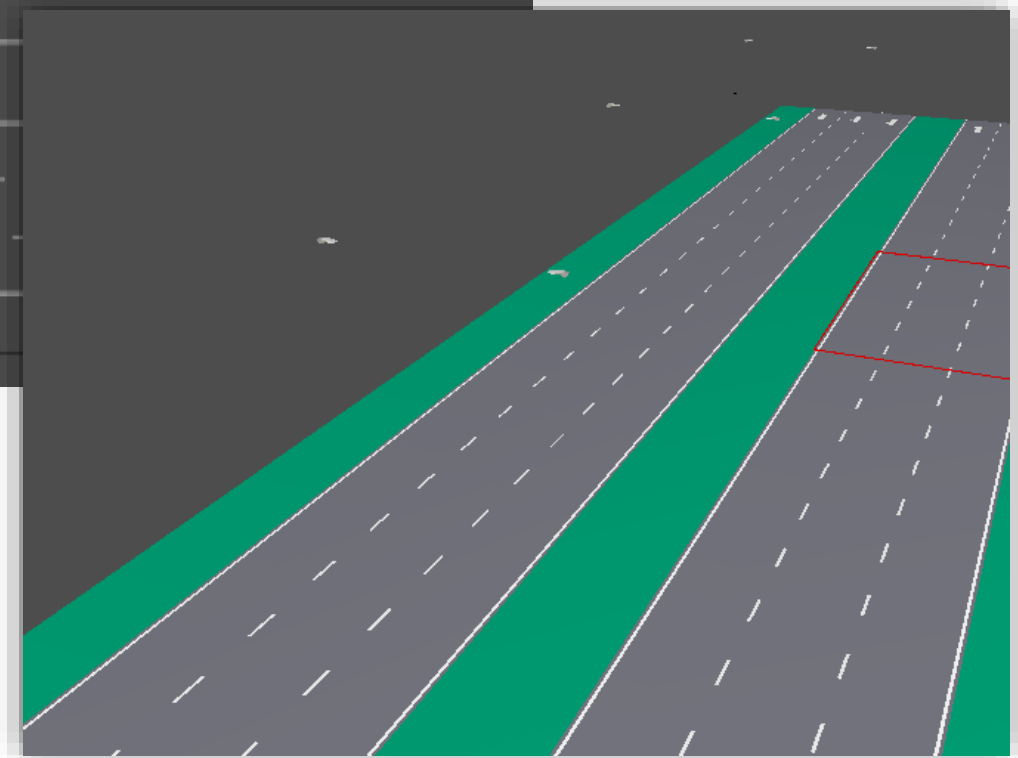
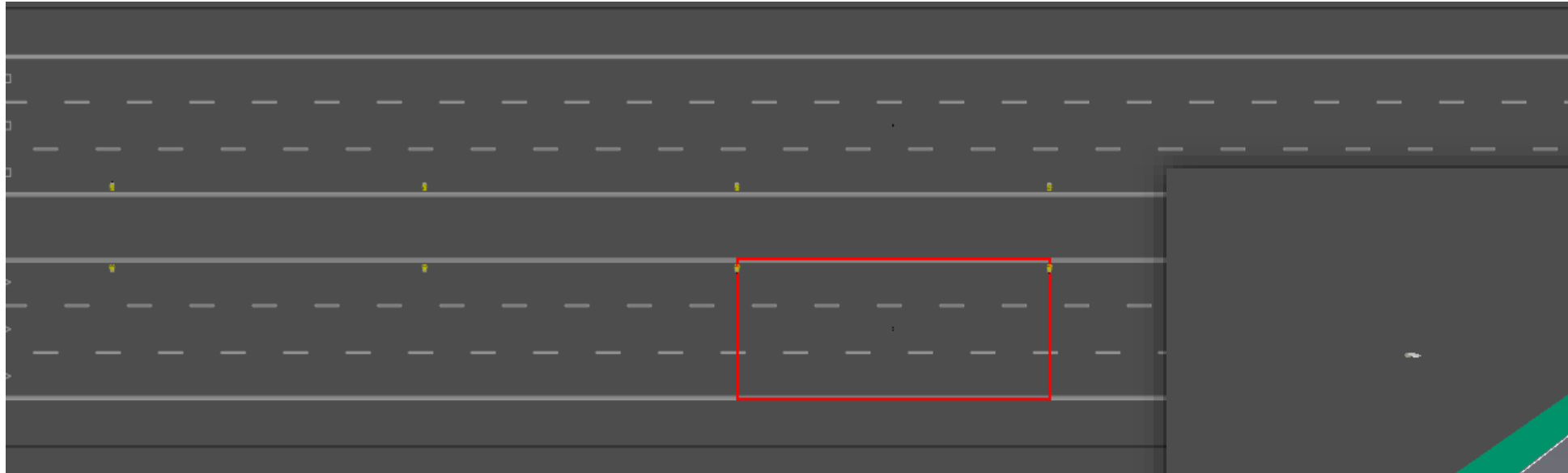
LITESTAR 4D
OxyTech

Μελέτες φωτισμού

Κύρια σημεία προσοχής *(για μελετητές και αποδέκτες μελετών)*

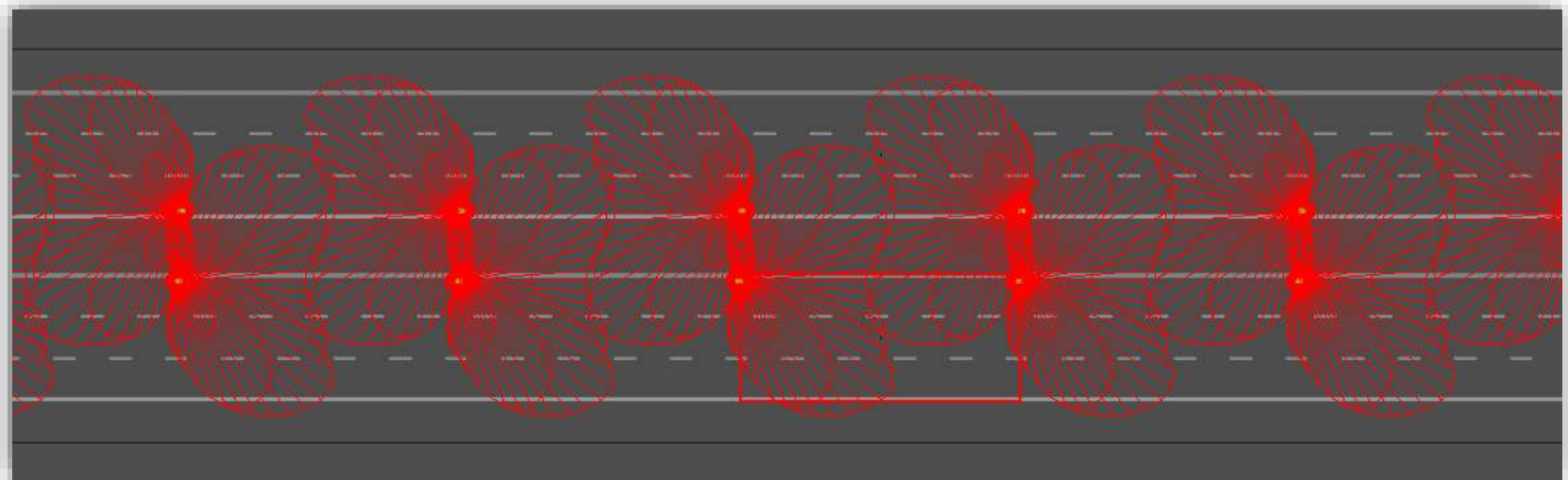
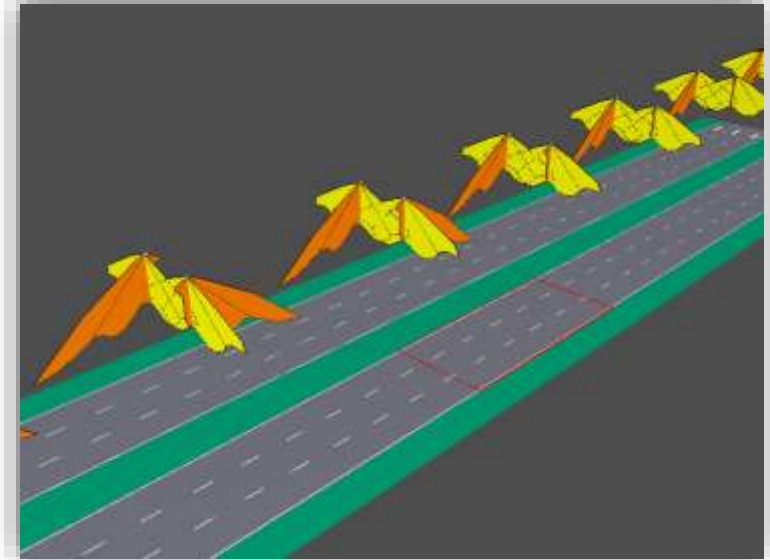
- Σωστή παραμετροποίηση και χρήση λογισμικού
- Υπολογισμός ή χρήση δεδομένου συντελεστή συντήρησης MF
- Αναζήτηση βέλτιστης λύσης για κάθε έργο.
- Υπέρβαση ελαχίστων επιπέδων κλάσης φωτισμού έως 10%, κατόπιν εφαρμογής του MF
(μέση λαμπρότητα ή μέση ένταση φωτισμού)
- ΟΡΘΑ ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΑ ΑΡΧΕΙΑ (.ldt, .ies)

Μελέτες φωτισμού



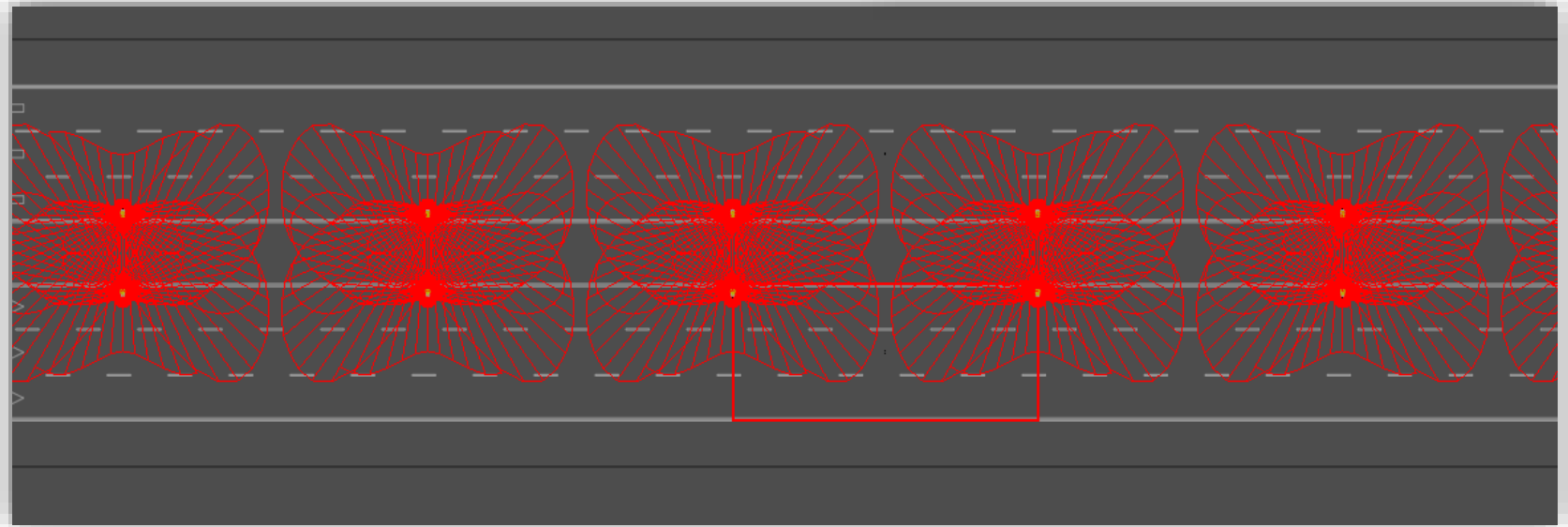
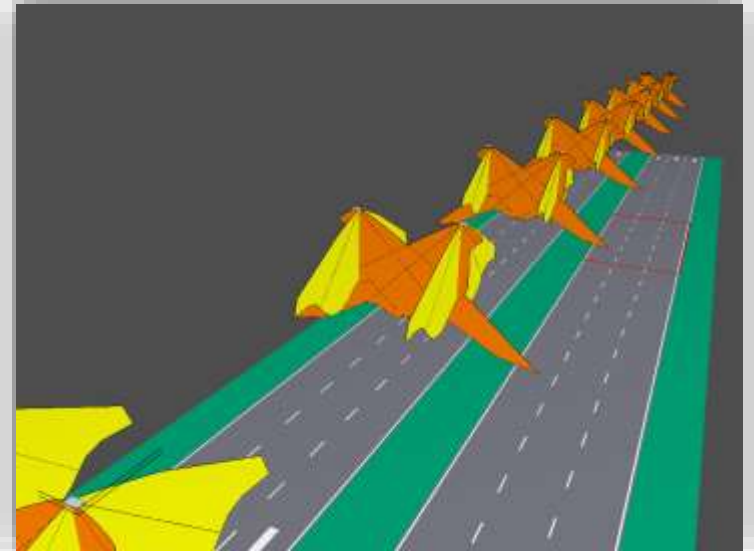
Μελέτη φωτισμού Τί μπορεί να πάει στραβά;

☐ Road		
☐ L(1), M5		
Γm	0.49 cd/m ²	>= 0.50 cd/m ²
Uo	0.55	>= 0.35
UI	0.61	>= 0.40
TI	1	<= 15
Rei	0.85	>= 0.30
☐ L(2), M5		
Γm	0.46 cd/m ²	>= 0.50 cd/m ²
Uo	0.56	>= 0.35
UI	0.63	>= 0.40
TI	1	<= 15
Rei	0.85	>= 0.30
☐ L(3), M5		
Γm	0.44 cd/m ²	>= 0.50 cd/m ²
Uo	0.57	>= 0.35
UI	0.65	>= 0.40
TI	1	<= 15
Rei	0.85	>= 0.30



Μελέτη φωτισμού Τί μπορεί να πάει στραβά;

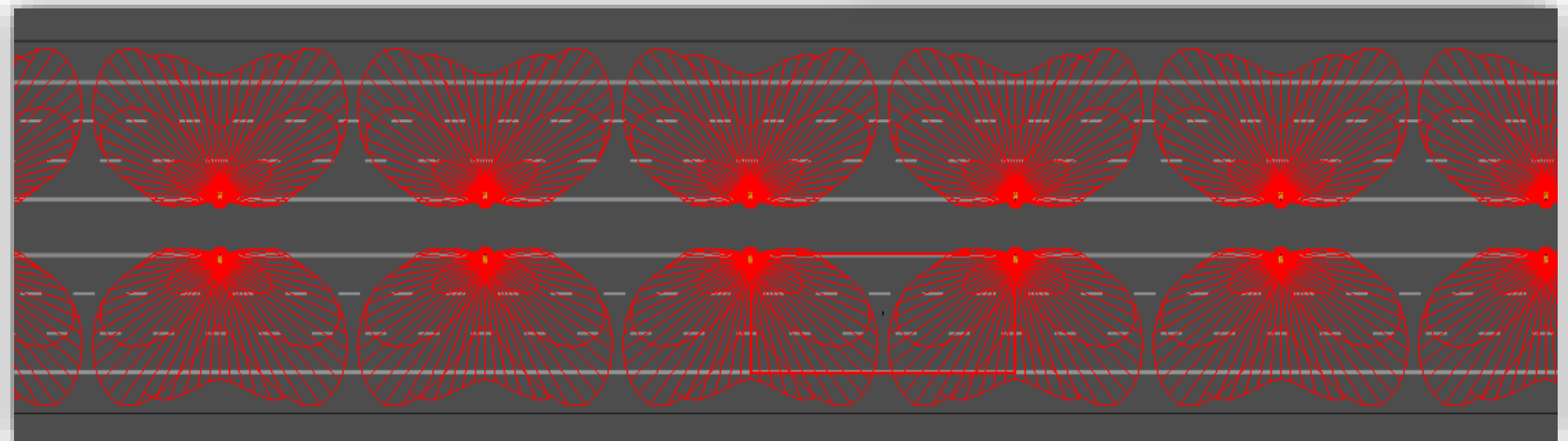
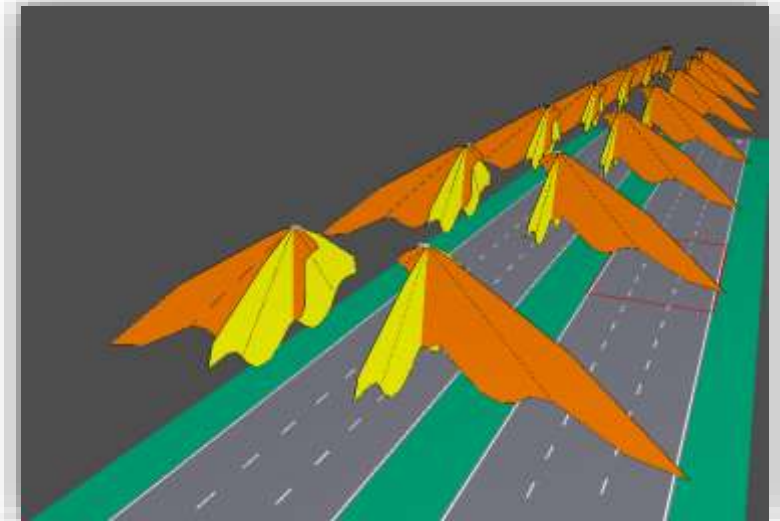
☐ Road			
☐ L(1). M5			
Γ _m	0.69 cd/m ²	>= 0.50 cd/m ²	
U _o	0.52	>= 0.35	
U _l	0.91	>= 0.40	
T _l	1	<= 15	
R _{ei}	0.88	>= 0.30	
☐ L(2). M5			
Γ _m	0.66 cd/m ²	>= 0.50 cd/m ²	
U _o	0.53	>= 0.35	
U _l	0.91	>= 0.40	
T _l	2	<= 15	
R _{ei}	0.88	>= 0.30	
☐ L(3). M5			
Γ _m	0.62 cd/m ²	>= 0.50 cd/m ²	
U _o	0.54	>= 0.35	
U _l	0.84	>= 0.40	
T _l	2	<= 15	
R _{ei}	0.88	>= 0.30	



Μελέτη φωτισμού

Προσοχή στη χρήση του λογισμικού

Road			
L(1). M5			
Γ_m	0.58 cd/m ²	\geq 0.50 cd/m ²	
U _o	0.71	\geq 0.35	
U _l	0.89	\geq 0.40	
TI	2	\leq 15	
Rei	0.92	\geq 0.30	
L(2). M5			
Γ_m	0.55 cd/m ²	\geq 0.50 cd/m ²	
U _o	0.70	\geq 0.35	
U _l	0.84	\geq 0.40	
TI	2	\leq 15	
Rei	0.92	\geq 0.30	
L(3). M5			
Γ_m	0.52 cd/m ²	\geq 0.50 cd/m ²	
U _o	0.71	\geq 0.35	
U _l	0.84	\geq 0.40	
TI	2	\leq 15	
Rei	0.92	\geq 0.30	



Βελτιστοποίηση σχεδιασμού φωτισμού

Μελέτη περίπτωσης 1

- Κλάση φωτισμού M3
- Ύψος = 8m
- Πλάτος οδού = 8m
- Μελέτη συμφ. με EN13021

Spacing	Power Density (kW/km)	Tilt	Lave (cd/m ²)	EIR	Luminaire flux	ULR	DLOR	UPF max	per km
40	2,68	10	1,05	0,4	11500 lm	0%	100%	1204 lm	30,1 klm
39	2,74	5	1,12	0,3	11500 lm	0%	100%	1189 lm	30,3 klm
39	2,74	15	1	0,5	11500 lm	0,2%	99,8%	1243 lm	31,9 klm
36	2,97	0	1,02	0,5	11500 lm	0%	100,0%	1249 lm	34,7 klm

Βελτιστοποίηση σχεδιασμού φωτισμού

Μελέτη περίπτωσης 2

- Κλάση φωτισμού M3
- Ύψος = 10m
- Πλάτος οδού = 7.5m
- Μελέτη συμφ. με EN13021

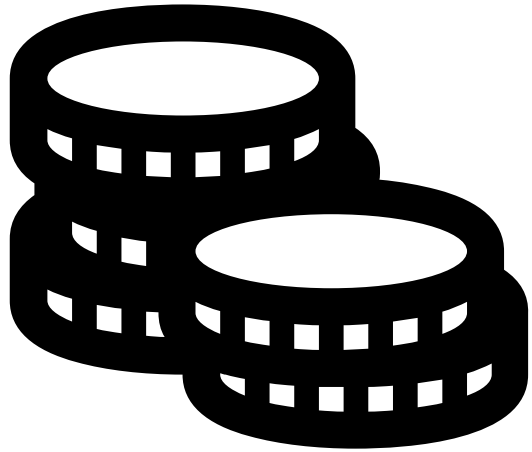
Spacing	Power Density (kW/km)	Tilt	Lave (cd/m ²)	EIR	Luminaire flux	ULR	DLOR	UPF max	UFR
30	2,1	10	1,08	0,3	7328 lm	0%	100%	751 lm	2,28
30	2,1	15	1,02	0,5	7328 lm	0,2%	99,8%	768 lm	2,36
30	2,5	0	1,06	0,4	8889 lm	0%	100%	956 lm	2,76
30	2,5	0	1,04	0,5	8801 lm	0%	100,0%	946 lm	2,76
30	2,5	0	1,07	0,5	8856 lm	0%	100%	952 lm	2,76

Βελτιστοποίηση σχεδιασμού φωτισμού

Μελέτη περίπτωσης 3

- Κλάση φωτισμού C3
- Ύψος = 6m
- Πλάτος οδού = 6m
- Μελέτη συμφ. με EN13021

Intensity Class	Power Density (kW/km)	Tilt	E_{ave} (lx)	U_0	Luminaire flux	ULR	DLOR	UPF max	UFR
G3	1,4	15	15,6	41	4279 lm	0,2%	99,8%	406 lm	2,53
G4	1,6	0	16,1	46	4570 lm	0%	100%	432 lm	2,60



Τεχνοοικονομική αξιολόγηση μελέτης οδοφωτισμού

Τεχνοοικονομική αξιολόγηση μελέτης οδοφωτισμού

Κόστη για αναβάθμιση υφιστάμενης εγκατάστασης οδοφωτισμού	Κόστη για εγκατάσταση νέου τμήματος δικτύου οδοφωτισμού
<ul style="list-style-type: none">• Μελέτη/Αποτύπωση υφιστάμενου δικτύου• Μελέτη και προδιαγραφή νέου Συστήματος οδοφωτισμού με σκοπό τη βελτίωση και τη συμμόρφωση στα ισχύοντα Εθνικά και Ευρωπαϊκά πρότυπα.	<ul style="list-style-type: none">• Μελέτη και προδιαγραφή του νέου Συστήματος οδοφωτισμού με χαρακτηριστικά την βέλτιστη απόδοση και την συμμόρφωση στα Ευρωπαϊκά πρότυπα (ΕΛΟΤ).
<ul style="list-style-type: none">• Λαμπτήρες• Φωτιστικά• Ιστοί/βραχίονες• Συστήματα διαχείρισης και ελέγχου	<ul style="list-style-type: none">• Λαμπτήρες• Φωτιστικά• Ιστοί/βραχίονες• Συστήματα διαχείρισης και ελέγχου• Καλωδιώσεις• Πίνακες τροφοδοσίας
<ul style="list-style-type: none">• Εργασίες εγκατάστασης• Εργασίες απεγκατάστασης (ανθρώπινο δυναμικό, γερανός)	<ul style="list-style-type: none">• Εργασίες εγκατάστασης (ανθρώπινο δυναμικό, γερανός, μηχανήματα εκσκαφής)

Τεχνοοικονομική αξιολόγηση μελέτης οδοφωτισμού

Κριτήριο	Περίπτωση χρήσης		Χρονική μεταβολή αξίας χρήματος
	Αναβάθμιση Υφιστάμενου	Δημιουργία Καινούργιου	
Περίοδος Αποπληρωμής	Ναι	Όχι	Αγνοεί
Απόδοση Επένδυσης (ROI)	Ναι	Όχι	Αγνοεί
Καθαρή Παρούσα Αξία (ΚΠΑ)	Ναι	Ναι	Λαμβάνει Υπόψη
Δείκτης Αποδοτικότητας (ΔΑ)	Ναι	Όχι	Λαμβάνει Υπόψη
Σταθμισμένο Κόστος Εξοικονομούμενης Ενέργειας (ΣΚΕΕ)	Ναι	Ναι	Λαμβάνει Υπόψη



Μετρήσεις φωτισμού στο πεδίο

Κατηγορίες μετρήσεων

Μετρήσεις προ της παράδοσης της εγκατάστασης (Τύπου 1 – T1)

- Αφορά σε μετρήσεις που θα πρέπει να εκτελούνται κατά το τελικό στάδιο της εγκατάστασης και θέσης σε λειτουργίας του συστήματος οδοφωτισμού

Μετρήσεις κατά τη διάρκεια ζωής της εγκατάστασης (Τύπου 2 – T2)

- Αφορά σε μετρήσεις που θα πρέπει να εκτελούνται ανά τακτά και προκαθορισμένα διαστήματα λειτουργίας του συστήματος οδοφωτισμού για τον έλεγχο της απομείωσης της εγκατάστασης

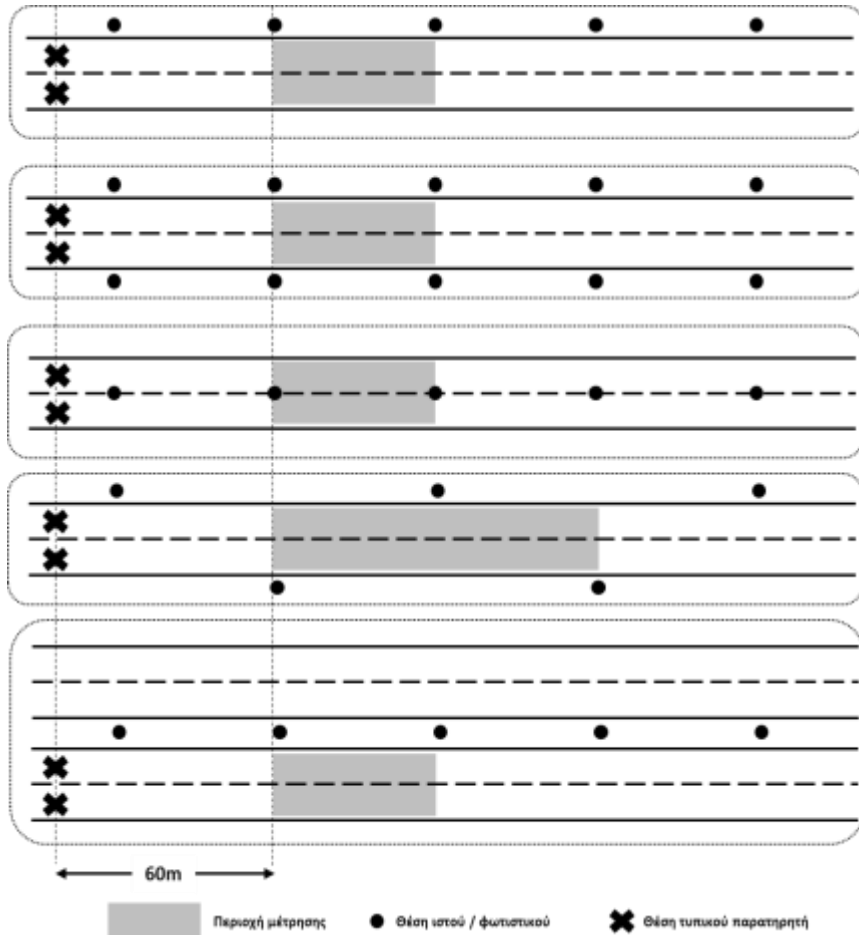
Μετρήσεις προσαρμοστικού φωτισμού (Τύπου 3 – T3)

- Αφορά σε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις που θα πρέπει να εκτελούνται για τον έλεγχο και τη ρύθμιση εγκαταστάσεων οδοφωτισμού τα οποία σχεδιάζονται για προσαρμοστικό φωτισμό.

Μετρήσεις για διερεύνηση αποκλίσεων (Τύπου 4 – T4)

- Αφορά σε μετρήσεις που εκτελούνται σε περιπτώσεις διερεύνησης τυχόν αποκλίσεων των επιτευχθέντων επιπέδων φωτισμού σε σχέση με τις μελέτες φωτισμού ή και τις ισχύουσες.

Ορισμός πεδίων μέτρησης

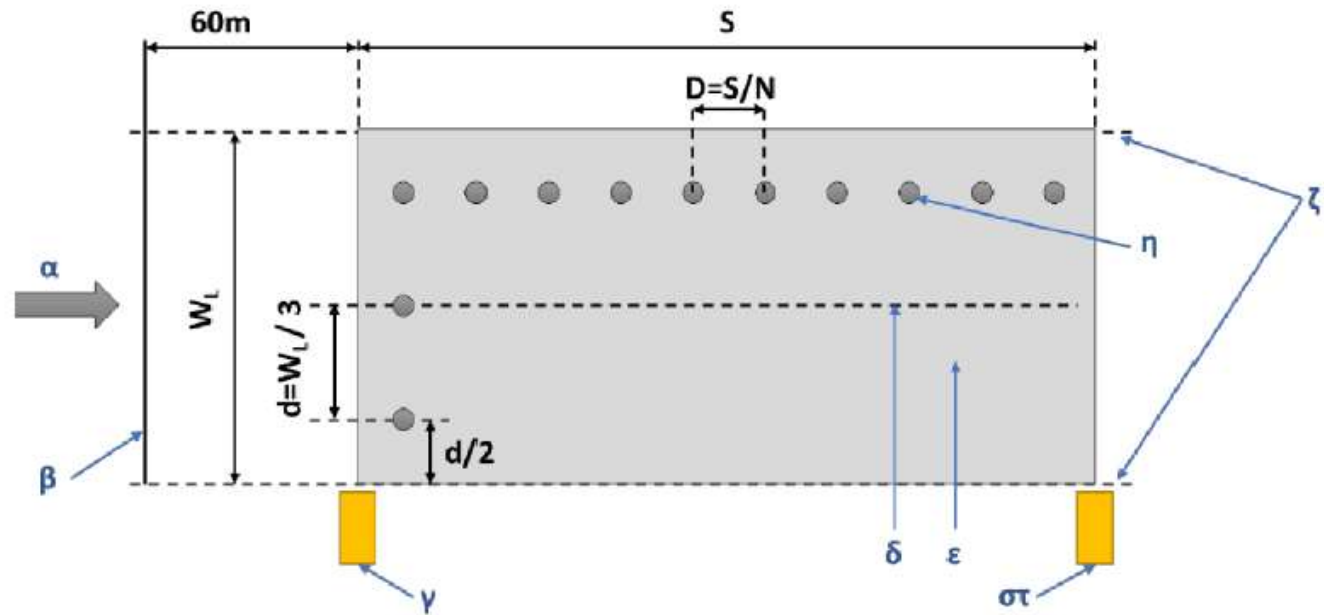


Ιδιαίτερη προσοχή τι και πως το μετράμε

- Αποφυγή παράσιτου φωτισμού
- Όμοια φωτιστικά σώματα
- Όμοιες αποστάσεις
- Όμοια ύψη και κλίσεις
- Ποιότητα ασφάλτου (κλάσεις M)
- Καιρικές συνθήκες
- Σήμανση κανάβου μετρήσεων
- κ.λπ.

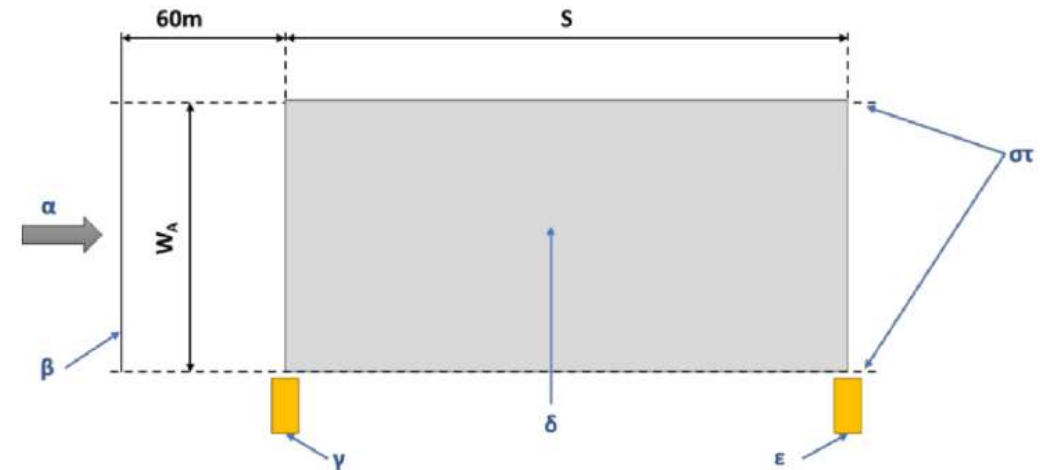
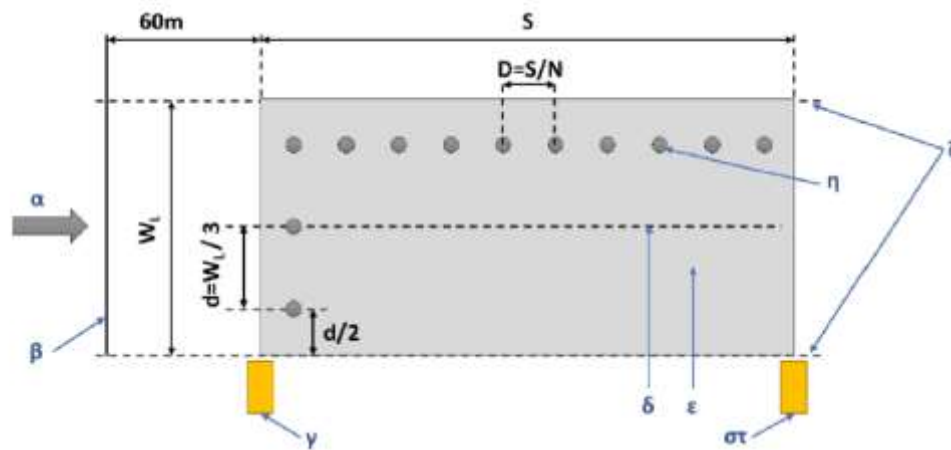
Ορισμός πεδίων μέτρησης

Μέτρηση έντασης φωτισμού
Κλάσεις C, P



Ορισμός πεδίων μέτρησης

Μετρήσεις λαμπρότητας (cd/m^2)
Κλάσεις M



An aerial, night-time photograph of a multi-lane highway. The road is illuminated by a series of streetlights on both sides, creating a strong perspective effect as the lanes converge towards the horizon. The road surface is dark, and the lane markings are clearly visible. The surrounding area appears to be a mix of grass and some structures in the distance.

Μετρήσεις πεδίου
οδών κλάσης M, C και P

Κλάσεις σε lx (C, P, κ.λπ.)

Μετρητής έντασης φωτισμού

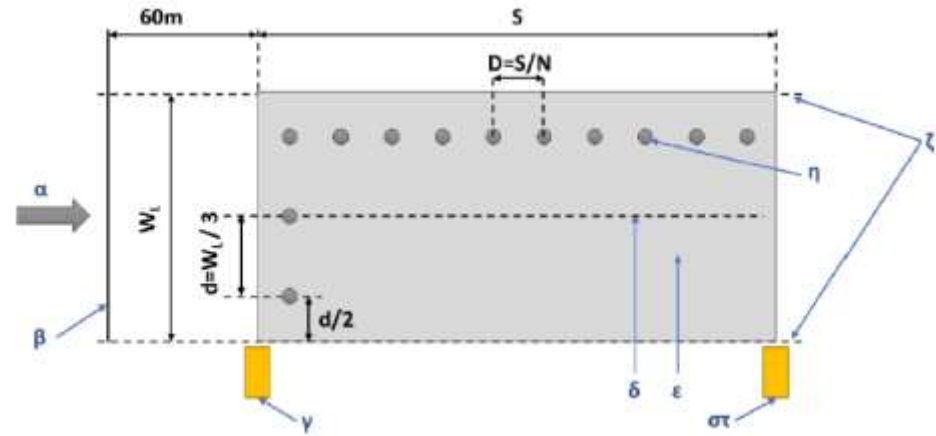
- Μέτρηση σε lx ή fc
- Τοποθέτηση στην επιφάνεια μέτρησης (π.χ. δάπεδο)
- Αυτόματες ή χειροκόνητες κλίμακες
- Χρόνος μέτρησης ~3-4sec / σημείο



Κλάσεις σε I_x (C, P, κ.λπ.)

Κύρια σημεία προσοχής

- Σήμανση κανάβου
- Θέση οργάνου
- Κλίση οργάνου
- Σταθεροποίηση τιμής
- 2-3 μετρήσεις αν είναι αναγκαίο
- ... τη σκιά μας ...



Κλάσεις σε cd/m^2 (Μ και σήραγγες)

Μετρητής λαμπρότητας

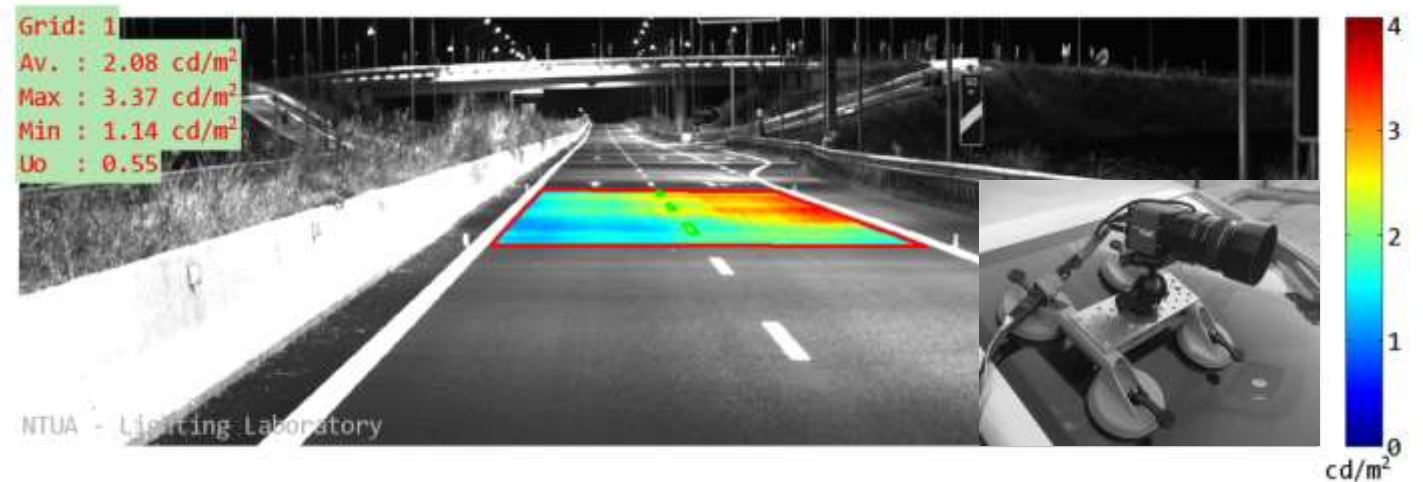
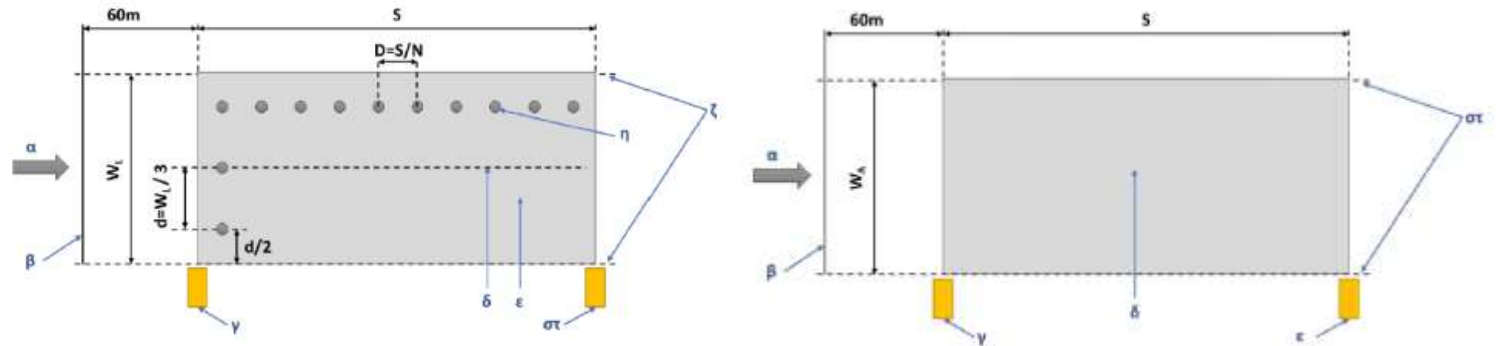
- Τύπου spot
- Κάμερα ILMD
- Αισθητήρας RGB
- Φωτογραφική μηχανή ;;;
- Μέτρηση από απόσταση 60m
- Μέτρηση από ύψος 1.5m
- Τοποθέτηση στο κέντρο της λωρίδας
- Αναγκαία η επεξεργασία εικόνας (ILMD, RGB, ...)
- Χρόνοι μέτρησης msec-sec



Κλάσεις σε cd/m^2 (Μ και σήραγγες)

Κύρια σημεία προσοχής

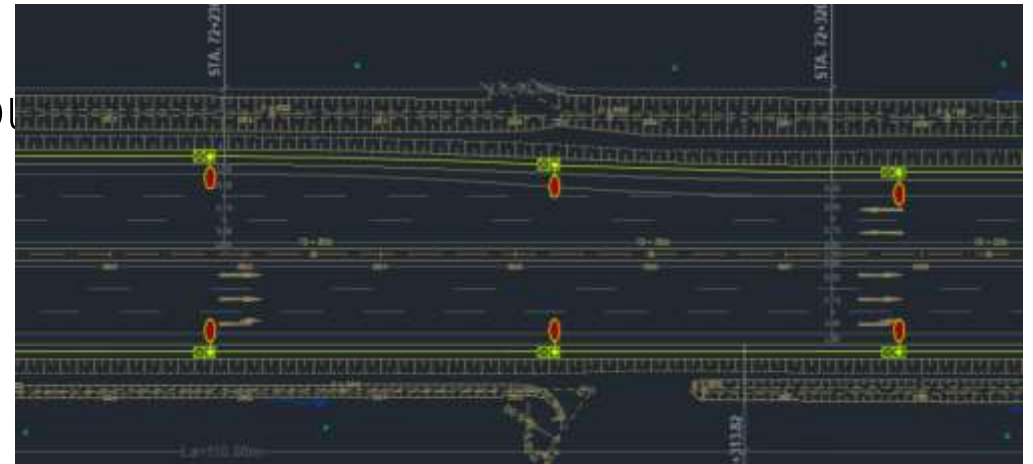
- Σήμανση κανάβου
- Σήμανση θέσης μέτρησης
- Θέση οργάνου
- Κλίση οργάνου
- Σταθεροποίηση τιμής
- Σημεία κορεσμού
- 2-3 μετρήσεις αν είναι αναγκαίο
- ... τη σκιά μας ...



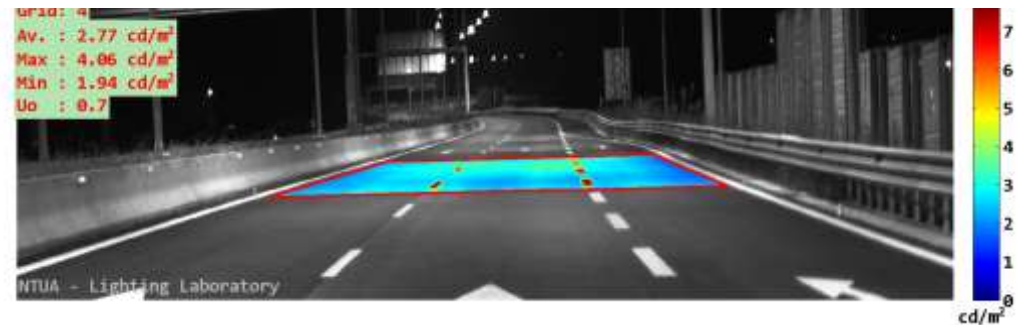
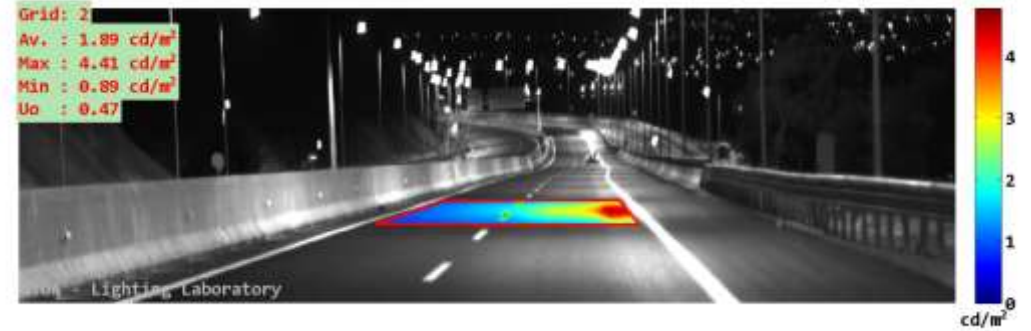
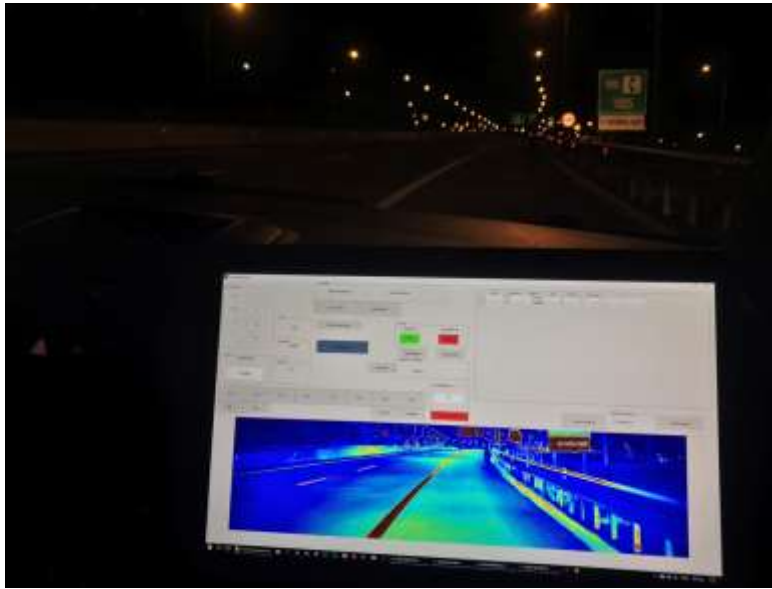
Εκτέλεση μετρήσεων στο πεδίο



ΑΝΟΙ



Εκτέλεση μετρήσεων στο πεδίο





Μέτρηση γεωμετρικών και
ηλεκτρικών χαρακτηριστικών

Μέτρηση γεωμετρικών και ηλεκτρικών μεγεθών

Γεωμετρικά

- Πλάτος οδού
- Πλάτος κάθε λωρίδας κυκλοφορίας και ΛΕΑ
- Απόσταση ιστών στην περιοχή μέτρησης και εκατέρωθεν αυτής
- Ύψος κάθε φωτιστικού στην περιοχή μέτρησης και εκατέρωθεν αυτής.
- Απόσταση κάθε φωτιστικού από την αρχή της πλησιέστερης λωρίδας
- Κλίση φωτιστικού σώματος σε σχέση με το οδόστρωμα
- Τύπος κάθε φωτιστικού σώματος.

Ηλεκτρικά (σε πίνακα παροχής ή σε >2 φωτιστικά)

- Τάση παροχής
- Ρεύμα
- Ισχύς
- Συντελεστής ισχύος
- Αρμονική παραμόρφωση



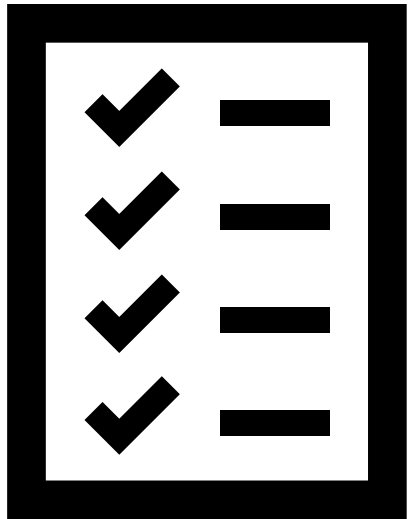
Ελάχιστες προδιαγραφές
οργάνων μέτρησης

Ελάχιστες απαιτήσεις οργάνων μέτρησης

- μην ξεχνάμε και τη διακρίβωσή τους -



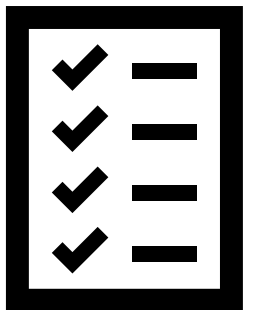
Τύπος μέτρησης	Χαρακτηριστικό	Απαιτήση
Ένταση φωτισμού (φορητό όργανο)	Εύρος μέτρησης	0.1 – 10.000 lx ή ευρύτερο
	Ακρίβεια	±3% ±1 ψηφίο
	Επαναληψιμότητα	±1% ±1 ψηφίο
	Ακρίβεια φίλτρου V(λ)	f1' <6%
	Διόρθωση συνημίτονου	f2 < 3%
Λαμπρότητα (φορητό αναλογικό όργανο)	Φασματική διόρθωση	Ναι
	Εύρος μέτρησης	0.01 – 10.000 cd/m ² ή ευρύτερο
	Οπτικό πεδίο	2' της μοίρας κατά μήκος 20' της μοίρας πλάτος
	Ακρίβεια φίλτρου V(λ)	f1' <6%
	Φασματική διόρθωση	Ναι
Λαμπρότητα (συσκευή ILMD)	Ακρίβεια	±3% ±1 ψηφίο
	Επαναληψιμότητα	±1% ±1 ψηφίο
	Εύρος μέτρησης	0.001 – 10.000 cd/m ² ή ευρύτερο
	Ανάλυση εικόνας	640x480 pixel ή μεγαλύτερη
	Οπτικό πεδίο	>20° οριζόντια >10° κατακόρυφα
	Ακρίβεια φίλτρου V(λ)*	f1' <6%
	Φασματική διόρθωση	Ναι
	Ακρίβεια	±3% ±1 ψηφίο
	Διόρθωση σκίασης φακού	ΝΑΙ
	Διόρθωση θορύβου	ΝΑΙ
Φάσμα / θερμ. χρώματος (φορητό φασματόμετρο ή χρωματομέτρο)	Εύρος φασματική απόκρισης οργάνου	380-780 nm ή ευρύτερο
	Ανάλυση μέτρησης (φασματόμετρο)	1nm ή μικρότερη
	Υπολογισμός θερμοκρασίας χρώματος (T)	ΝΑΙ
Ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (φορητός αναλυτής ισχύος)	Υπολογισμός Ra	Επιθυμητός
	Μέτρηση τάσης (V)	ΝΑΙ
	Μέτρηση ρεύματος (I)	ΝΑΙ
	Μέτρηση Ισχύος (VA, W, Var)	ΝΑΙ
	Μέτρηση συντελεστή ισχύος (λ)	ΝΑΙ
Μέτρηση αποστάσεων (αποστασιόμετρο ή μετροταινία)	Μέτρηση αρμονικής παραμόρφωσης (THD)	ΝΑΙ
	Εύρος μέτρησης	0 – 100 m ή ευρύτερο
	Ακρίβεια αποστασιομέτρου	±3% ±1 ψηφίο
Περιβαλλοντικά μεγέθη (φορητό θερμόμετρο)	Ακρίβεια μετροταινίας	0.1 ή καλύτερη
	Μέτρηση θερμοκρασίας	ΝΑΙ
	Μέτρηση σχετικής υγρασίας	ΝΑΙ
Αποθήκευση χρονοσειράς μετρήσεων	ΝΑΙ	



Ελάχιστες απαιτήσεις
αναφορών μετρήσεων

Ελάχιστες απαιτήσεις αναφορών μετρήσεων

- Γενική περιγραφή του σκοπού των μετρήσεων
- Περιγραφή του πεδίου(ων) μετρήσεων
- Στοιχεία και ιδιότητα των εκτελούντων τις μετρήσεις
- Κατάλογο των οργάνων (τύπος, μοντέλο, ημερομηνία τελευταίας διακρίβωσης και ιχνηλασιμότητα διακρίβωσης)
- Κλιματικές συνθήκες κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των μετρήσεων
- Περιγραφή της μεθοδολογίας μετρήσεων
- Αναφορά στα πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτέλεση των μετρήσεων
- Αποτελέσματα των μετρήσεων
- Αξιολόγηση των μετρήσεων και σύγκριση με τις εκάστοτε απαιτήσεις ή μελέτες
- Παραρτήματα με αναλυτικές μετρήσεις ανά πεδίο και εικόνες λαμπρότητας εφόσον έχουν ληφθεί.



ΦΩΤΙΣΜΟΣ ΟΔΩΝ, ΕΞΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ ΚΑΙ ΣΗΡΑΓΓΩΝ
ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΣΑΣ ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ



Ερευνητής, υπεύθυνος μετρήσεων
Εργαστήριο Φωτοτεχνίας
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Δρ. Κωνσταντίνος Α. Μπουρούσης
bouroussis@gmail.com



Εθνικός Εκπρόσωπος - CIE Division 2
"Physical Measurement of Light and Radiation"
International Commission on Illumination