

ISTINE I ZABLUCHE O LED

Andrej Đuretić

Primena LED u urbanom osvetljenju

Okrugli sto / Maj 2011.

LED Streetlight Luminaire, Cobrahead M-400 Housing

Better Visibility • Reduced Light Pollution • Consumes Only 20 Watts Power
Suitable for Replacing 70-100Watt HPS & MH Streetlights

- **Huge Cost Saving Benefit** – up to 85% reduction in electricity costs.
- **High Luminous Efficiency** – output of 150 lumens per watt, the 38 watt LED lamp can replace a 400 watt traditional sodium lamp.

10x

45%

Il ciclo di vita è 5 volte maggiore delle lampade HPS e 10 volte maggiore delle lampade ai vapori di Mercurio

Il consumo energetico è inferiore del 45% rispetto ad una Lampada HPS da 400W

LED svetiljka od 60W menja Na svetiljku od 250W

UŠTEDA
DO 80% ENERGIJE

**LED –
čudotvorni izvori ???**

CREE	XP-E	Hladno bela (5000-10000) K	>122	1000
CREE	XP-E	Neutralno bela (3700-5000) K	>107	1000
CREE	XP-E	Toplo bela (3000-3700) K	>94	1000
CREE	XP-G	Hladno bela (5000 -10000) K	>139	1500
CREE	XP-G	Neutralno bela (3700-5000) K	>122	1500
CREE	XP-G	Toplo bela (3000-3700) K	>107	1500
OSRAM	Golden Dragon Plus	Hladno bela (5700-6500) K	>112	700
OSRAM	Golden Dragon Plus	Neutralno bela (3700 – 4500) K	>82	700
OSRAM	Golden Dragon Plus	Toplo bela (300 -3700) K	>82	700
OSRAM	OSLON	Hladno bela (5700-6500) K	>104	1000
OSRAM	OSLON	Neutralno bela (3700-4500) K	>82	1000
OSRAM	OSLON	Toplo bela (3000-3700) K	>76	1000
Lumileds	Rebel	Hladno bela >4700 K	>100	100 lm/W garantov ano
Lumileds	Rebel	Neutralno bela (3750-4700) K	>100	100 lm/W garantov ano
Lumileds	Rebel	Toplo bela < 3750 K	>80	

- Podaci April 2010.
- $T_j = 25^\circ\text{C}$
- Struja 350 mA
- $V_f: 3.2\text{V}$
- $\Phi_{\text{max}} > 139 \text{ lm}$
- XP-E nw 1.1W
- 107 lm (~96 lm/W)



Svetlosna iskoristivost svetiljke (lm/W) =

**LED
sv. iskoristivost
(lm/W)**



x

**Efikasnost
drajvera (%)**



x

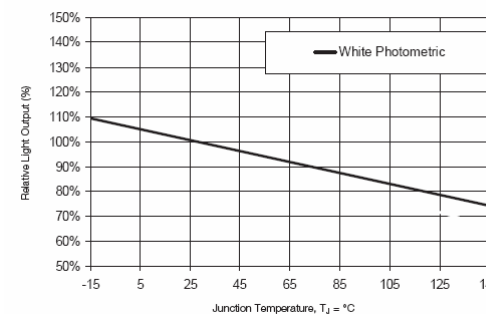
**Efikasnost
optike (%)**



x

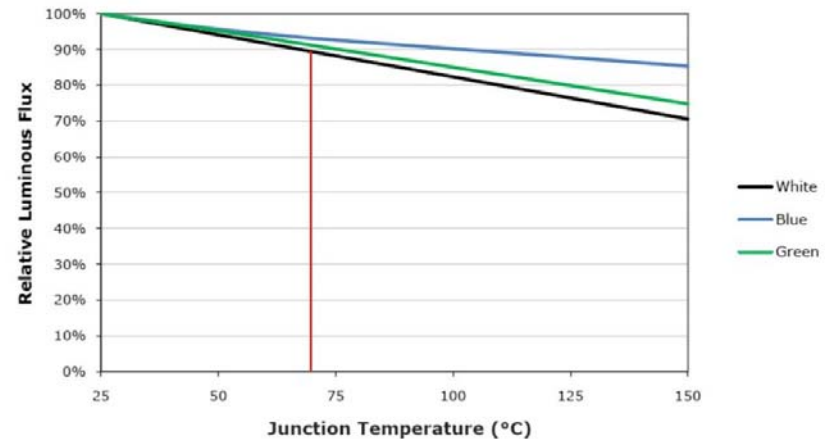
**Termička
efikasnost (%)**

Cool-White, Neutral-White and Warm-White at Test Current

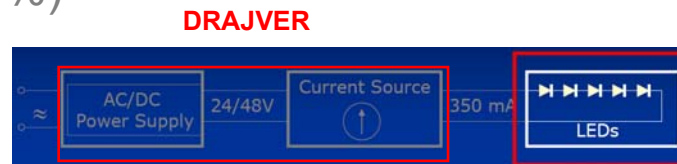


- Led (XP-E) svetlosna iskoristivost = 96 lm/W (25°C)

- $T_j = 70^\circ\text{C}$ (fluks pada za ~ 10%)



- Efikasnost drajvera (preko 90%)



- Efikasnost optike (~ 80%)

TIP	BIN	Struja	Tj = 25°C pojedinačna LED			Tj = 70°C pojedinačna LED			Efikasnost napajanja (90%)			Optika i protektor (efikasnost 80%)		
			Fluks (lm)	Snaga (W)	lm/W	Fluks (lm)	Snaga (W)	lm/W	Fluks (lm)	Snaga (W)	lm/W	Fluks (lm)	Snaga (W)	lm/W
XP-E @350 mA	107lm @350 mA	350 mA	107	1,12	96	95,7	1,07	89	95,7	1,2	80,1	76,6	1,2	64
		700 mA	186	2,38	78	166,4	2,28	73	166,4	2,5	65,7	133,1	2,5	53
XP-E @350 mA	114lm @350 mA	350 mA	114	1,12	102	102	1,07	95	102,0	1,2	85,5	81,6	1,2	69
		700 mA	198	2,38	83	177	2,28	78	177,0	2,5	70,2	141,6	2,5	56
XP-E @350 mA	122lm @350 mA	350 mA	122	1,12	109	109	1,07	102	109,1	1,2	91,8	87,3	1,2	73
		700 mA	212	2,38	89	190	2,28	83	189,7	2,5	74,7	151,8	2,5	60

Svetlosna iskoristivost LED svetiljke – 64 lm/W !

Svetiljka sa natrijumovim izvorom visokog pritiska:

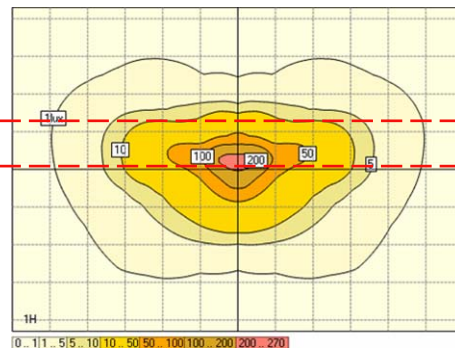
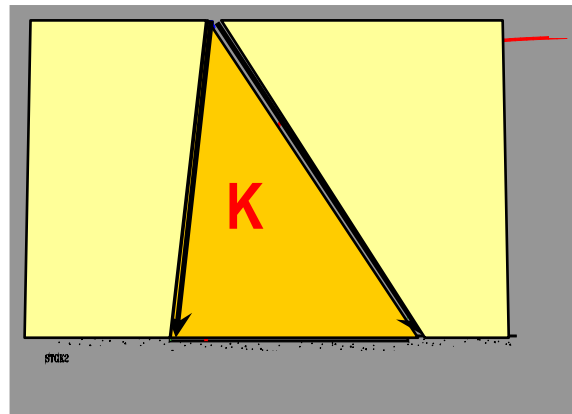
- svetlosna iskoristivost izvora NAV-T 70W = 94 lm/W
NAV-T 250W = 132 lm/W
- HID izvori nisu previše osetljivi na promene temperature
- Efikasnost elektromagnetnog balasta (preko 85%)
- Efikasnost optike (reflektor+protektor) (~ 80%)

Svetlosna iskoristivost natrijumove svetiljke – 90 lm/W !

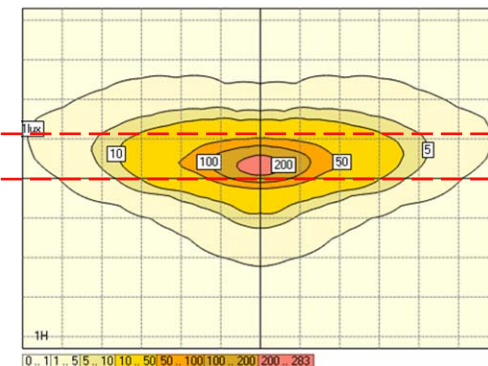
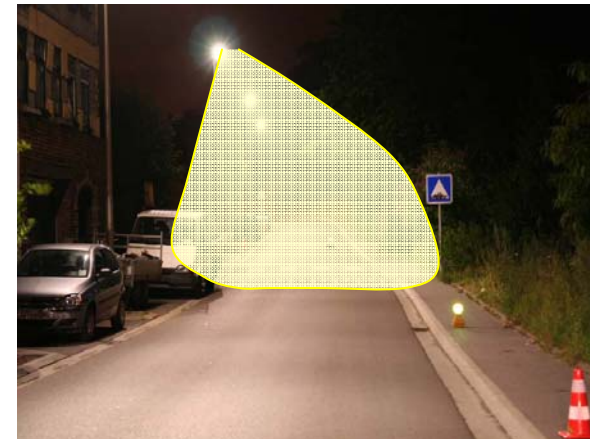
HID LED

Kontrola svetlosne raspodele

HID svetiljka



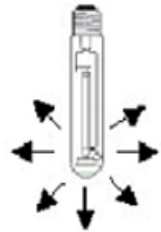
LED svetiljka



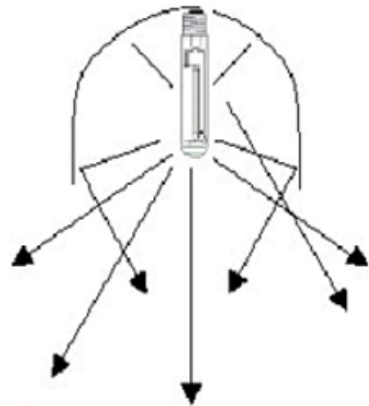
Primena LED u urbanom osvetljenju – Okrugli sto 2011.

NaVP

90 lm/W



50% efikasnost



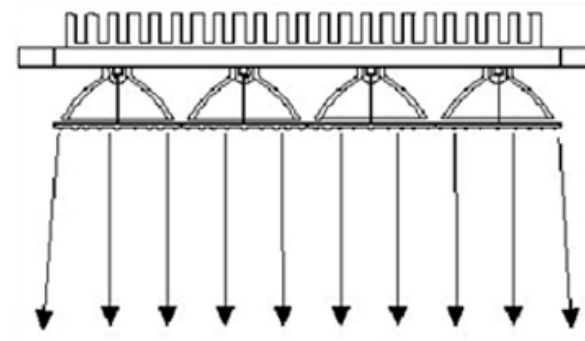
Efektivno: **45 lm/W**

Bela LED

64 lm/W



70% efikasnost



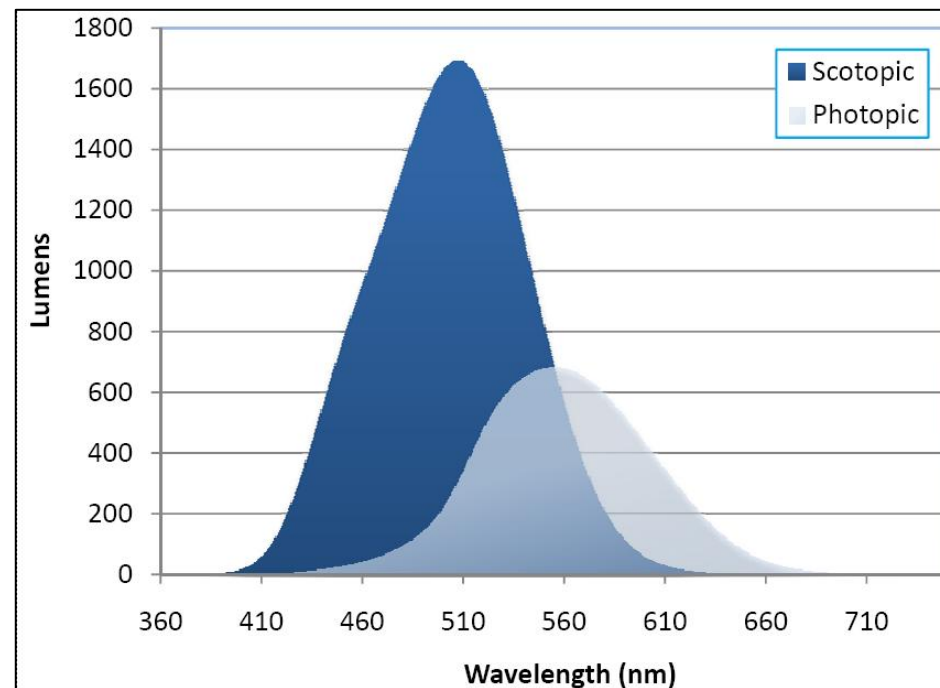
Efektivno: **45 lm/W**

ZAKLJUČAK

- Razlika u efikasnosti između natrijumovih i LED izvora je mala!
- Zamena se vrši u **odnosu 1:1!**
- Trend smanjivanja preporučenih nivoa u JO – LED adekvatno rešenje!
- Urbano osvetljenje i JO saobraćajnica manjeg značaja (klasa M3 i niže)

MEZOPSKO VIĐENJE

- Vizuelna efikasnost LED ipak veća od NaVP?
- LED izvor daje belo svetlo (veći udeo plave komponente boje)
- **Mezopska zona**
($0.001 \text{ cd/m}^2 < L < 10 \text{ cd/m}^2$)
 - između fotopske i skotopske
- Aktivni čepići (fotopski – centralno viđenje) i štapići (skotopski – periferno viđenje) u odnosu koji zavisi od nivoa sjajnosti i tipa izvora (njegove dominantne boje) – spektralna osetljivost oka se menja!
- Fotopsko - maksimum na 555 nm
- Skotopsko – maksimum na 505 nm



MEZOPSKO VIĐENJE

- fotometrijska praksa – preporuke zasnovane na relativnoj spektralnoj osetljivosti oka pri dnevnom viđenju (fotopski lumeni) – ne tretira se uticaj štapića!
- ovaj pristup ne uzima u obzir mezopski region gde su aktivni i čepići i štapići
- **S/P odnos** – parametar koji opisuje spektralne karakteristike izvora svetlosti
- koristi se kao mera mezopske spektralne osetljivosti (Rea [2004])
- izvori kojima je odnos $S/P < 1$ (npr. HPS) su efikasniji u fotopskim uslovima, a oni kod kojih je $S/P > 1$ (npr. MH,LED...) u skotopskim uslovima

Low pressure sodium	0.25
High pressure sodium (HPS) 250 W clear	0.63
HPS 400 W clear	0.66
HPS 400 W coated	0.66
Mercury vapor (MV) 175 W coated	1.08
MV 400 W clear	1.33
Incandescent	1.36
Halogen headlamp	1.43
Fluorescent Cool White	1.48
Metal halide (MH) 400 W coated	1.49
MH 175 W clear	1.51
MH 400 W clear	1.57
MH headlamp	1.61
Fluorescent 5000 K	1.97
White LED ¹ 4300 K	2.04
Fluorescent 6500 K	2.19

$$S/P = \frac{K'_m \int_0^{\infty} S_{\lambda}(\lambda) V'(\lambda) d\lambda}{K_m \int_0^{\infty} S_{\lambda}(\lambda) V(\lambda) d\lambda}$$

- pri čemu je $K'_m = 1700 \text{ lm/W}$ (maks. vrednost spektralne iskoristivosti pri skotopskim uslovima)

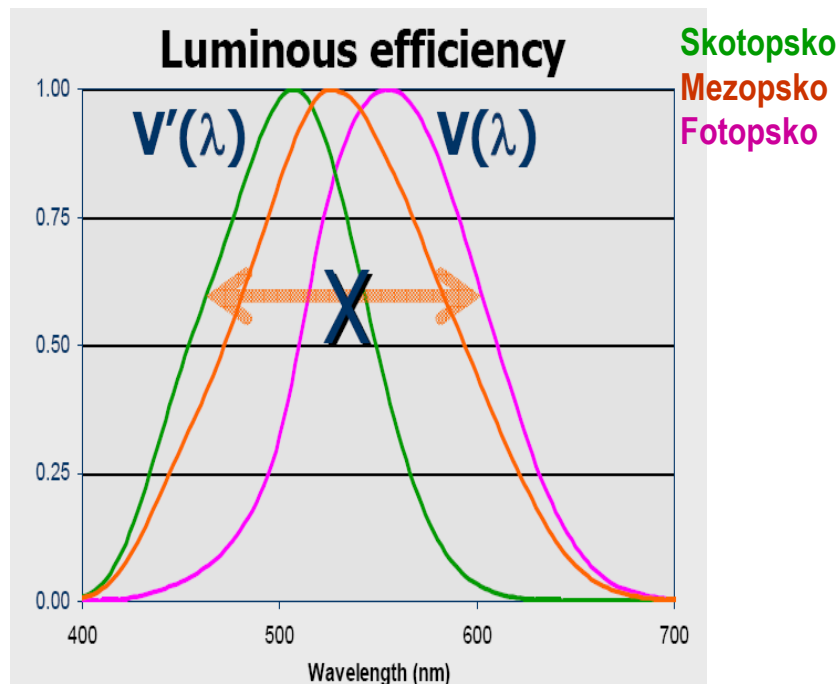
- $K_m = 683 \text{ lm/W}$ (maks. vrednost spektralne iskoristivosti pri fotopskim uslovima)

SISTEMI ODREĐIVANJA MEZOPSKE SJAJNOSTI

- za razvoj ovih sistema bitan princip aditivnosti – data količina spektralnog zračenja može se aproksimirati odgovarajućom funkcijom spektralne luminozne iskoristivosti i dodati linearno duž spektra
- princip aditivnosti ne važi za kriterijum poređenja sjajnosti (“brightness matching techniques”)
- odlučeno je zbog kompleksnosti problema da preporučeni sistem bude zasnovan na principu složenosti vidnog zadatka (“visual task performance”)
- Preporučenom sistemu su prethodili:
 1. USP sistem (Rea, 2004.)
 2. MOVE sistem (Goodman, 2007.)
 3. Kombinovani sistem (“Intermediate” sistem, tehnički komitet CIE) – kombinacija prethodnih sistema – ovaj sistem (kao i prethodna dva) opisuje mezopsku spektralnu svetlosnu iskoristivost kao linearnu kombinaciju fotopske i skotopske spektralne svetlosne funkcije koja obezbeđuje postepeni prelazak iz jedne u drugu funkciju kroz mezopsku zonu

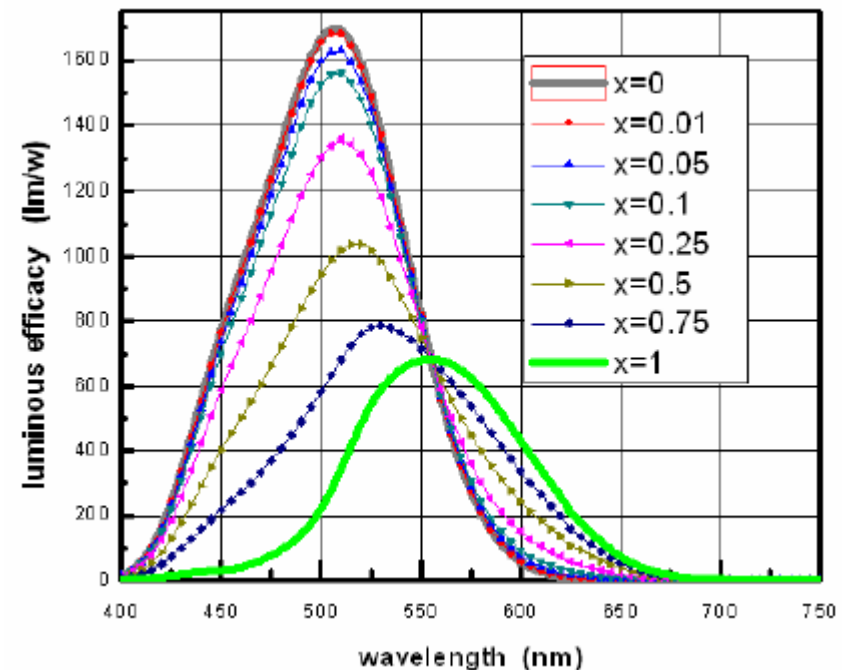
- Jedinstvena mezopska kriva ne postoji – mezopska sjajnost varira sa fotopskom
- X, x, m – koeficijenti adaptacije
- Mezopska sjajnost se menja sa nivoom sjajnosti

USP sistem



$$V_{mes}(\lambda) = X \cdot V(\lambda) + (1-X) V'(\lambda) \quad 0 \leq X \leq 1$$

MOVE sistem



$$M(x) \cdot V_{mes}(\lambda) = x \cdot V(\lambda) + (1-x) V'(\lambda) \quad 0 \leq x \leq 1$$

Primena LED u urbanom osvetljenju – Okrugli sto 2011.

PREPORUČENI METOD – kombinovani sistem!

CIE 191:2010

Razlika između skotopskih i mezopskih sjajnosti

		Photopic luminance $\text{cd}\cdot\text{m}^{-2}$										
		S/P	0,01	0,03	0,1	0,3	0,5	1	1,5	2	3	5
LPS ~	0,25		-75 %	-52 %	-29 %	-18 %	-14 %	-9 %	-6 %	-5 %	-2 %	0 %
	0,45		-55 %	-34 %	-21 %	-13 %	-10 %	-6 %	-4 %	-3 %	-2 %	0 %
HPS ~	0,65		-31 %	-20 %	-13 %	-8 %	-6 %	-4 %	-3 %	-2 %	-1 %	0 %
	0,85		-12 %	-8 %	-5 %	-3 %	-3 %	-2 %	-1 %	-1 %	0 %	0 %
MH warm white ~	1,05		4 %	3 %	2 %	1 %	1 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %
	1,25		18 %	13 %	8 %	5 %	4 %	3 %	2 %	1 %	1 %	0 %
	1,45		32 %	22 %	15 %	9 %	7 %	5 %	3 %	3 %	1 %	0 %
	1,65		45 %	32 %	21 %	13 %	10 %	7 %	5 %	4 %	2 %	0 %
LED cool white ~	1,85		57 %	40 %	27 %	17 %	13 %	9 %	6 %	5 %	3 %	0 %
	2,05		69 %	49 %	32 %	21 %	16 %	11 %	8 %	6 %	3 %	0 %
MH daylight ~	2,25		80 %	57 %	38 %	24 %	19 %	12 %	9 %	7 %	4 %	0 %
	2,45		91 %	65 %	43 %	28 %	22 %	14 %	10 %	8 %	4 %	0 %
	2,65		101 %	73 %	49 %	31 %	24 %	16 %	12 %	9 %	5 %	0 %

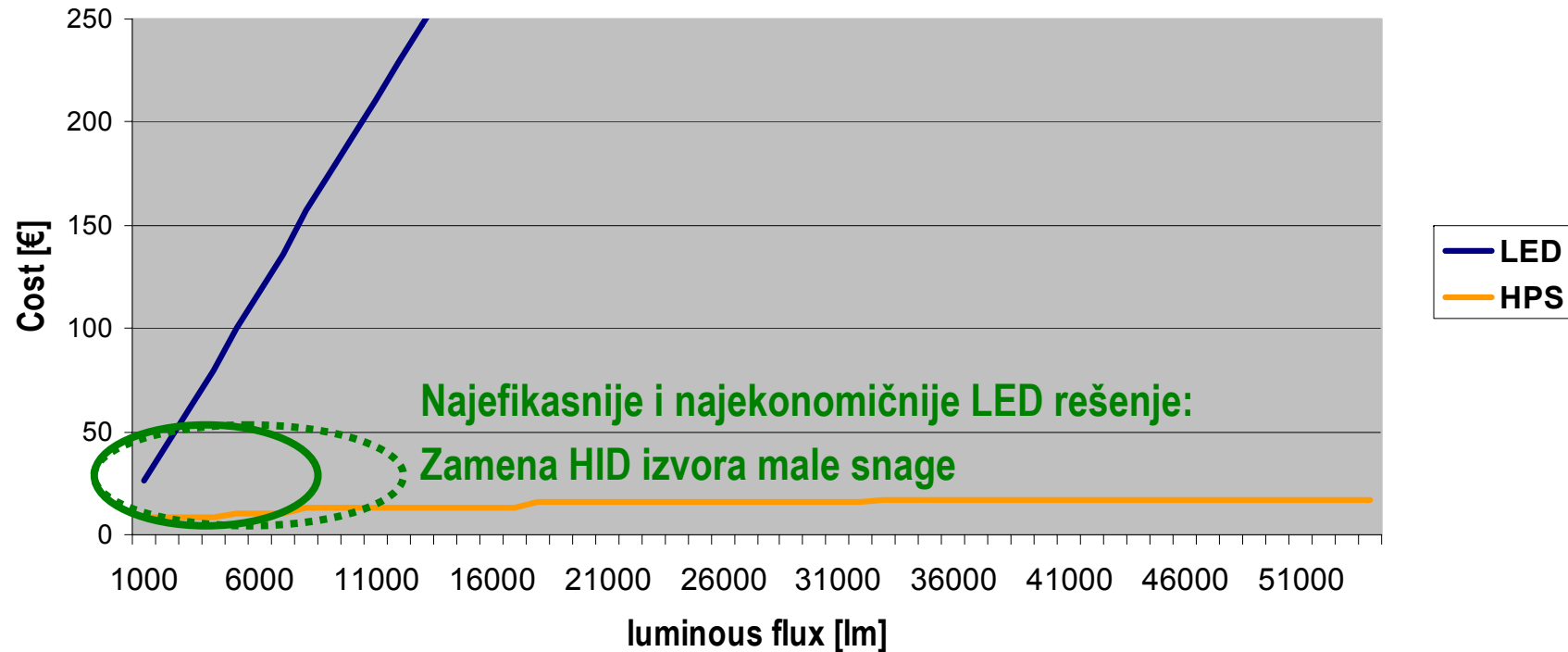
Odnos mezopskih sjajnosti
LED/HID:

1.86 1.52 1.32 1.23 1.14 1.11

- Prednost samo u zoni niskih sjajnosti!

Primena LED u urbanom osvetljenju – Okrugli sto 2011.

LED vs. HID – cena izvora zavisi od zahtevanog fluksa



- Koristeći kriterijum efikasnosti, nema prednosti LED nad HPS!
- Koristeći mezopski koncept, prednosti se mogu ostvariti u zonama niskih nivoa sjajnosti!
- U obzir se moraju uzeti održavanje, dimabilnost i boja svetlosti (i CRI)!

PAD EFIKASNOSTI SA POVEĆANJEM STRUJE

50 LEDs, 350 mA

toplo bela boja

75 lm/W @ 25 °C

$T_j = 65^\circ\text{C} \rightarrow 92\%$

$\rightarrow 69\text{ lm/W}$

30 LEDs, 700 mA

toplo bela, 75 lm/W

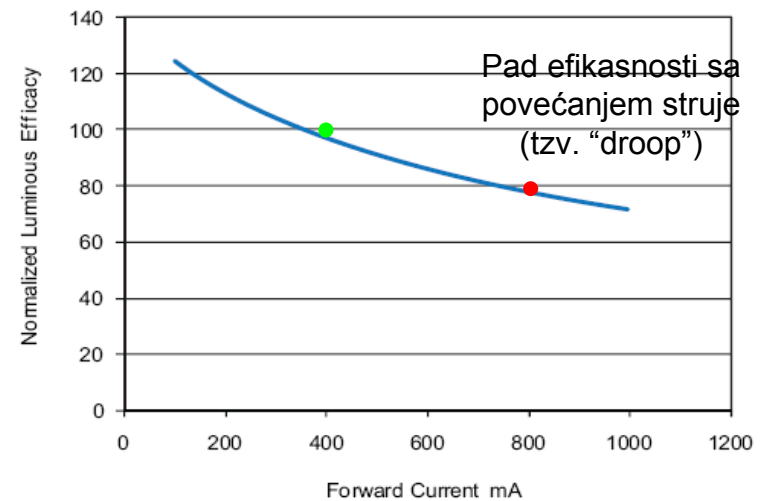
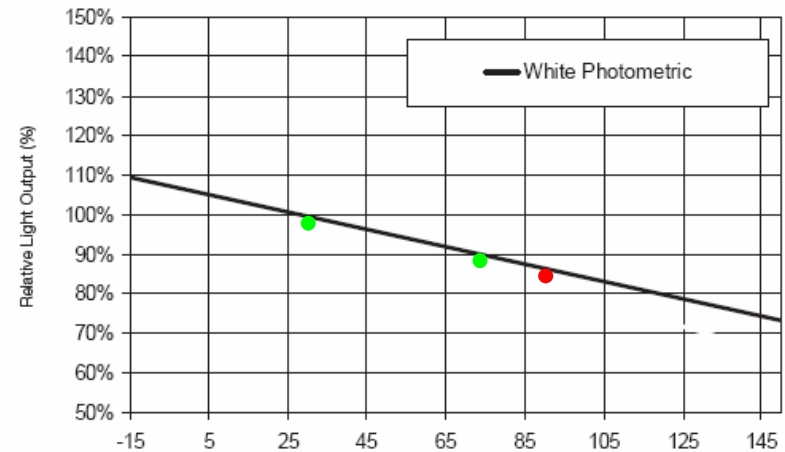
$T_j \sim 80^\circ\text{C} \rightarrow 88\%$

$\rightarrow 66\text{ lm/W}$

700 mA: 100% $\rightarrow 82\%$

$\rightarrow 54\text{ lm/W}$

Cool-White, Neutral-White and Warm-White at Test Current



PAD EFIKASNOSTI SA POVEĆANJEM STRUJE

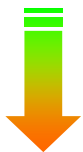
50 LEDs, 350 mA

Warm white

69 lm/W @ 65 °C



53 W, 3657 lm



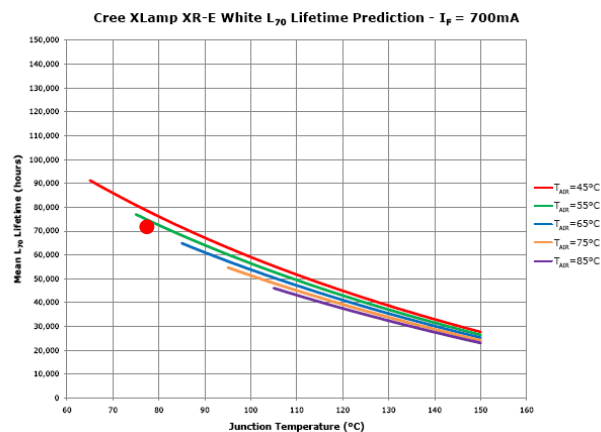
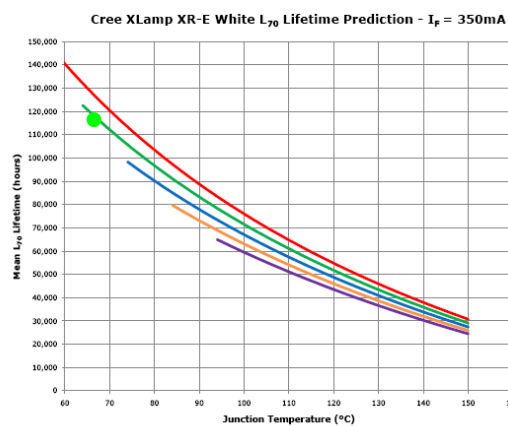
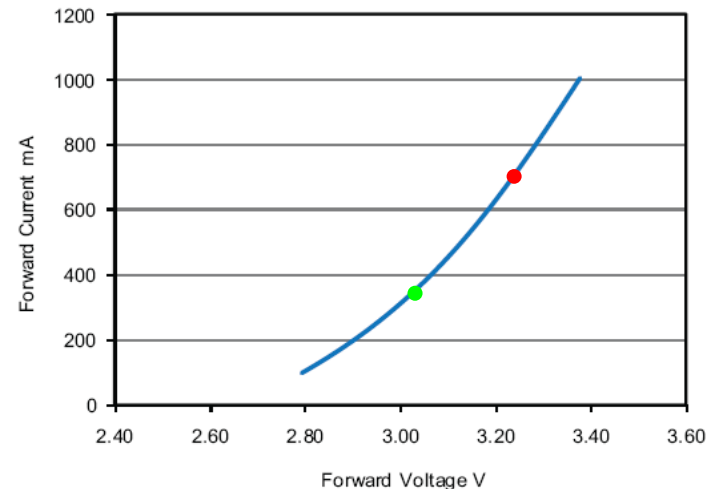
30 LEDs, 700 mA

Warm white,

54 lm/W @ 80 °C



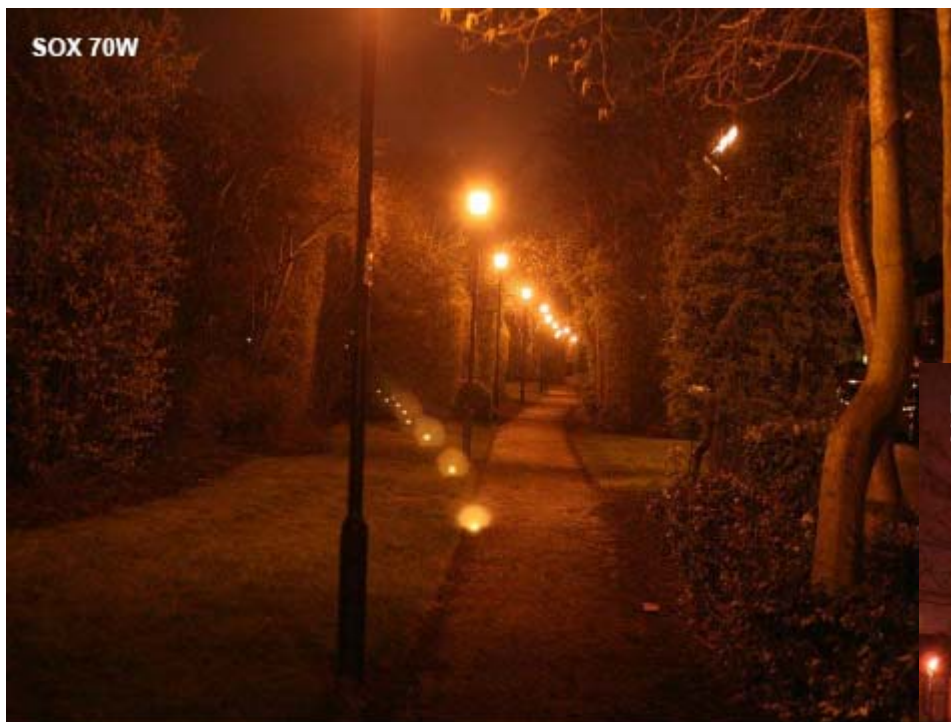
68 W, 3672 lm



Životni vek:

110000 h → 70000 h

Primena LED u urbanom osvetljenju – Okrugli sto 2011.



Primena LED u urbanom osvetljenju – Okrugli sto 2011.

- Korišćenjem zelenog svetla (36W LED sijalice) menja se natrijum snage 70W – ušteda energije 60%!



Primena LED u urbanom osvetljenju – Okrugli sto 2011.

HVALA NA PAŽNJI!