

## 8. Rasvjeta

### 8.1. Uvod u rasvjetu u kućanstvima

Na rasvjetu u prosječnom kućanstvu otpada oko 10 % cjelokupne potrošnje energije. Na rasvjeti se može puno uštedjeti. Štedne sijalice mogu upola smanjiti godišnju potrošnju - s 200 kWh na 100 kWh ne umanjujući ugodu.

Razni pojmovi koji se upotrebljavaju u vezi s rasvjetom mogu biti zbunjujući. U ovom se poglavlju stoga sažeto navode najvažniji pojmovi za provjeru uštede energije i objašnjava njihovo značenje.

#### Svjetlosni tok

Svjetlosni tok odnosi se na količinu svjetlosti koju proizvodi rasvjetno tijelo. Svjetlosni tok mjeri se u lumenima (lm). Što je veći broj lumena koji proizvodi rasvjetno tijelo, to je svjetlost koju daje jača. Od 2010., izlazna snaga štednih rasvjetnih tijela u lumenima mora biti navedena i već se nalazi na većini pakiranja.

#### Osvjetljenje

Osnovni parametar za planiranje rasvjetnih sustava je potrebno osvjetljenje. Osvjetljenjem se iskazuje količina svjetla koja pada na površinu. Mjerna jedinica je lux (lx) - lumen po kvadratnom metru.

Minimalna osvjetljenja za radna mjesta različito se navode se ovisno o namjeni. Variraju od 50 lux u hodnicima i 200 do 500 lux u tipičnim radnim prostorima, do 1500 lux u odjelu za kontrolu kvalitete. Na površini stola operacijske dvorane potrebno je osvjetljenje između 20000 i 100000.

#### Svjetlosna učinkovitost

Takozvana svjetlosna učinkovitost sijalice opisuje količinu svjetla koje se proizvodi u odnosu na potrebni unos energije. Izračunava se kao omjer svjetlosnog toka (lumeni) i ulazne električne energije (vati).

Svjetlosna učinkovitost = lumeni po vatu

Veća vrijednost lumena po vatu (lm/W) znači veću energetska učinkovitost sijalice. Stoga je ta vrijednost mjera učinkovitosti sijalice.

Tablica u nastavku prikazuje svjetlosnu učinkovitost raznih sijalica:

| Vrsta sijalice                              | Svjetlosna učinkovitost = lumeni po vatu |
|---|--|
| Klasična sijalica (sijalica sa žarnom niti) | 12                                       |

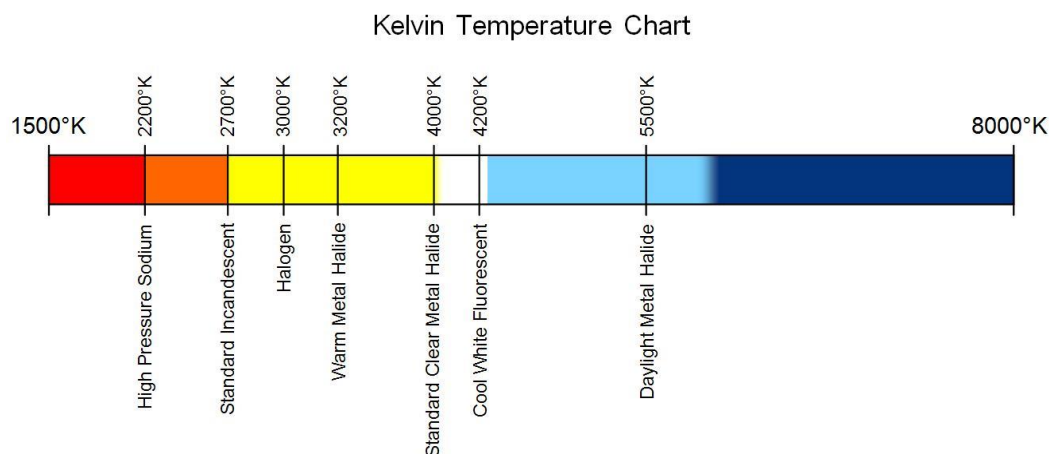
|   |       |
|---|-------|
| Halogena sijalica                       | 15-25 |
| LED sijalica visokih performansi        | 80    |
| Štedna sijalica                         | 60-70 |
| Fluorescentna sijalica (hladno svjetlo) | 100   |

### Boja svjetlosti

Boja svjetlosti je rezultat spektralne kompozicije svjetlosti koju proizvodi izvor svjetlosti. Boju svjetlosti stvaraju ili određene pojedinačne boje određene valne duljine ili mješavina nekoliko valnih duljina ili područja valnih duljina u određenom spektru.

Svijeće, klasične sijalice i Sunce najvažniji su izvori svjetlosti. Jedna stvar im je zajednička: boja svjetlosti ovisi o temperaturi. Zagrijani predmet prvo svijetli crveno, a kako se grije, svjetlost prelazi iz žute u bijelu pa u plavu.

Temperatura svjetlosti izražava se u Kelvinima (K).



Slika 1. Prikaz temperature u Kelvinima

Na tablici u nastavku prikazane su temperature boja različitih izvora svjetlosti. Kao što možete vidjeti, klasična sijalica ima nižu temperaturu boje od fluorescentne. Što je vrijednost temperature boje veća, to je svjetlost „hladnija“.

| Izvor svjetlosti         | Temperatura boje |
|--------------------------|------------------|
| Svijeća                  | 1 500 K          |
| Klasična sijalica (60 W) | 2 680 K          |
| Halogena sijalica        | 3 000 K          |
| Fluorescentna sijalica   | 4 000 K          |

|  |                 |
|--|-----------------|
| Jutarnje / popodnevno sunce                          | 5 000 K         |
| Lijeno sunce na oblačnom nebu                        | 5 500-5 800 K   |
| Dnevna svjetlost - puni spektar                      | 6 500 K         |
| Oblačno nebo   | 6 500-7 500 K   |
| Magla  | 7 500-8 500 K   |
| Nebo netom prije ili nakon izlaska ili zalaska sunca | 9 000-12 000 K  |
| Vedro sjeverno nebo                                  | 15 000-27 000 K |

## 8.2. Različite vrste sijalica

### Sijalice sa žarnom niti (klasične sijalice)

Sijalicu sa žarnom niti izumio je i patentirao Thomas Edison prije više od 125 godina (1879.), tada s karboniziranom bambusovom ili ugljičnom niti. Još uvijek se prodaju milijuni takvih sijalica koje još uvijek rade na istom principu: električna energija zagrijava savijenu volframovu nit do bijele svjetlosti i pritom emitira - između ostalog - vidljivu svjetlost, ali nažalost i toplinu. 95 % ulazne snage pretvara se u toplinu.

U normalnom okruženju, uslijed prisutnosti kisika i visokih radnih temperatura, nit bi odmah sagorjela u volframov oksid. Zbog toga se upotrebljava staklena žarulja koja štiti nit od okolnog zraka. Budući da metal kontinuirano isparava iz niti tijekom rada, veličina niti u osnovi ovisi o materijalu žice. Klasične sijalice sa žarnom niti i sijalice sa žarnom niti visoke snage moraju se nalaziti u staklenoj žarulji kako bi se talog mogao rasporediti po većoj površini bez značajnog utjecaja na transparentnost staklene žarulje tijekom životnog ciklusa sijalice.



Slika 2. Sijalice sa žarnom niti

Sijalice sa žarnom niti daju svjetlost snage oko 12 do 15 lm/W (lumena po vatu). Učinkovitost rasvjete podiže se zajedno s temperaturom. No, na taj se način smanjuje životni vijek sijalice. Na 2700 Kelvina, sijalice sa žarnom niti mogu svijetliti oko 1000 sati, no na 3400 Kelvina (studijske sijalice), svijetle tek nekoliko sati.

Prodaja sijalica sa žarnom niti zabranjena je u nekim državama (uključujući EU) radi uštede energije i zaštite klime.

### Halogene sijalice

Halogene sijalice predstavljaju dodatno razvijene sijalice sa žarnom niti u kojima halogeni plin okružuje nit. Uz radnu temperaturu od oko 3000 K, postižu svjetlosnu učinkovitost od oko 25 lm/W (za usporedbu, sijalica sa žarnom niti postiže oko 15 lm/W, a štedna sijalica oko 60 lm/W). To znači da su 20 - 30 % učinkovitije od sijalica sa žarnom niti. Njihov je korisni vijek oko 2000 sati rada.

Dostupne su i poboljšane, takozvane IRC halogene sijalice, kod kojih je unutrašnjost staklene žarulje obložena posebnim infracrvenim slojem koji reflektira infracrveno zračenje lampe nazad u nit. Zbog tog učinka, IRC halogene sijalice postižu svjetlosnu učinkovitost za oko 30 % veću od one klasične halogene sijalice. Imaju i znatno duži korisni vijek od oko 4000 sati. Unatoč tome, čak niti IRC halogene sijalice nisu niti upola učinkovite kao standardne štedne sijalice.



Slika 3. Halogena sijalica

Uz visokonaponske halogene sijalice koje se napajaju standardnim naponom od 230 volti, postoje i niskonaponske halogene sijalice koje rade pod naponom od 12 ili 24 volta. Opremljene su transformatorom koji smanjuje napon na potrebnu razinu niskog napona. Uz te je sustave potrebno uvjeriti se da prekidač za uključivanje / isključivanje odvaja i transformator od dovoda struje jer bi inače došlo do konstantnih gubitaka u stanju mirovanja.

Halogene sijalice postižu boju usporedivu s onom klasičnih sijalica sa žarnom niti.

Istrošene halogene sijalice odlažu se u običan komunalni otpad.

**Napomena:** Budući da je emitirano UV zračenje opasno za očnu spojnicu i može izazvati čak i opekline od sunca, halogene sijalice moraju uvijek biti prekrivene staklom. Više temperature koje nastaju u halogenoj sijalici predstavljaju i opasnost od požara ako se ne poštuju minimalne udaljenosti.

### Fluorescentne sijalice

Strukturu fluorescentne sijalice čini staklena cjevčica punjena plinom s elektrodom na svakom kraju. Obično se naziva neonskom cijevi iako se u njoj nalazi živina para i, kao inertni plin, češće rabljeni i jeftiniji argon umjesto neona. Za uključivanje je potreban početni napon kako bi se ioniziralo plinsko

punjenje fluorescentne sijalice. Plin zatim postaje električni provodljiv i proizvodi svjetlost, djelomice u nevidljivom ultraljubičastom spektru. Kako bi se pojačala proizvodnja vidljive svjetlosti, unutrašnjost odvodne cijevi obložena je fluorescentnim materijalom (iz kojeg je izveden naziv „fluorescentna sijalica“).

Fluorescentna sijalica mora imati prigušnicu koja ograničava protok struje kroz sijalicu. Prigušnica se opisuje kao balast i nalazi se u svim fluorescentnim sijalicama. Ovdje treba razlikovati uobičajene balaste, balaste s niskom razinom gubitka - dodatni razvijen tradicionalni balast - i elektroničke balaste koji se danas upotrebljavaju. Potonji imaju najveću učinkovitost, a prepoznatljivi su po tome što sijalice ne trepte kad se upale.

Ovisno o dizajnu, svjetlosna učinkovitost je između 45 i 100 lumena po vatu (za usporedbu, sijalica sa žarnom niti proizvodi oko 10-15 lm/W), što znači da ima visoku razinu energije. U usporedbi sa sijalicama sa žarnom niti, fluorescentnim sijalicama potrebno je 70-85 % manje energije.

Promjer cijevi fluorescentnih sijalica je standardiziran. Promjer u osminama inča ( $25,4 \text{ mm}/8 = 3.175 \text{ mm}$ ) navodi se nakon slova „T“ (za „cijev“). Stoga, na primjer, cijev T5 ima promjer od  $5/8$  inča ili približno 16 mm.

Standardne fluorescentne sijalice (T8) sa standardnim balastom imaju koristan vijek od 6000 do 8000 sati. Moderna fluorescentna sijalica (T5) s elektroničkim balastom postiže korisni vijek od 25000 sati, a posebne verzije čak do 80000 sati!

Fluorescentne sijalice treba odložiti u stanicu za prikupljanje otpada (reciklažni centar).

Štedne sijalice koje se koriste za provjeru uštede energije također spadaju u kategoriju fluorescentnih sijalica. Štedne sijalice su kompaktne fluorescentne sijalice! Budući da igraju važnu ulogu u provjeri uštede energije, temi štednih sijalica posvećen je zasebni dio.



Slika 4. Fluorescentne sijalice

Najveći nedostatak fluorescentnih sijalica je možda to što, za razliku od sijalica sa žarnom niti, ne proizvode kontinuirani spektar boja. Tropojasne fluorescentne sijalice predstavljaju značajno poboljšanje u odnosu na rezultat boje i svjetlosni tok. Kod tih sijalica, fluorescentna obloga sastoji se

od mješavine tri fluorescentna materijala koji proizvode svjetlost u crvenom, zelenom i plavom području vidljivog spektra. Najbolji rezultat boje daju takozvane fluorescentne sijalice punog spektra - s kojima dolazi do najmanjih izobličenja boje. Spektar je sličan dnevnom svjetlu i podjednako kontinuiran. To se postiže pomoću barem četiri različita fluorescentna materijala (peteropojasne fluorescentne sijalice).

#### Diode koje emitiraju svjetlost (LED)

Dioda koja emitira svjetlost (skraćeno LED) je poluvodička elektronička komponenta. Kada struja teče u smjeru provođenja zrači svjetlost ovisno o materijalu. Ta je svjetlost praktički monokromatska (tj. sadrži jednu boju).



*Slika 5. Diode koje emitiraju svjetlost*

Da bi se dobila bijela svjetlost, ili se miješaju pojedinačne diode različitih boja ili se LED kombinira s foto-luminiscentnim materijalom, sličnim fluorescentnoj sijalici. Za potrebe osvjjetljenja gotovo uvijek se koristi potonje jer je jeftinije.

Mnoge LED sijalice dostupne na tržištu imaju svjetlosnu učinkovitost od 30 do 60 lumena/vat. Stoga su LED sijalice učinkovitije od sijalica sa žarnom niti i halogenih sijalica, no djelomično manje učinkovite od fluorescentnih i štednih sijalica.

Vrijednost lumena uvelike ovisi o boji svjetlosti i, kod LED sijalica koje daju toplu svjetlost, puno je manja nego kod LED sijalica hladne bijele boje. Dodatni parametar je izlazna snaga po jedinici: što je veća izlazna snaga jedne LED sijalice, to je manja njezina učinkovitost.

U pravilu, diode koje emitiraju svjetlost postupno slabe, ne prestanu raditi odjednom. Životni vijek (smanjenje kvalitete svjetlosti) LED sijalice je vrijeme nakon kojeg svjetlosna učinkovitost padne na pola svoje početne vrijednosti. Za LED sijalice niskofrekventne struje, korisni vijek može biti do 100000 sati. Visoke temperature (obično zbog visokofrekventnih struja) drastično smanjuju životni vijek LED sijalica. Trenutačno dostupne LED sijalice visoke izlazne snage imaju životni vijek od 15000 do 30000 sati. LED sijalice koje su dostupne na tržištu u obliku sijalica sa žarnom niti već imaju životni vijek od više od 10000 sati.

Zbog svojeg dugog životnog vijeka, neosjetljivosti na udarce i emitiranja svjetlosti u snopovima, LED sijalice su naročito prikladne za primjene kao što su automobilska svjetla, prometni signali, vanjska rasvjeta i svjetlosni efekti. Osim toga, sve je više interesa za njihove druge primjene.

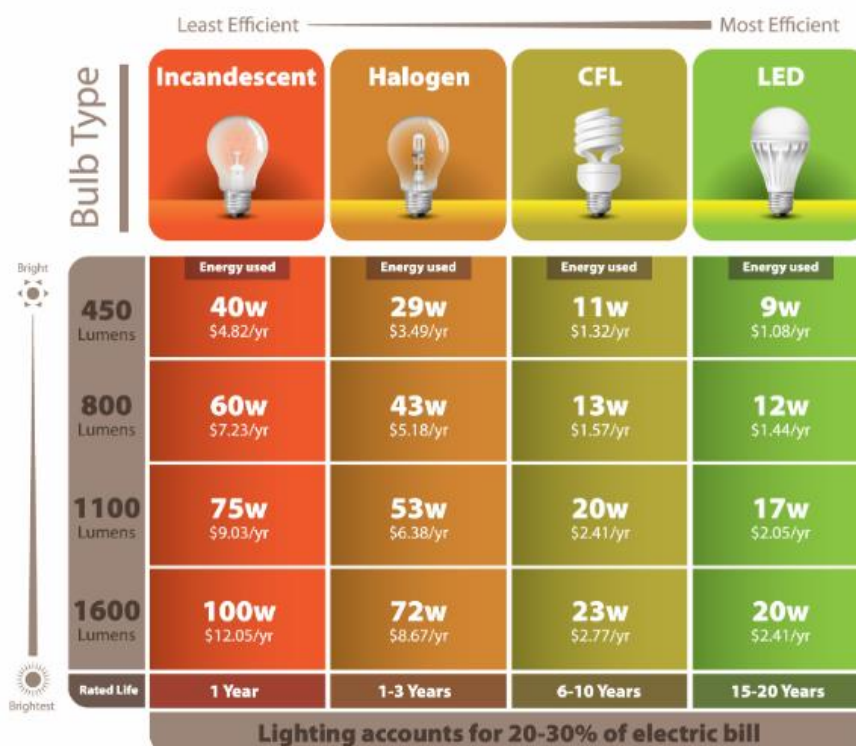


Od 2007., LED sijalice sve su prisutnije na tržištu za standardno prisutne baze za sijalice za žarnom niti E27 i E14. Međutim, zasad većina njih proizvodi svjetlost usporedivu tek s onom tradicionalne 20-vatne sijalice sa žarnom niti.

LED sijalice trenutačno su najekonomičnije rješenje na tržištu. Imaju vrlo dugačak životni vijek od 20000 do 50000 sati rada. Na LED sijalice ne utječe njihovo često paljenje i gašenje. Prosječni povrat na uloženo kod LED sijalice iznosi manje od 1 godine uz upotrebu svakog dana po 5 sati.



Slika 6. LED reflektor od 2,5 vata s postoljem za sijalicu GU10 i E27, otprilike odgovara 20-vatnoj sijalici od 20 vata, po cijeni od 19 eura. Izvor: ELV elektronika



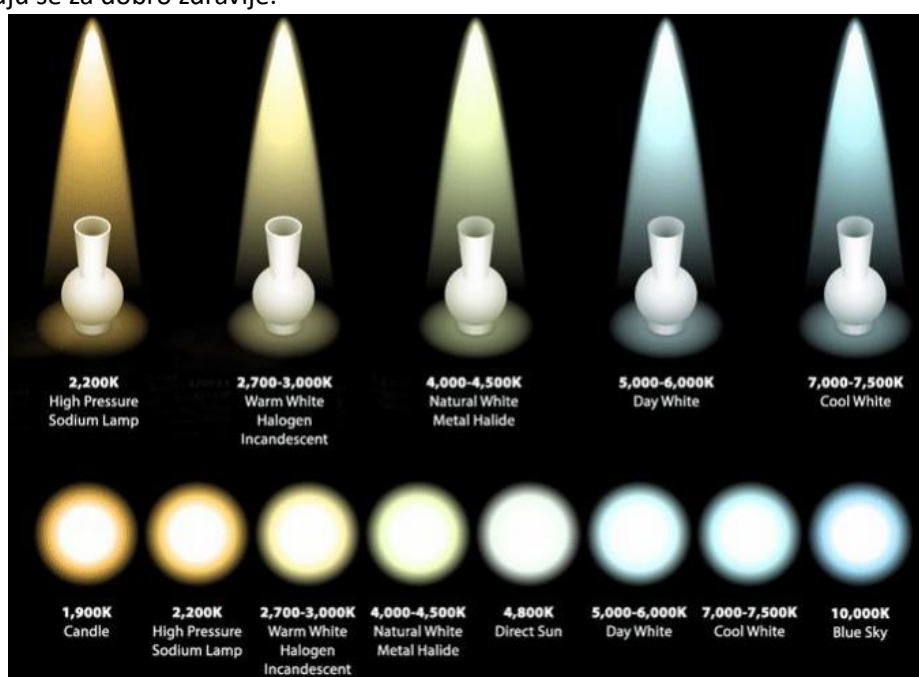
Slika 7. Učinkovitost različitih vrsta sijalica

### 8.3. Zdravstvene implikacije rasvjete i odlaganja sijalica

Različite temperature boja utječu na naš osjet ugone i našu sposobnost djelovanja. Stoga ima smisla imati različite temperature boja u dnevnoj sobi, prema potrebi: „hladno“ ili „plavo“ svjetlo doživljava se kao poticajno i osnažujuće. S druge strane, „toplo svjetlo“ (crvenkasto) doživljava se kao opuštajuće i uspavljujuće.

U terapiji svjetlom, hladno svjetlo uvodi se za liječenje zimske depresije. Osim toga, poboljšava 3D vidljivost i usklađenost očiju i ruku, te pojačava kontraste. Hladnija svjetlost (4000 do 8000 K) stoga je primjerena za radno mjesto, dok je topla svjetlost ( $\approx 2700$  K) prikladnija za dnevne sobe i naročito spavaće sobe.

Dnevne sijalice pune duljine proizvode svjetlost sličnu onoj koja dolazi od Sunca tijekom dana (6500 K) i preporučuju se za dobro zdravlje.

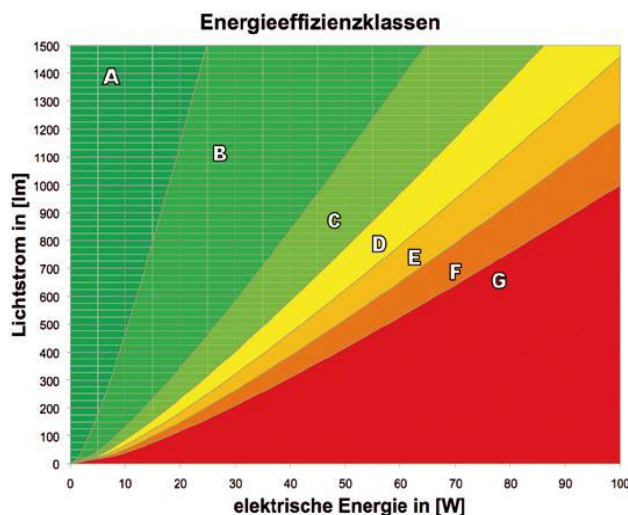


Slika 8. Usporedba štednih sijalica različitih temperatura boje

### 8.4. Kriteriji kod kupnje sijalica

Rasvjeta se prema učinkovitosti razvrstava prema snazi i svjetlosnom toku. Obične sijalice sa žarnom niti spadaju u energetske razrede D, E, F i G. Niskonaponske halogene sijalice koje se obično napajaju 12-voltnom strujom, često su u energetskim razredima B i C. Visokonaponske halogene sijalice koje se izravno napajaju 230-voltnom strujom, samo su kompaktnije, no često nisu svjetlije niti štedljivije od običnih sijalica sa žarnom niti. Zbog toga su razvrstane u energetske razrede između D i F. LED sijalice i štedne sijalice spadaju u energetski razred A.





Najvažniji kriteriji za kupnju novih sijalica su:

- radni vijek,
- učinak svjetlosti (veće, bolje),
- rezultat boje (indeks kvalitete boje svjetlosti),
- svjetlina nakon uključivanja,
- broj paljenja prije nego što sijalica prestane raditi,
- sadržaj žive.

### 8.5. Detektori kretanja i prigušivači

Detektori kretanja i prigušivači dio su sustava upravljanja rasvjetom. Sustavi za upravljanje rasvjetom važan su čimbenik koji utječe na smanjenje razine, energiju koju troši rasvjeta i istovremeno poboljšava ugodu i produktivnost stanara. Upravljanje rasvjetom osigurava fleksibilnu kontrolu nad rasvjetom u prostorijama i pomaže pri uštedi energije jer se smanjuje količina energije ili vrijeme tijekom kojeg je rasvjetni sustav u upotrebi.