

O KVALITETU SVETLOSTI ENERGETSKI EFIKASNIH SIJALICA

1. UVOD

Sa pronalaskom električne sijalice, počinje borba za racionalno pretvaranje električne energije u vidljivu svetlost. Razvoj veštačkih izvora svetlosti je prvenstveno usmeren na uvođenju principa dobijanja svetlosti sa što manjim uloženim radom i energijom za izradu sijalica i njihovim što većim svetlosnim iskorišćenjem. Prva vrsta električnih izvora svetlosti koji su uspešno mogli da zamene sijalice sa usijanim vlaknom su izvori sa pražnjenjem u gasu niskog i visokog pritiska. Napredne tehnike osvetljenja električnim izvorima svetlosti kao što su fluorescentne sijalice, metalhalogenidne sijalice, natrijumske sijalice i diodne sijalice, nekoliko puta su energetski efikasnije od klasičnih inkandescentnih sijalica.

Ciljevi usavršavanja karakteristika izvora svetlosti usmereni su ka:

- Većem svetlosnom iskorišćenju (lm/W),
- Manjem utrošku električne energije,
- Dužem veku trajanja izvora svetlosti,
- Manjim gubicima pri zagrevanju,
- Boljom reprodukcijom boje,
- Poboljšanjem dizajna,
- Manjim troškovima održavanja,
- Uštedi električne energije osvetljenja, kao što su:
 - ušteta u unutrašnjem osvetljenju,
 - ušteta u osvetljenju industrijskih objekata i magacina,
 - ušteta u dekorativnom osvetljenju zgrada, trgova i istorijskih objekata,
 - ušteta u spoljašnjem osvetljenju (ulica, puteva i drugih saobraćajnica).

Tendencije razvoja sijalica za unutrašnje opšte i lokalno osvetljenje trenutno ide u dva pravca, ka kompaktnim fluorescentnim sijalicama i ka diodnim sijalicama (LED), koje bi trebalo da zamene inkandescentne sijalice. Koliko uspešno, to će se videti iz daljeg razvoja fluorescentnih i diodnih sijalica. Diodne sijalice tretiraju se kao potpuno nova vrsta izvora svetlosti, ne toliko zbog načina konverzije električne energije u svetlosnu energiju, nego zbog tehnologije izrade. Naime, svi savremeni izvori svetlosti konstrukciono vode poreklo od inkandescentne sijalice. Sve te sijalice u osnovi sastoje se iz podnoška, nožice,

balona i isijača svetlosti (usijano vlakno, fluorescentni premaz ili cevasti gorionik). Diodna sijalica vodi tehnološko poreklo iz poluprovodničke elektronike i konstrukciono je sasvim drukčija od ostalih sijalica, jedino postoji i dalje balon kao zaštita emitera svetlosti.

2. ZAHTEVI KVALITETA ENERGETSKI EFIKASNIH SIJALICA

Postoje mnogi standardi koji određuju kriterijume kvaliteta koje moraju da ispune energetske efikasne sijalice, kao najvažniji element osvetljenja, kako u pogledu fotoelektričnih karakteristika, tako i radi zadovoljenja vizuelnih udobnosti osvetljenja. Naime, izvori svetlosti moraju da pokriju čitav spektar vidljive svetlosti da bi se boje i predmeti što verodostojnije videli, a ambijent za boravak bio što prirodniji i prijatniji.

Važno je za osvetljavanje izabrati vrstu svetlosnog izvora koji zadovoljava i vizuelni osećaj, a ne samo ekonomičnost.

Zato je za osvetljavanje prostora bitno poznavati osim vrste svetlosnih izvora i njihove karakteristike kvaliteta i kriterijume za njihov odabir kod osvetljavanja.

Karakteristike koje se moraju uzimati u obzir kod izbora svetlosnih izvora :

Svetlosno iskorišćenje (η) pokazuje efikasnost kojom se potrošena električna energija pretvara u svetlost u lumenima po vatu (lm/W). Teorijski gledano, maksimum svetlosne efikasnosti koji se može postići, sa svom energijom pretvorenom u vidljivo svetlo, je 683 lm/W. Međutim, u praksi je to mnogo niža vrednost, između 10 i 198 lm/W. Radi uštede energije, trebalo bi birati proizvode sa visokom svetlosnom efikasnošću.

Tabela 1. Svetlosna efikasnost (η)

SVETLOSNI IZVORI	(η) u lm/W
Inkandescentne sijalice	8-16
Halogene sijalice	12-26
Fluorescentne sijalice	45-100
Sijalice sa živinom parom	36-60
Sijalice sa halogenidima metala	70-98
Natrijumske sijalice visokog pritiska	65-140
Natrijumove sijalice niskog pritiska	100-198

Razmatrane su prvenstveno inkandescentne i kompaktne fluorescentne – štedljive sijalice, pošto se radi štednje energije za primene opšteg osvetljenja teži zameni običnih sijalica kompaktnim fluorescentnim sijalicama. Narednom tabelom prikazane su vrednosti uštede energije ekvivalentnih sijalica, inkandescentnih i kompaktnih fluorescentnih, na bazi proseka od 6 sati dnevnog gorenja sijalice.

Tabela 2. Ušteda energije zamenom inkandescentnih sijalica fluorescentnim

Sijalica sa usijanim vlaknom /W	Fluorescentna /W	Godišnja ušteda u kWh
60	12	105
75	15	131
100	20	175

Takođe, upoređena je potrebna energija za izradu obeju vrsta sijalica i rezultati su prikazani tabelom 3.

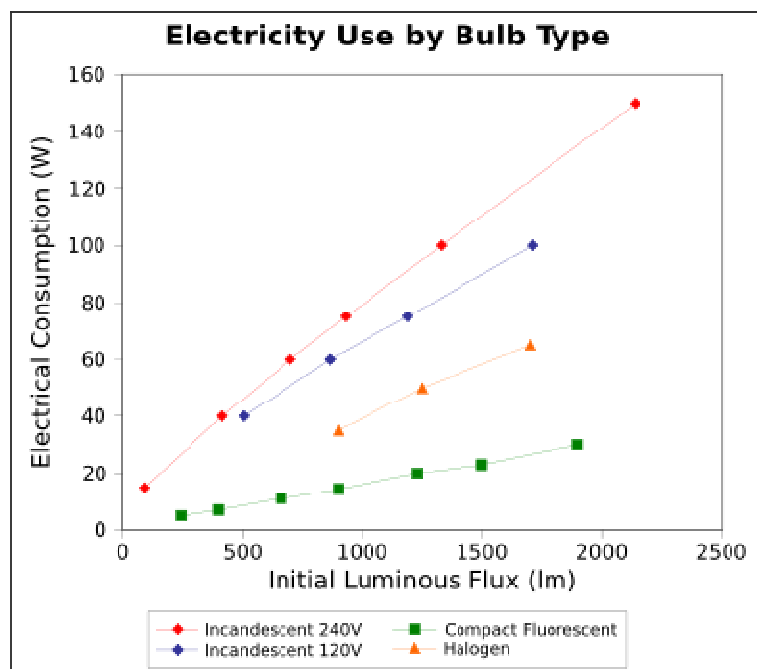
Tabela 3. Utrošci energije izrade sijalica

ELEMENTI KOMPAKTNE FC SIJALICE	POTREBNA ELEKTRIČNA ENERGIJA IZRADE U kWh/ kom	ELEMENTI INKANDESCENTNE SIJALICE	POTREBNA ELEKTRIČNA ENERGIJA IZRADE U kWh / komad
Stakleni balon	*e	Stakleni balon	e
Podnožak	e	Podnožak	e
Unutrašnji elementi	e	Unutrašnji elementi	e
Fluorescentni prah	10	Fluorescentni prah	Nema
Plastično kućište	5	Plastično kućište	Nema
Predspojna sprava	15	Predspojna sprava	Nema
Izrada sijalice	5	Izrada sijalice	0.01
UKUPNO	35	UKUPNO	0.01

*e – jednak utrošak električne enegije

Ukupno je potrebno 35 kWh više električne energije za izradu kompaktne fluorescentne sijalice u odnosu na inkandescentnu sijalicu. Ta se energija kod dobro izrađenih sijalica, trajnosti preko 3 000 sati kompenzuje kroz manji utrošak energije gorenja.

Slika 1. Dijagram energetske efikasnosti



Dijagram na slici 1. prikazuje potrošnju električne energije za različite vrste sijalica pri različitim svetlosnim nivoima. Kompaktna fluorescentna sijalica uspe da pretvori između 17% i 20% električne energije u svetlosnu, odnosno njen svetlosni učinak je između 45 lm/W i 100 lm/W, dok kod klasične sjalice on iznosi svega 8 lm/W do 17 lm/w.

Za zadati nivo osvetljenja kompaktna fluorescentna sijalica troši 1/3 do 1/5 električne energije ekvivalentne klasične sijalice. S obzirom da električno osvetljenje otpada oko 9% kućne potrošnje to znači da je ušteda nije zanemarljiva.

S obzirom na to da se obično smatra da kompaktna fluorescentna sijalica angažuje 20 % (1/5) snage inkandescentne sijalice istog svetlosnog fluksa, podatak o uštedi od svega 2/3 do 4/5 električne energije za osvetljenje deluje na prvi pogled zbunjujuće. Kolika će se ušteda stvarno postići zavisi od izvedbe i namena sijalice.

Na ukupnu energetska efikasnost osim komponenti koje imaju ulogu u procesu dobijanja svetlosti u samom izvoru, kao što su sastav fluorescentnog praha i konstrukcija predspojne sprave, utiču i dimenzije sijalice, odnosno dizajn i oblik balona. Spiralna izvedba staklene cevi kompaktne fluorescentne sijalice uzrokuje nešto niže svetlosno iskorišćenje u odnosu na ravnu ili „U“ izvedbu cevi, zbog delimične zaklonjenosti svetlećih površina cevi, kao zbog nešto veće debljine fluorescentnog praha nanešenog na strani suprotnoj od podnoška u odnosu na stranu bližu njemu. Predspojna sprava mora biti faktora snage, $\cos \varphi \gg 0.50$.

Posredno, na energetska efikasnost sijalice utiču temperatura boje i stepen reprodukcije boja. U zavisnosti od mesta i svrhe, veštačka svetlost trebalo bi da pruži dobru reprodukciju boja, približno jednaku prirodnoj dnevnoj svetlosti. Zahtev kvaliteta svetlosti koju svetlosni izvor proizvodi jeste njen indeks reprodukcije boja (Ra).

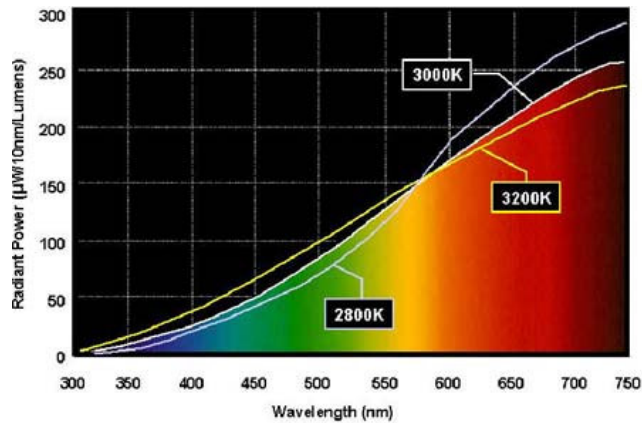
2.1. Temperatura boje i reprodukcija boja

Svetlost u fluorescentnim sijalicama emituje se luminescentnim slojem nanetim sa unutrašnje strane staklene cevi, gde svaka komponenta smese daje jednu boju. Da bi se postigla „bela svetlost“ potrebno je povećati broj komponenti praha čime se povećava cena koštanja svetlosnog izvora i snižava energetska efikasnost, jer se sa željenim povišenjem temperature boje mora povećati količina nanetog luminofora koji delimično apsorbuje primarno ultraljubičasto zračenje. Tako na primer, fluorescentna sijalica oznake „dnevna svetlost“, temperature boje oko 6 500 K, emituje svega 90% svetlosti fluorescentne sijalice iste snage temperature 4 200 K, označene sa „hladno bela“. Danas se taj problem rešava delimičnom zamenom kalcijum i magnezijum halofosfata teluridima i halofosfatima cinka, stroncijuma, barijuma, itrijuma, lantana, cera, neodima, europijuma, terbijuma i disprozijuma.

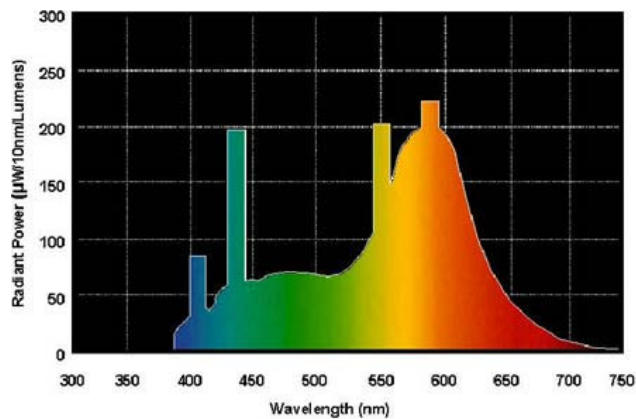
Ali, što je veća temperatura boje u kelvinima to je svetlost „hladnija“. „Hladna“ svetlost neprijatna je za čoveče oko i raspoloženje. Ispitivanjem emocionalnog reagovanja ljudi na hladnu svetlost pokazuje se da takva svetlost deluje neprijatno, čak i zlokobno, bez obzira što je indeks reprodukcije boja iznad 80.

Zašto je to tako, jasno je ako se razmotri priroda emitovane svetlosti inkandescentnih izvora i fluorescentnih. Inkandescentni izvori emituju kontinualni spektar vidljivog elektromagnetnog zračenja, dok fluorescentni izvori emituju diskretne vrednosti elektromagnetnog zračenja. Upoređenje prikazano je narednim slikama.

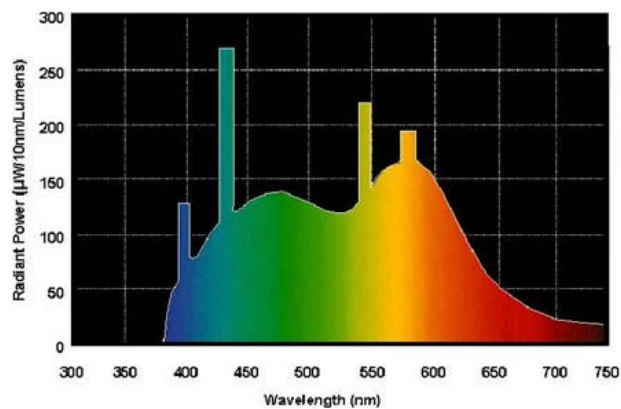
Slika 2. Spektar inkandescentne sijalice



Slika 3. Spektar fluorescentne sijalice 4 200K („hladno bela“)



Slika 4. Spektar fluorescentne sijalice 6 500K („dnevna svetlost“)



Jasno je da su fluorescentne sijalice „siromašnije“ u crvenom delu spektra, naročito one viših temperatura boje. Da bi se ovaj nedostatak kompenzovao, potrebno je povećati ukupan svetlosni fluks sijalice, što znači više snage. To znači da iako je kompaktna fluorescentna sijalica od 20 W po isijanim lumenima ekvivalentna inkandescentnoj sijalici od 100 W, stvarno je potrebno upotrebiti kompaktnu fluorescentnu sijalicu od 25W temperature boje 4 200 K, odnosno sijalicu od 30W temperature boje 6 500 K.

Da bi se izbegla neprijatna i „zlokobna“ svetlost u boravišnim prostorima, stvarno je potrebno sa kompaktnim fluorescentnim izvorima angažovati 1/4 do 1/3 snage ekvivalentnog inkandescentnog izvora, a ne 1/5 snage kako bi se prema emitovanom svetlosnom fluksu moglo zaključiti. Uzevši u obzir da je kompaktna fluorescentna sijalica oko 10 puta skuplja od inkandescentne, te da je stvarna ušteda električne energije 67 % do 75 %, a ne 80 %, da bi korisnici bili stimulisani za nabavkom štedljivih sijalica, potrebno je da stvarna trajnost tih izvora svetlosti bude najmanje 10 000 sati.

3. ZAKLJUČAK

Kriterijumi za kvalitet koje energetske efikasne kompaktne fluorescentne sijalice moraju da ispune u smislu opštih Zahteva standarda su:

- Svetlosna efikasnost ne sme da bude ispod 50lm/w,
- Energetska efikasnost ne sme da bude ispod 85%,
- Indeks reprodukcije boja (Ra) mora biti iznad 80%,
- Plastično kućište mora biti otporno na toplotu, odnosno mora biti samogasivosti klase V1 (UL standardi),
- Vrednost $\cos\phi$ mora da bude znatno iznad 0.5,
- Energetske efikasne sijalice moraju da imaju elektromagnetnu kontrolu (EMC) radi sprečavanja elektromagnetnog zračenja,
- I naravno, trajnost iznad 10 000 sati.

Pored svega navedenog, zbog zahteva za zaštitom prirode, mora se na nacionalnom nivou organizovati recikliranje sijalica koje su završile radni vek.

4. ABSTRACTS

Electrical and luminous characteristics of incandescent lamps and compact fluorescent lamps were compared, referred especially to the colour rendering and energy efficiency. The modern light sources can save between 67 and 75 percent electric energy consumption. The value of 80 percent seems to be too optimistic, due to the spectral characteristics of the luminescent lamps.

5. KLJUČNE REČI

Inkandescentne sijalice, kompaktne fluorescentne sijalice, energetska efikasnost, spektri, spektralna raspodela, temperatura boje, reprodukcija boja.

6. LITERATURA

1. Dokumentacija Fabrike sijalica „Tesla“, Pančevo,
2. Internet strane u kojima su obrađeni pojmovi iz ovog rada