



**Skupna metodologija za analizo  
stanja razsvetljave, v okviru projekta  
LIGHTINGSOLUTIONS**

Standardni projekt je sofinanciran v okviru Programa sodelovanja Interreg V-A Italia-Slovenija 2014-2020, iz Evropskega sklada za regionalni razvoj.

PROJEKTNI PARTNERJI:



## KAZALO

<b>1. Povzetek</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Uvod</b> .....	<b>2</b>
<b>3. Stadardi in zahteve za razsvetljavo</b> .....	<b>5</b>
3.1 Mednarodni standardi in predpisi .....	5
3.2 Pravilniki, predpisi v Republiki Sloveniji .....	7
<b>4. Svetlobnotehnične veličine in enote</b> .....	<b>9</b>
4.1 Svetlobni tok – $\Phi$ [lm] .....	9
4.2 Svetilnost – I [cd].....	10
4.3 Svetlost – L [cd/m <sup>2</sup> ] .....	11
4.4 Osvetljenost – E [lx = lm/m <sup>2</sup> ] .....	12
<b>5. Zahteve za kakovostno razsvetljavo</b> .....	<b>13</b>
5.1 Porazdelitev svetlosti .....	13
5.2 Osvetljenost .....	15
5.3 Enakomernost osvetljenosti .....	16
5.4 Omejitev bleščanja .....	16
5.5 Usmerjenost svetlobe.....	19
5.6 Barvna klima .....	21
5.7 Reprodukcijska barva .....	23
5.8 Omejitev stroboskopskega efekta in fliker .....	24
5.9 Faktor izrabe prostora in faktor vzdrževanja .....	25
5.10 Vpliv svetlobe na ljudi.....	25
<b>6. Razsvetljava</b> .....	<b>27</b>
6.1 Pregled vseh električnih virov svetlobe .....	27
6.2 Značilnosti različnih vrst žarnic, sijalk.....	35
6.3 Svetlobni izkoristek, izkoristek razsvetljave, izkoristek svetilke .....	39
6.4 Predstikalne naprave .....	41
6.5 Razsvetljava po področjih uporabe .....	48
<b>7. Vzdrževanje sistema razsvetljave</b> .....	<b>52</b>
<b>8. Izračun porabe energije in zahteve glede instalirane moči</b> .....	<b>54</b>
8.1 Izračun porabe energije - osnovno.....	54
8.2 LENI indeks .....	55
8.3 Izračun indeksa LENI – metoda 1 (razširjena metoda) .....	55
8.4 Izračun indeksa LENI – metoda 2 (hitra metoda).....	59
<b>9. Ukrepi za doseg energetsko učinkovite razsvetljave</b> .....	<b>60</b>
9.1 Energetsko učinkovita razsvetljava glede na strategijo krmiljenja .....	60
9.2 Zamenjava starih svetlobnih virov z učinkovitejšimi .....	61
9.3 Krmiljenje razsvetljave s stikalno uro ali senzorjem prisotnosti .....	62
9.4 Krmiljenje razsvetljave glede na prisotnost dnevne svetlobe .....	64
9.5 Integracija krmiljenja razsvetljave s krmiljenjem žaluzij ter povezava s CNS sistemom.....	66
9.6 Predelava prostora.....	68
9.7 Projektiranje .....	69

<b>10. Metode za zbiranje podatkov</b> .....	<b>71</b>
10.1 Meritve osvetljenosti, popis stanja prostora .....	72
10.2 Določitev indeksa bleščanja .....	76
10.3 Svetlobnotehnični izračuni .....	76
10.4 Popis obstoječega stanja zunanje javne razsvetljave .....	80
<b>11. Priloga 1: Obrazci za zbiranje podatkov notranje razsvetljave</b> .....	<b>82</b>
<b>12. Priloga 2: Obrazci za zbiranje podatkov zunanje javne razsvetljave</b> .....	<b>88</b>
<b>13. Priloga 3: Katalog svetilk notranje razsvetljave</b> .....	<b>89</b>
<b>14. Priloga 4: Katalog svetilk zunanje javne razsvetljave</b> .....	<b>91</b>
<b>15. Priloga 5: Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja</b> .....	<b>96</b>
<b>16. Viri in literatura</b> .....	<b>98</b>

## 1. Povzetek

Metodologija določa metode za zbiranje podatkov, izvedbo analize obstoječega stanja razsvetljave in za opredelitev varčevalnega potenciala ter določitev ukrepov na razsvetljavi. Podane so metode tako za izvedbo aktivnosti, popis stanja in priprava katastrov razsvetljave kot tudi za pripravo primerjalne študije stanja in varčevalnega potenciala razsvetljave na območju občin v okvir projekta LightingSolutions. Del metodologije so tudi obrazci za zbiranje podatkov.

Pripravljena so poenotena izhodišča za izvedbo zbiranja podatkov o razsvetljavi na čezmejnem območju. Aktivnost je ključnega pomena za nadaljnjo izmenjavo izkušenj in uspešno izvedbo ostalih aktivnosti v tem delovnem sklopu projekta LightingSolutions, saj bo podatke o obstoječem stanju svetil, rabi energije, stroških ipd. po občinah mogoče primerjati le, v kolikor se bodo zbirali v poenoteni obliki.

Podrobneje je obravnavana notranja razsvetljava. Četudi je osvetljenost na delovnem mestu ustrezna, še ne pomeni, da je ustrezno tudi delovno mesto, na katerem se delovna naloga izvaja. Zaradi tega razloga so v opisani metodi zajeti dejavniki, ki definirajo lastnosti dobre razsvetljave in so pogoj za ustrezno delovno mesto z vidika vidnega zaznavanja. Metoda poleg osvetljenosti obravnava in vrednoti še dejavnike, kot so enakomernost osvetljenosti, bleščanje, kontrast in indeks barvnega videza.

## 2. Uvod

V današnjem času napredku tehnologije zelo težko sledimo, saj se tehnološke novosti pojavljajo praktično vsakodnevno. Z razvojem tehnologije so se z leti spreminjale tudi komponente razsvetljave (žarnice, sijalke, stikala, senzorji...). Največji povod za razvoj različnih področij razsvetljave je bila predvsem težnja po učinkoviti in bolj varčni rabi električne energije, saj na celotnem planetu za razsvetlavo porabimo približno 19% vse proizvedene električne energije, kar je približno enako vsej proizvedeni električni energiji iz vseh svetovnih nuklearnih elektrarn. Delež porabe el. energije za razsvetlavo se seveda razlikuje glede na različne države oz. regije ter glede na različne tipe objektov (industrijski, izobraževalni, stanovanjski, javni...). Splošno gledano, s povečevanjem števila objektov ter modernizacijo infrastrukture trend porabe energije za razsvetlavo narašča, zato je težnja po energetski učinkoviti razsvetljavi še toliko večja.

Že samo s prehodom na sodobnejše svetlobne vire dosegamo veliko razliko v porabi električne energije za razsvetlavo, kar je v zadnjem času tudi stalna praksa (starejši svetlobni viri se popolnoma umikajo s trga). Potencial prihrankov električne energije pa seveda ni samo v uporabi učinkovitih svetlobnih virov. K energetski učinkovitosti razsvetljave bistveno pripomore tudi učinkovito vodenje in upravljanje z razsvetljavo. Kljub napredku tehnologije na področju krmiljenja razsvetljave pa danes vseeno v večini primerov uporabljamo klasične metode, kot so navadna stikala, senzorji gibanja, kontaktorji, itd. Novejše tehnologije krmiljenja razsvetljave (DALI, DSI, DMX, 1-10V) so še vedno precej nepopularne, kljub prednostim, ki jih prinašajo. Vzroki za to so v večjem začetnem strošku investicije v primeru vgradnje novejšega krmiljenja, splošnem strahu investitorjev pred napredno tehnologijo oziroma pripadnost starim, preverjenim metodam. Kljub večji začetni investiciji se naložba v napreden sistem krmiljenja zanesljivo povrne, predvsem na daljši rok.

Pri sodobnem načrtovanju je potrebno poleg standardnih zahtev upoštevati vse več različnih kriterijev. Poleg energijskih omejitev je potrebno upoštevati tudi obsežne ergonomske vrednosti, ki zagotavljajo potrebno kakovost razsvetljave za ljudi. Zato sta uvedena nova indeksa LENI (energijska poraba za razsvetlavo) in ELI (celostna ocena kakovosti razsvetljave).

V gradivu so opisane osnovne svetlobno tehnične veličine, svetlobni viri, opisani so različni tipi sistemov za krmiljenje razsvetljave, predstavljena sta indeksa LENI in ELI. Prikazane so tudi metode za zbiranje in obdelavo podatkov notranje in zunanje razsvetljave.

$\Phi$	-	Svetlobni tok
$\Omega$	-	Prostorski kot
$I$	-	Svetilnost
$L$	-	Svetlost
$E$	-	Osvetljenost
$U_0$	-	Enakomerna osvetljenost
$UGR$	-	Poenoteni indeks bleščanja
$Ra$	-	Indeks barvnega videza (angleška oznaka CRI)

RS	-	Republika Slovenija
UL	-	Uradni list
LED	-	Svetleča dioda (Light Emitting Diode)
ECG	-	Elektronska predstikalna naprava
CIE	-	Mednarodna komisija za razsvetljavo (Commission Internationale de l'Eclairage)
CEN	-	Evropski komite za standardizacijo (Comité Européen de Normalisation)
IP	-	Mednarodna oznaka za zaščito pred vdorom delcev
IK	-	Mednarodna oznaka za zaščito pred udarci
EU	-	Evropska unija (European Union)
LER	-	izračunano razmerje učinkovitost sevanja (luminous efficacy of radiation)
LES	-	učinkovitost izvora (luminous efficacy of a source)
LENI	-	Indeks za energetske ovrednotenje razsvetljave (Lighting Energy Numeric Indicator)
ELI	-	Ergonomska ocena kakovosti razsvetljave (Ergonomic Lighting Indicator)
DSI	-	Protokol za krmiljenje (Digital Serial interface), predhodnik DALI protokola
DALI	-	Digitalni adresabilni protokol (Digital Addressable Lighting Interface)
DMX	-	Metoda in tehnologija za nadzor razsvetljave, krmilnih naprav (Digital Multiplex)
CNS	-	Centralno nadzorni sistem

### 3. Standardi in zahteve za razsvetljavo

#### 3.1 Mednarodni standardi in predpisi

Slovenija se je s sprejetjem Kjotskega protokola zavezala k močnemu zmanjšanju emisij CO<sub>2</sub>. Eden od ukrepov za doseg te ciljev v državah članicah EU je tudi direktiva Evropskega parlamenta o energetske učinkovitosti stavb EPBD 2002/91/EC (angl. EPBD- Energy performance of Building Directive), sprejeta leta 2002, ter prenovljena direktiva EPBD 2010/31/EU, ki je še bistveno zaostila in omejila porabe energije v stavbah. Obe direktivi predvidevata omejevanje porabe v celotni stavbi. Ta poleg samega ovoja stavbe (izolacije, fasade, okna) vključuje in povezuje tudi posamezne sisteme v stavbah kot so ogrevanje in klimatizacija, prezračevanje, priprava tople vode ter razsvetljava. Za podporo in omogočanje izvajanja te direktive je Evropski odbor za standardizacijo CEN (European Committee for Standardization) ter njegova podružnica CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) izdal sklop »CEN standardov«, ki vsebuje več kot 30 delov in vključuje več kot 40 osnutkov in standardov.

Področje razsvetljave pokriva evropski standard EN 15193 – »Energijske lastnosti stavb – Energijske zahteve za osvetlitev« (angl. »Energy performance of buildings – Energy requirement for lighting«). V standardu je predstavljen splošen pristop, ki ga moramo uporabiti za določanje porabe el. energije za razsvetljavo. Ena ključnih lastnosti standarda je, da se pri metodologiji izračuna porabe el. energije za razsvetljavo ne omejuje le na umetno svetlobo oz. svetilke, ampak vključuje tudi ostale dejavnike kot so vpliv dnevne svetlobe, krmiljenje razsvetljave in zasilno razsvetljavo. Cilj direktive EPBD je ne le zagotavljati primerno raven razsvetljave, kot je opisano na primer v standardu »EN- 12464-1 Svetilke in razsvetljava – Razsvetljava delovnih mest, 1. del: Notranji delovni prostori«, ampak v povezavi s tehničnimi metodami in standardi kot je EN 15193 tudi spodbujati uporabo energetske učinkovitih sistemov za umetno razsvetljavo in učinkovito uporabo dnevne svetlobe.

#### **Indeks za energetske ovrednotenje razsvetljave – LENI po standardu EN 15193**

Ocenjevanje energijskih zahtev razsvetljave v stavbah je postalo zelo pomembno, tako lahko dobljene ocene uporabimo v pomoč pri analizi obstoječe razsvetljave in prav tako za primerjavo pri izbiri nove razsvetljave.

V ta namen je evropski odbor za standardizacijo (CEN) v standardu EN 15193 predstavil koncept za določanje indeksa energetskega vrednotenja razsvetljave (ang. Lighting energy numeric indicator - LENI), kateri je izražen v kWh/m<sup>2</sup> na leto in se uporablja:

- kot ocena koliko energije letno porabi razsvetljava za osvetlitev enega kvadratnega metra,
- za primerjanje energetske učinkovitosti alternativnih načinov razsvetljave,
- za preverjanje prihrankov energije, ki jih lahko pridobimo z različnimi načini krmiljenja razsvetljave,
- za preverjanje skladnosti z energetskimi merili pri izbrani razsvetljavi,
- za analiziranje obstoječe razsvetljave.

V standardu je opisano kako izračunamo ali izmerimo vrednost LENI. Za izračun sta predstavljeni dve metodi, to sta hitra in popolna metoda. Metoda za hitri izračun vključuje veliko poenostavitev in predpostavk. V standardu je definirana preglednica, ki vključuje tipične podatke na letni ravni za specifične tipe stavb, zaradi tega pri tej metodi skoraj vedno



dobimo višje vrednosti porabe energije kot pri popolni metodi. Posledično nam ta metoda omogoča izračun samo za letno raven. Metoda za popolni izračun je bolj natančna saj temelji na dejanskih vrednostih vsakega prostora ali območja, posledica tega je nižja in bolj natančna vrednost porabe energije kot pri hitri metodi. Popolna metoda nam omogoča izračune tudi za različna časovna obdobja.

### **Osvetljenost delovnih mest v notranjih prostorih po standardu EN 12464-1**

Mednarodna komisija za razsvetljavo CIE, je dala v veljavo prenovljeni evropski standard za razsvetljavo EN 12464-1: 2012, kateri ureja zahteve za kakovostno razsvetljavo na delovnih mestih in v neposredni okolici. Kot pri večini standardov so tudi tukaj določene minimalne zahteve. Standard vsebuje tabele z zahtevami za razsvetljavo, ki so podane v skladu z vrsto dela in z vizualnimi nalogami. Predpisani so minimalni kriteriji kateri morajo biti upoštevani pri razsvetljavi notranjih delovnih mest. Skladanje z standardom pa vedno samo po sebi ne zagotovi dobre osvetljenosti. Da lahko razsvetljavo prilagodimo glede na namen in zahtevnost vizualnih nalog, moramo vedeti oziroma razumeti situacijo, ter potrebe uporabnika. Opredelitev namena uporabe razsvetljave, je potrebno določiti že na začetku projekta, saj na primer potrebe v šolah niso enake kot potrebe v pisarnah ali proizvodnih halah. Dodatek standarda vključuje obširni seznam z podanimi zahtevami za različne vrste vidnih nalog, prostorov ali dejavnosti, za katere so podani štirje kriteriji:

- minimalna vzdrževana osvetljenost referenčnih površin,
- mejna vrednost ki odraža možnost direktnega bleščanja svetilk (UGR),
- minimalne zahteve za enakomernost osvetljenosti na delovnih površinah ( $U_0$ ),
- minimalni zahtevani indeks barvnega videza (CRI).

Glavni vidik standarda se tako osredotoča na vizualno udobje, ki ga je potrebno zagotoviti, saj to lahko vpliva pozitivno na občutek dobrega počutja in večjo produktivnost. Pozornost moramo posvetiti vsem površinam v prostoru, saj svetlost sten in stropa vplivajo na refleksijo svetlobe v prostoru. Potrebna je ustrezna razporeditev svetlosti, saj prevelike ali premajhne razlike v svetlosti niso prijetne za naše počutje. Standard ne predpisuje kako dosežemo primerno vizualno udobje. Za vizualno udobje je odgovoren oblikovalec oziroma projektant, pomembno je tudi upoštevanje zahtev uporabnikov. Za zagotovitev ugodnega vizualnega ugodja lahko uporabimo posredno ali neposredno razsvetljavo, svetilke z reflektorji, luči za mehke prehode in razsvetljavo za posebne zahteve.

Obstajajo še drugi predpisi in zakoni kot so npr.:

- Regolamento per illuminazione pubblica e privata, N. 39, 9.6.2003

### **3.2 Pravilniki, predpisi v Republiki Sloveniji**

#### **Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, Tehnična smernica-učinkovita raba energije TSG-1-004:2010**

Za potrebe ustrezne in energetske učinkovite gradnje je Državni zbor RS leta 2002 izdal »Zakon o graditvi objektov« (ZGO), ki se je z leti, glede na aktualne novosti ter predpise na podlagi sprejetih zakonov tudi spreminjal. Zadnji potrjen zakon o spremembi ZGO je ZGO-1C, ki je bil sprejet leta 2009. Gradbeni predpis, ki za stavbe podrobneje opredeljuje zahteve o učinkoviti rabi energije in ohranjanju toplote se imenuje »Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah« (PURES).

Pravilnik prav tako določa tudi zahteve po zagotavljanju lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov v stavbi ter metodologijo za izračun energijskih lastnosti stavbe v skladu z Direktivo 31/2010/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb.

Na podlagi teh zahtev je Ministrstvo za okolje in prostor leta 2010 izdalo Tehnično smernico »TSG-1-004 – Učinkovita raba energije«, ki določa gradbene ukrepe oziroma rešitve za doseganje zahtev iz pravilnika PURES.

#### **Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih (Ur.list RS, št. 89/99 in 39/05)**

Pravilnik določa, da morajo biti delovni prostori praviloma (razen v primeru izjem navedenih v 30. členu) osvetljeni z:

- naravno svetlobo, kar dosežemo z ustrezno površino in velikostjo oken (velikost površin za osvetljevanje vsaj 1/8 površine tal, površina posameznega prozornega okna najmanj 1 m<sup>2</sup> pri globini prostora do 4 m, oziroma 1,5 m<sup>2</sup> pri globini nad 4 m, višina in širina okna vsaj 1 m, višina spodnjega roba okna manj kot 1,5 m),
- opremljeni z umetno razsvetljavo, ki zagotavlja osvetljenost delovnih mest v skladu z veljavnimi slovenskimi standardi oziroma vsaj 200 lx; v primeru večjih zahtev mora biti delovno mesto opremljeno tudi z dodatno lokalno razsvetljavo,
- opremljeni z zasilno razsvetljavo, če bi bila zaradi izpada ogrožena varnost in zdravje delavcev v takšnih prostorih, ki zagotavlja osvetljenost vsaj 1 % predpisane vrednosti oziroma vsaj 1 lx,
- opremljeni z nadomestna razsvetljavo, nadaljuje se normalna dejavnost. Osvetljenost vsaj 5 lx na tleh,
- v primeru mešane razsvetljave mora biti usklajena z naravno svetlobo (smer vpada, barva svetlobe).

#### **Pravilnik o varnosti in zdravju pri delu s slikovnim zaslonom (Ur. List RS, št. 30/00 in 73/05)**

Določa, da:

- mora biti naravna in/ali umetna osvetljenost prostora 400 ±100 lx,
- če je le mogoče, razmerje svetlosti med zaslonom in okoljem v neposrednem vidnem polju ne sme presežati vrednosti 1:3, v ožjem vidnem polju 1:10 in v širšem vidnem polju 1:20,
- mora biti delovno okolje oblikovano tako, da viri svetlobe ne povzročajo motečega bleščanja oziroma zrcaljenja na zaslonu. Navodila za graditev osnovnih šol v republiki Sloveniji (2007),
- za vse druge prostore v šoli je važna predvsem celodnevna pravilna osvetljenost,
- vse prostore je potrebno locirati, dimenzionirati, urediti in opremiti skladno z veljavnimi ustreznimi predpisi.

- Komunikacije morajo biti dobro osvetljene in prezračevane.

**Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Ur. List RS, št. 73/00, 33/08, 126/08, 47/10, 47/13, 74/16 in 20/17)**

Določa glede osvetljenosti:

- vrtec mora biti načrtovan in zgrajen tako, da je zagotovljena čim boljša osvetlitev z upoštevanjem mikroklimatskih pogojev lokacije (13. člen),
- omogočati mora senčenje terase, tako da minimalno zmanjšuje naravno osvetljenost igralnice (23. člen),
- prostor za individualno delo z otroki, ki potrebujejo svetovanje ali pomoč, mora biti v bližini igralnic in imeti najmanj 8 m<sup>2</sup> neto površine. Imeti mora direktno, zadostno in naravno osvetlitev ter zračenje (26. člen),
- vse odprtine za naravno osvetlitev morajo imeti vgrajene elemente za preprečitev prekomernega vpliva sončnih žarkov in za zatemnitev (47. člen),
- v sanitarijah in hodnikih je priporočljivo namestiti senzorje za prižiganje in ugašanje svetilk (54. člen).

**49. člen (osvetlitev)**

- vsi prostori, namenjeni vzgojni dejavnosti otrok, ter prostori, v katerih opravljajo svoje delo zaposleni vrtca, morajo biti osvetljeni z neposredno naravno osvetlitvijo,
- neposredna naravna osvetlitev je dosežena, če skupna površina obdelanih zidarskih odprtin ....namenjenih osvetlitvi, dosega najmanj 20 odstotkov neto tlorisne površine prostora,
- umetna osvetlitev igralnic mora biti enakomerna in razpršena. V posameznih prostorih naj bo naslednja osvetljenost:
  - v igralnicah – 300 lx,
  - v prostoru za nego – 500 lx,
  - na delovnih površinah – 350 lx,
  - v drugih prostorih po veljavnem standardu (SIST EN 12464).

**Področje razsvetljave urejajo tudi drugi predpisi, standardi, priporočila in uredbe:**

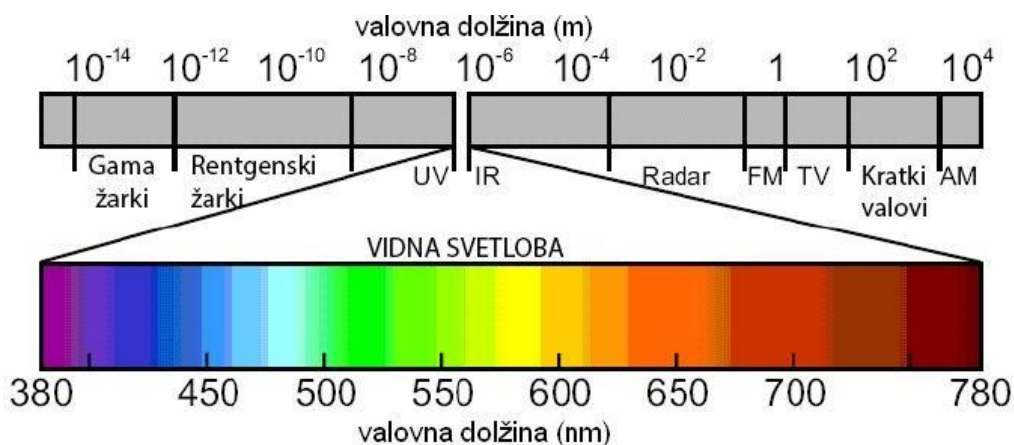
- Priporočila SDR "Cestna razsvetljava - Razsvetljava in signalizacija za promet" PR 5/2 2000 (Slovensko društvo za razsvetljavo),
- Zakona o cestah (ZCes - Uradni list RS: št. 109/2010) in Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o cestah (ZCes-1A - Uradni list RS: št. 48/2012),
- Zakon o varnosti cestnega prometa (uradno prečiščeno besedilo) (ZVCP-1-UPB5 - Uradni list RS: št. 56/2008),
- Pravilnik o projektiranju cest (Uradni list RS: št. 91/05) in Pravilnik o spremembi Pravilnika o projektiranju cest (Uradni list RS: št. 26/06),
- Uredbe o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja (Uradni list RS, št. 81/07, št. 109/07 – dopolnitev in št. 62/10 – dopolnitev),

- Tehnična smernica TSG-N-002:2013 (zasilna/nujnostna razsvetljava),
- Standardi SIST EN 1838, EN 50172, HD 60364-5-559, HD 60364-7-715, IEC 60050-845.

#### 4. Svetlobnotehnične veličine in enote

Zaradi svetlobe vidimo svet okoli sebe. Svetloba, ki se odbije od predmetov v naši okolici in konča na mrežnici našega očesa, nam omogoča zaznavo okolice. Vid je čut za zaznavanje svetlobe in njeno interpretacijo (gledanje). Čutilo za vid je oko, ki skupaj s čutnimi celicami – fotosenzorji opravlja t. i. fizično zaznavanje svetlobe. Fotosenzorji vpadlo svetlobo spremenijo v živčne impulze, ki se preko vidnih živcev prenesejo v možgane. Možgani interpretirajo zaznano svetlobo v sliko naše okolice.

Svetloba je elektromagnetno valovanje oziroma sevanje, z valovnimi dolžinami katere so v vidnem območju spektra elektromagnetnega valovanja in segajo približno od 380 nm do 780 nm. Ta del spektra se imenuje vidni spekter, saj je človeško oko sposobno zaznavanja svetlobe le v tem območju (*glej sliko 1*).



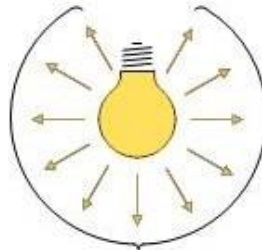
Slika 1: Vidni spekter svetlobe elektromagnetnega valovanja

V svetlobni tehniki se za merjenje svetlobe in primerjanje učinkov posameznih svetil uporabljajo svetlobnotehnične in fizikalne veličine. Fotometrija je veda, ki se ukvarja z merjenjem svetlobe v smislu svetlobe ki jo zaznava človeško oko. Fotometrija se tako osredotoča samo na vidni spekter svetlobe. Veličine, ki jih obravnava so definirane s pomočjo relativne spektralne učinkovitosti človeškega očesa.

Z svetlobnotehničnimi veličinami vrednotimo svetlobo na podlagi človeškega vidnega zaznavanja. V fizikalne veličine pa spadajo vse tiste veličine, s katerimi lahko svetlobo ovrednotimo z energijskimi enotami.

##### 4.1 Svetlobni tok – $\Phi$ [lm]

Svetlobni tok izraža količino izsevane svetlobne energije v enoti časa, katero človeško oko zazna kot svetlobo. Zaradi različnih spektralnih občutljivosti očesa na svetlobo različnih valovnih dolžin, se svetlobni tok ki ga zaznajo naše oči razlikuje od energijskega toka svetlobe, ki ga seva svetlobni vir. Svetlobni tok merimo z lumini (lm). Svetlobni tok je merilo za količino energije, v tem primeru svetlobe, ki jo nek svetlobni vir seva v prostor (*glej sliko 2*).

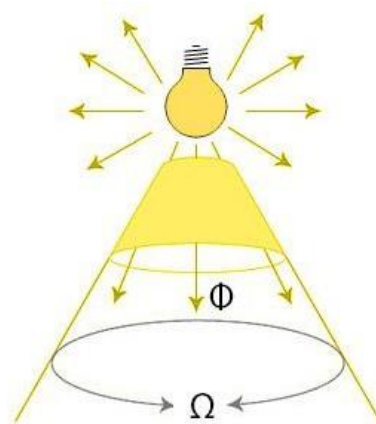


Svetlobni tok

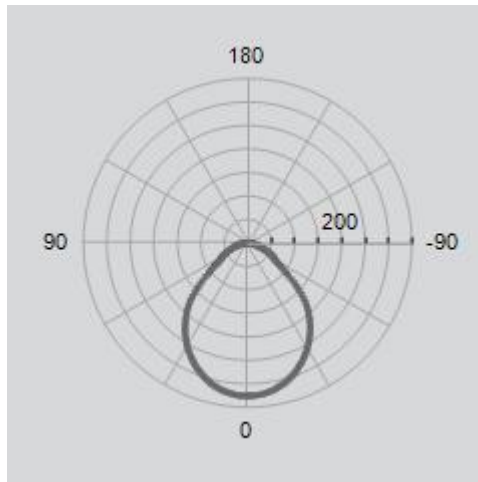
Slika 2: Svetlobni tok

#### 4.2 Svetilnost – $I$ [cd]

Svetilnost je odvisna od smeri sevanja svetlobnega toka. Če pa svetilo seva enakomerno v vse smeri, potem je svetilnost konstantna in neodvisna glede na smer. Svetilnost je izražena kot razmerje med svetlobnim tokom ( $\Phi$ ), ki ga svetlobni vir v določeni smeri seva v enoto prostorskega kota ( $\Omega$ ) (*glej sliko 3*). Enota za svetilnost je kandela (cd) in definira jakost svetilnosti, ki jo v dani smeri izseva izvor enobarvnega valovanja frekvence  $540 \times 10^{12}$  Hz z močjo 1/683 W na steradian. Karakteristika prostorske porazdelitve svetilnosti za svetilko ali reflektor je običajno podana s polarnim diagramom, ponavadi ga poda že sam proizvajalec (*glej sliko 4*).



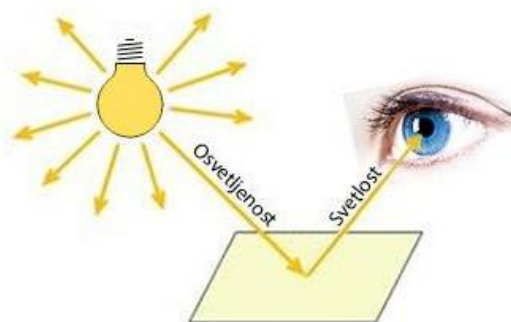
Slika 3: Svetilnost



Slika 4: Polarni diagram

### 4.3 Svetlost – $L$ [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]

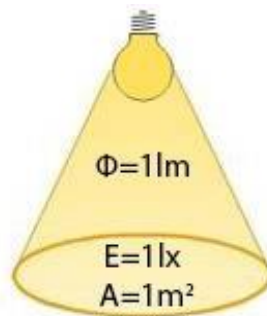
Svetlost je definirana kot razmerje svetilnosti ( $I$ ) svetlobnega vira ki seva v določeni smeri in enoto osvetljene površine ( $A$ ). Enota za merjenje je kandela na enoto površine ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ). Svetlost je edina fotometrična veličina, ki jo človeško oko zaznava direktno in odraža koliko svetlobnega toka bodo naše oči zaznale na površini iz določenega zornega kota (glej sliko 5). Svetlost je indikator kako svetla ali temna bo za naše oči opazovana površina.



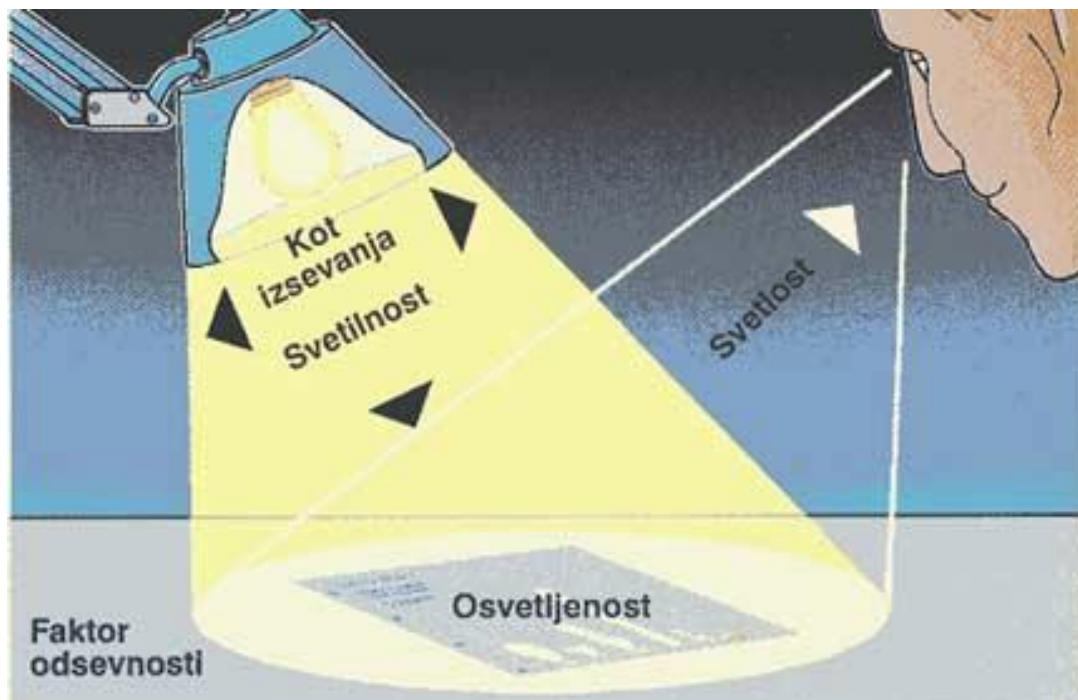
Slika 5: Svetlost

#### 4.4 Osvetljenost – $E$ [ $lx = lm/m^2$ ]

Osvetljenost je merilo za jakost vpada svetlobnega toka na enoto površine in je definirana kot razmerje celotnega svetlobnega toka ( $\Phi$ ), ki pada pravokotno na določeno površino in velikostjo te površine ( $A$ ) (glej sliko 6). Za male vire svetlobe osvetljenost upada obratno sorazmerno s kvadratom oddaljenosti. Enota za osvetljenost je luks ( $lx$ ), naprava za merjene pa se imenuje luks meter. Primernost razsvetljave prostora je določena z osvetljenostjo ( $lux$ ) (glej sliko 7). Standardi za posamezne prostore (delovna mesta) določajo različne potrebe osvetljenosti.



Slika 6: Osvetljenost



Slika 7: Osnovne fotometrične veličine v medsebojni odvisnosti

## 5. Zahteve za kakovostno razsvetljavo

Vsi notranji prostori, katere osvetljujemo z umetnimi viri svetlobe, naj bodo osvetljeni tako, da svetloba omogoča karseda uspešno opravljanje vseh vidnih nalog in pri tem ne utruja oči, hkrati pa mora biti prijetna za oko (*glej skico 8*). Potrebno je, da razsvetljavo prilagodimo namenu in zahtevam dela, s tem pa v prostoru zagotovimo tudi ustrezno stopnjo varnosti. Pri načrtovanju umetne razsvetljave za notranje prostore, moramo upoštevati, da bo na eni strani zadovoljila ergonomskim in energijskim zahtevam in da se bo po drugi strani z vidika kompleksnega arhitekturnega oblikovanja harmonično vklopila v celotni prostor. Zahteve za kakovostno razsvetljavo:

- porazdelitev svetlosti,
- osvetljenost,
- enakomernost osvetljenosti,
- omejitev bleščanja,
- usmerjenost svetlobe,
- barvna klima,
- omejitev stroboskopskega efekta.

### 5.1 Porazdelitev svetlosti

Porazdelitev svetlosti v gledanem polju uravnava stopnjo adaptacije človeškega očesa in tako vpliva na prepoznavnost opravil, območja (*glej sliko 9 in 10*). Uravnotežena porazdelitev svetlosti je potrebna za izboljšanje:

- jasnega vida (ostrina vida),
- kontrastne občutljivosti (razločevanje majhnih relativnih razlik osvetljenosti),
- učinkovitosti očesnih funkcij kot so akomodacija, adaptacija, krčenje zenic, premikanje oči.

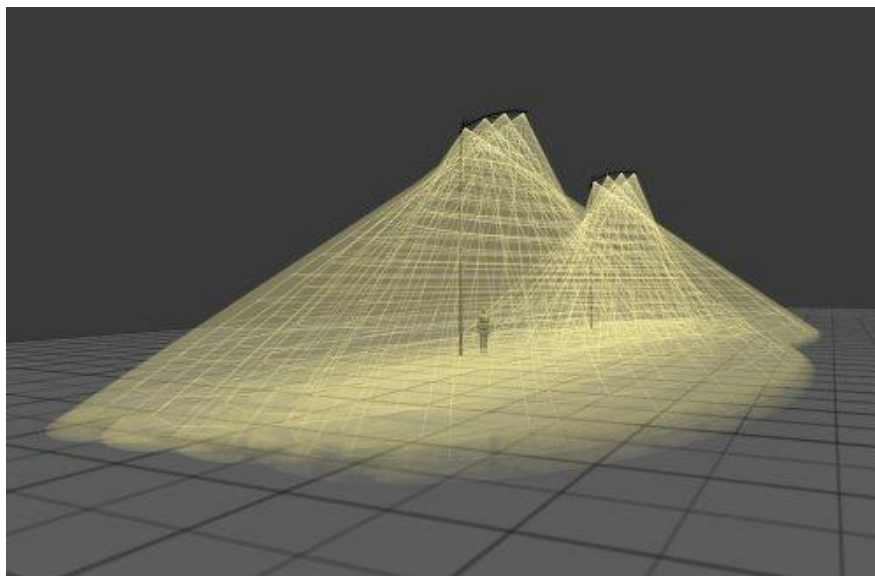
Porazdelitev svetlosti pa vpliva tudi na vizualno udobje. Zato moramo biti pozorni na sledeče:

- previsoka svetlost lahko povzroči bleščanje,
- preveliki kontrasti svetlosti lahko povzročijo utrujenost zaradi nenehnega adaptiranja oči,
- prenizka svetlost in premajhni kontrasti svetlosti lahko vodijo k občutku dolgčasa in nezainteresiranosti.

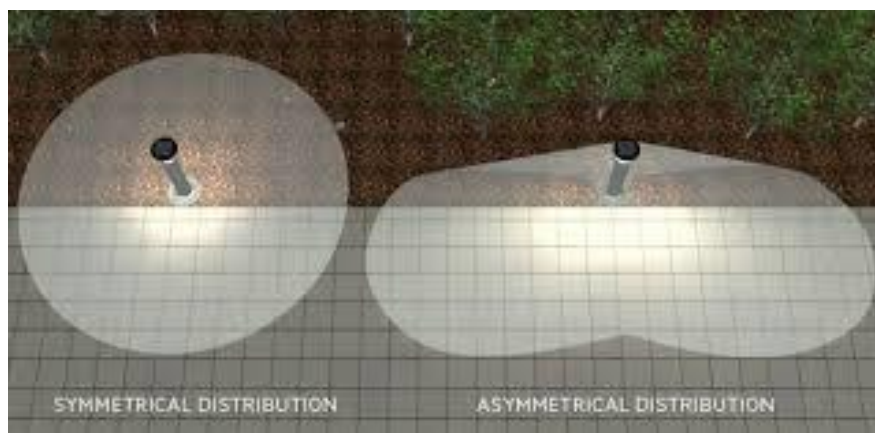




*Slika 8: Primer osvetlitve delovnega mesta*



*Slika 9: Prikaz distribucije svetlosti – javna razsvetljava*



*Slika 10: Prikaz različnih tipov distribucije svetlosti*

## 5.2 Osvetljenost

Osvetljenost in njena porazdelitev na delovni površini in okolici, ima velik vpliv na to kako hitro, varno ter udobno lahko oseba zaznava in izvaja vizualno nalogo (glej sliko 11). V evropskem standardu EN 12464, so določene minimalne vzdrževane vrednosti osvetljenosti, za različne objekte in namene, katere zagotavljajo ustrezno zmogljivost in vizualno udobje.



*Slika 11: Prikaz ustrezne osvetlitve delovnega mesta – delovnega procesa*

### 5.3 Enakomernost osvetljenosti

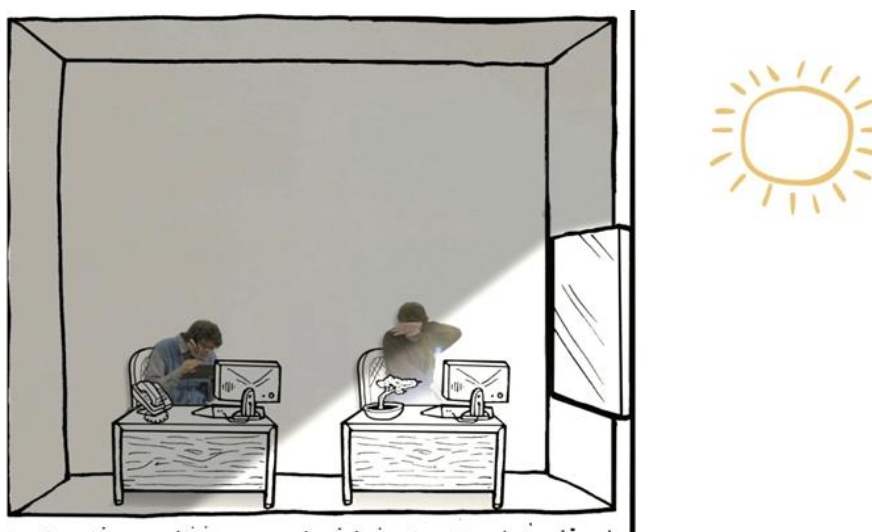
Razlikujemo med časovno in krajevno enakomernostjo razsvetljave. Na časovno enakomernost ponavadi nimamo vpliva, razen če se ta pojavlja kot posledica stroboskopskega efekta. S ustreznim dimenzioniranjem tokokrogov lahko le delno vplivamo na nihanje omrežne napetosti. Krajevna enakomernost pa je odvisna od razmerja med najslabše osvetljenim mesto v prostoru in srednjo osvetljenostjo prostora (glej sliko 12).



Slika 12: Primer enakomerne osvetljenosti

### 5.4 Omejitev bleščanja

Bleščanje je prisotno tako pri naravnih virih svetlobe kot je dnevna svetloba, kot pri notranji razsvetljavi kot umetnem viru svetlobe. Kako moteče je bleščanje za uporabnika je odvisno od več faktorjev (glej sliko 13 in 14).

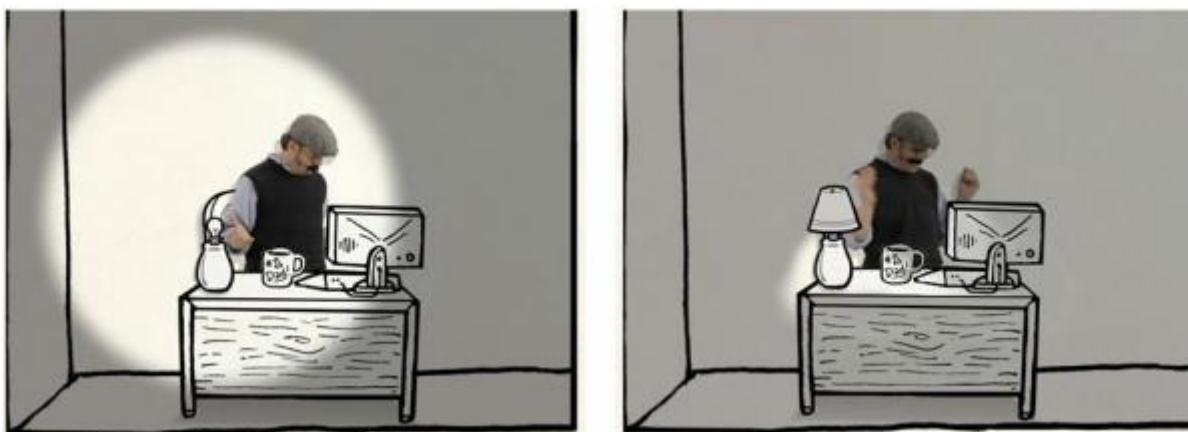


Slika 13: Primer bleščanja z dnevno svetlobo



*Slika 14: Primer bleščanja z dnevno svetlobo – odboj steklene fasade*

Bleščanje nastane na mejnem območju med področji, ki so močno osvetljena in območji, ki so slabo osvetljena (glej sliko 16). Bleščanje povzroča pri ljudeh občutek nelagodja. Poglejmo si primer uporabe navadne žarnice za osvetljevanje delovne površine mize. Sama žarnica v namizni svetilki zagotavlja več kot dovolj svetlobe za kvalitetno osvetlitev delovne površine. Problem je v bleščanju žarnice direktno v oči uporabnika kar je zelo moteče (glej sliko 15). Ob takšnem bleščanju je zelo težko pisati ali brati. Če žarnico pokrijemo s senčilom izničimo bleščanje svetila v prostor, kljub temu pa svetilo še vedno dobro osvetljuje delovno površino (glej sliko 15).



*Slika 15: Primer bleščanja z umetno svetlobo – svetilka brez senčila, svetilka z senčilom*



*Slika 16: Primer bleščanja z umetno svetlobo – nepravilna in pretirana osvetlitev*

Za meritve bleščanja se uporablja veličina imenovana konstanta nelagodja ob bleščanju (*glej tabelo 1*).

Indeks bleščanja	Reakcija
0-10	neopazno
10-16	opazno
16-22	sprejemljivo
22-28	neprijetno
>28	nevzdržno

*Tabela 1: Vrednosti indeksa bleščanja*

Bolj vizualne zahtevne naloge kjer je potrebno zagotoviti visoko stopnjo svetilnosti, potrebujejo zelo nizko raven bleščanja (*glej tabelo 2*). Med takšne naloge spadajo risanje in zelo natančni optični pregledi. Tudi pri delu z računalnikom je bleščanje zelo neprijetno. Do nelagodja prihaja, ker imajo računalniški zasloni svetleče površine na katerih je bleščanje zelo izrazito.

Mejne vrednosti	Vrsta delovnega mesta
16	risarske pisarne, zelo natančni optični pregledi
19	pisarne, knjižnice, delo z računalnikom (odsev od zaslona)
22	kuhinje, recepcije, fino montažna dela
25	skladišča, preprosta montažna dela
28	parkirne hiše, težka industrijska dela

*Tabela 2: Mejne vrednosti bleščanja glede na področja*

Bleščanje je možno znižati s preprostimi metodami. Višje kot namestimo svetila manjše je bleščanje. Pri nameščanju svetil moramo biti pozorni, da jih namestimo izven vidnega kota uporabnikov, ker tudi tako pomembno znižamo bleščanje (*glej*

slika 17). Bleščanje lahko zmanjšamo tudi tako, da zmanjšamo moč osvetlitve posameznih svetil. To ne pomeni, da more biti v prostoru bolj temno, ampak da namestimo več svetil, ki so zatemnjena ali po moči oddajajo manj svetlobe. Tako ohranimo želeno raven osvetljenosti in znižamo raven bleščanja. Za znižanje bleščanja je bolje imeti več zatemnjenih izvorov svetlobe, kot en zelo močan izvor svetlobe. Pomemben vpliv na bleščanje ima tudi osvetlitev ozadja. Bolje kot je ozadje v prostoru osvetljeno manj je bleščanja.

Enotna ocena bleščanja oz. metoda UGR (unified glare rating) je mednarodni indeks uveden s strani mednarodne komisije za razsvetljavo CIE (International Commission on Illumination) in se uporablja za vrednotenje in omejitve psihološkega neposrednega bleščanja svetilk. V nasprotju z indeksom bleščanja, kjer je bilo bleščanje ocenjeno za eno samo svetilko, metoda UGR izračuna bleščanje celotne razsvetljave z določenim položaj opazovalca in prostor. Natančen izračun vrednosti UGR z določenim položajem opazovalca v prostoru je mogoče simulirati s sodobnimi programi načrtovanja razsvetljave. Manjša kot je vrednost UGR manjše je bleščanje v prostoru.

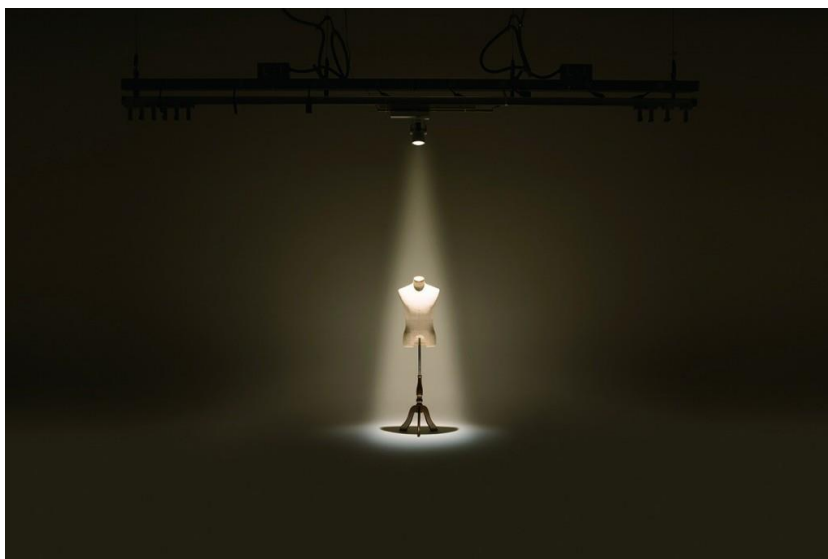
Če povzamemo lahko ugotovimo da je bleščanje neprijeten stranski efekt razsvetljave, ki ga je mogoče omejiti z zgoraj navedenimi metodami. Ko izbiramo svetila je pomembno, da vemo kam jih bomo namestili in koliko osvetlitve potrebujemo v prostoru in na delovnih površinah.



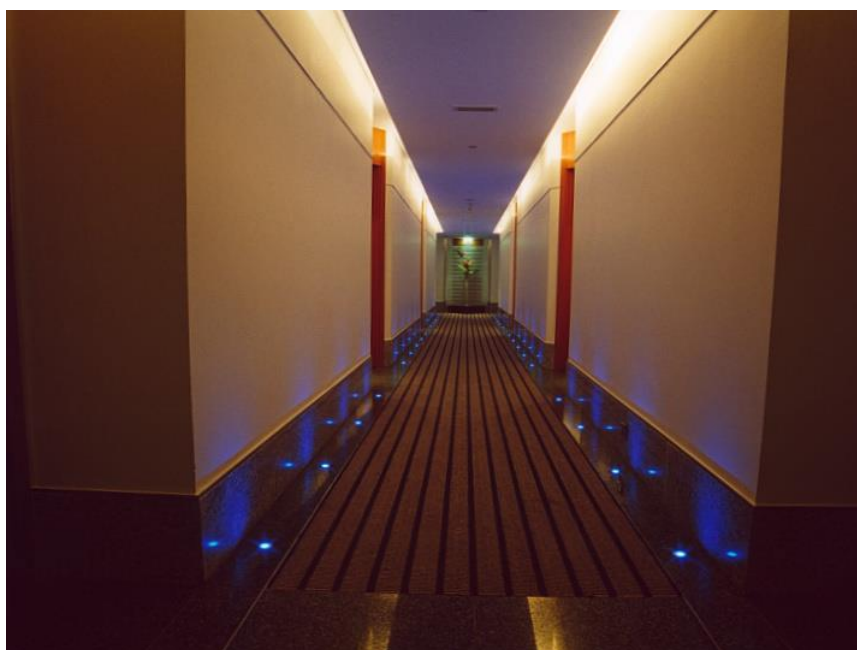
*Slika 17: Primer pravilne osvetlitve, postavitve delovnih mest*

## **5.5 Usmerjenost svetlobe**

Od smeri usmerjene svetlobe se posledično ustvarijo sence, katere pomembno vplivajo na prepoznavnost oblike in izgled površin predmetov v prostoru (glej sliko 18). V praksi se kaže, da je za dobro prepoznavanje predmetov potrebna vertikalna osvetljenost vsaj 50% horizontalne osvetljenosti. Usmerjeno razsvetljavo tako uporabljamo za osvetljevanje predmetov, razkrivanje tekstur in za boljšo prepoznavnost ljudi v prostoru ter ustvarjanje različnih svetlobnih efektov v samem prostoru, okolici (glej sliko 19).



*Slika 18: Točkovno usmerjena svetilka – osvetlitev eksponata*



*Slika 19: Indirektna osvetlitev hodnika, točkovne svetilke v tlaku*

## 5.6 Barvna klima

Zaradi vpliva svetlobe in barv pride do nastanka psihofizičnih učinkov, katere imenujemo barvna klima (*glej sliko 21*). Ugodna barvna klima pri ljudeh pozitivno vpliva na razpoloženje in razpoznavo predmetov, zagotavlja pa tudi občutek ugodja in harmoničnost prostora. Najpomembnejša faktorja za doseganje ugodne barvne klime sta:

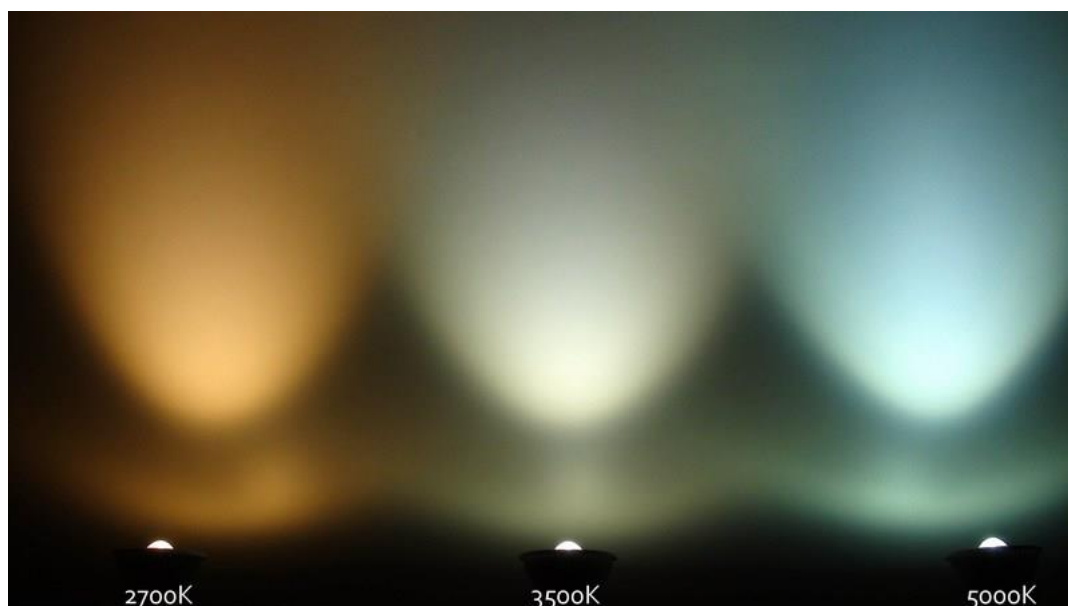
- barva svetlobe,
- barvna reprodukcija.

Barva svetlobe je značilnost vidne svetlobe (*glej sliko 20*), ki jo seva svetlobni vir in ima pomembno vlogo pri razpoloženju, zato je potrebno da glede na namen prostora izberemo pravilno barvno svetlobe. Tople barve svetlobe uporabljamo v prostorih, kateri so namenjeni sprostitvi in hladne barve svetlobe v prostorih kot so učilnice, pisarne, itd., kjer sta zahtevana večja zbranost in koncentracija. Temperatura barve dnevne svetlobe se čez dan spreminja. Ob sončnem vzhodu in sončnem zahodu je temperatura svetlobe 3000 K, medtem ko je temperatura svetlobe najvišja okoli poldneva in dosega nad 5500 K (*glej sliko 22*).

Barvo svetlobe najpogosteje določamo z barvno temperaturo v kelvinih (K) kot je prikazano v tabeli 3.

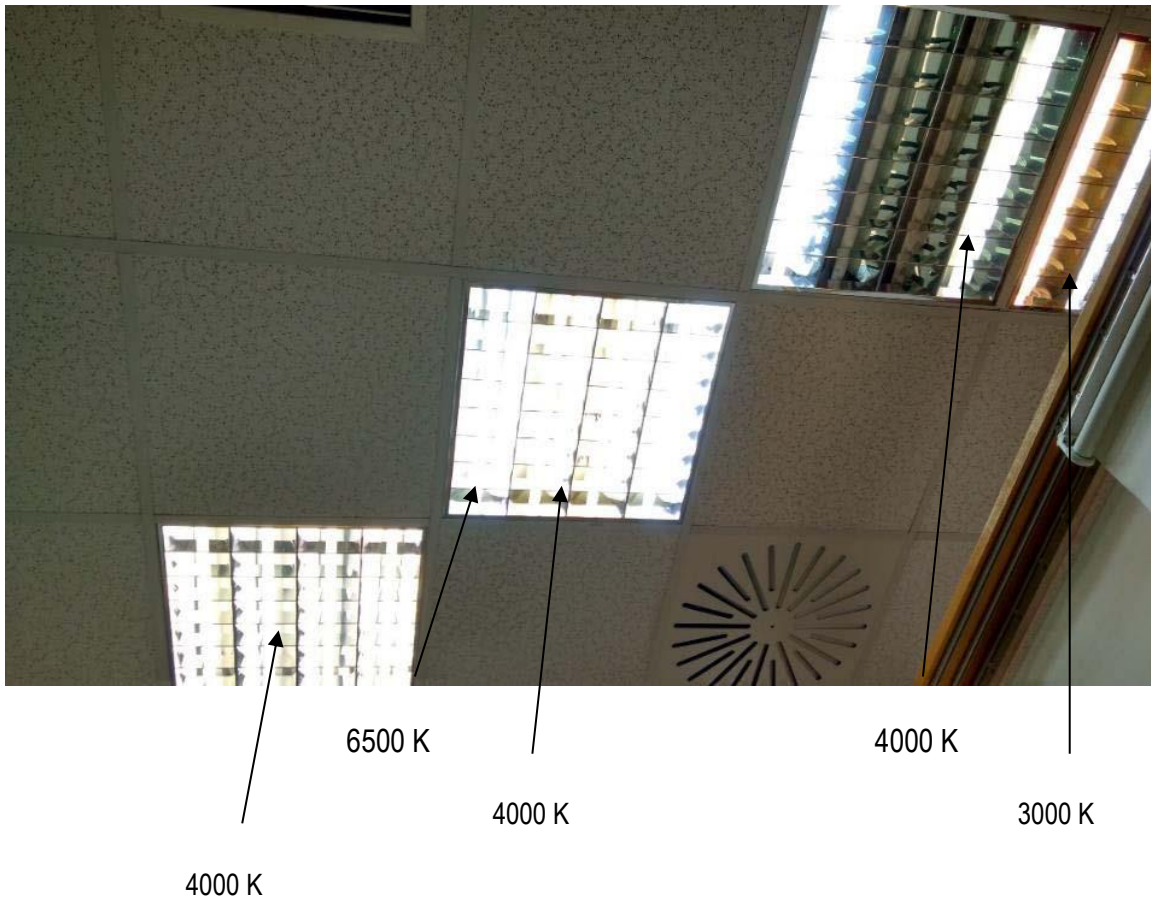
Barva svetlobe	Podobna barvna temperatura
topla barva	do 3300 K
nevtralna oziroma bela barva	3300 K do 5300 K
hladna barva oziroma barva dnevne svetlobe	nad 5300 K

Tabela 3: Vrednosti barvnih temperatur

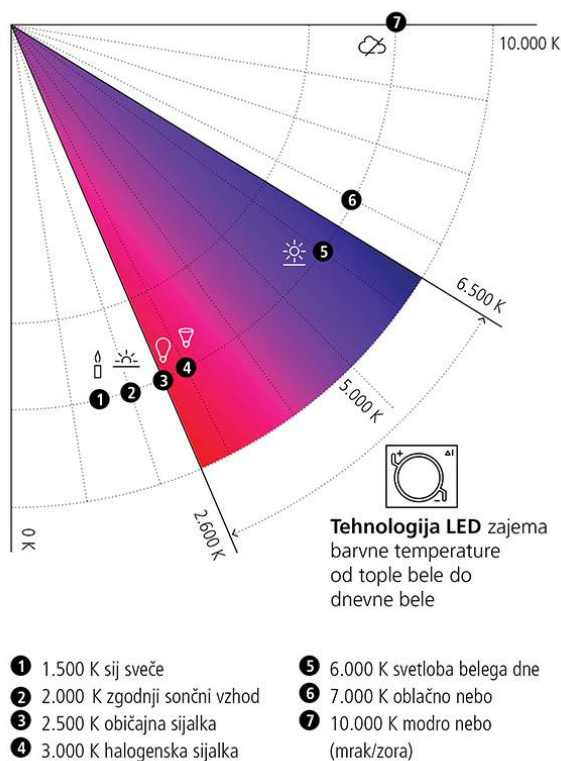


Slika 20: Prikaz barvne temperature





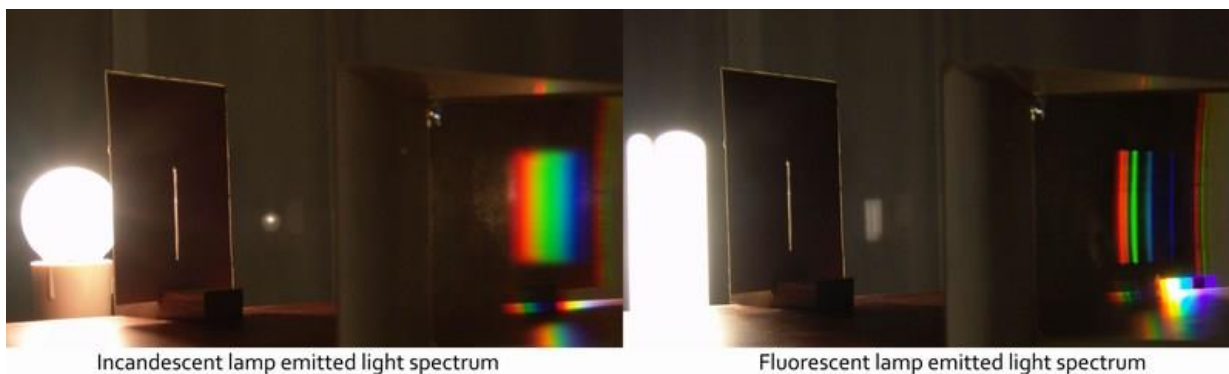
*Slika 21: Prikaz razliĉnih tipov barv sijalk v vgrajenih svetilkah*



Slika 22: Prikaz barvnih temperatur svetilk

### 5.7 Reprodukcijska barve

Barvna reprodukcija, katera vpliva na barvni videz predmetov ali ljudi je v osnovi odvisna od spektralne porazdelitve sevanja svetlobnega vira, katera je tudi vzrok za različni barvni videz enakih objektov oziroma predmetov (glej sliko 24). Najboljšo barvno reprodukcijo daje svetlobni vir ki ima enakomerni barvni spekter. Za določitev lastnosti barvne reprodukcije svetlobnih virov, uporabljamo indeks barvne reprodukcije (Ra, angleška oznaka CRI) kateri je določen s pomočjo primerjalne metode. Ra je določen s spektrom izsevane svetlobe. Višji kot je indeks barvnega videza boljša je barvna reprodukcija (glej tabelo 4).



Slika 23: Prikaz izsevane svetlobe žarnica na žarilno nitko – fluo sijalka

Ra je zmožnost vira svetlobe za reproduciranje barv objektov, ki je najbolj skladna barvam, ki se reproducirajo z naravnim virom svetlobe. Za referenčni svetlobni vir je izbrana naravna dnevna svetloba, ki ima indeks barvne reprodukcije 100. Najboljši indeks je označen z vrednostjo 100, najslabši pa z vrednostmi Ra pod 0. Če primerjamo različne vire svetlobe, dosega fluorescenčna svetilka s toplo svetlobo s trojnimi fosforimi premazom Ra 73. Navadna žarnica z žarilno nitko dosega Ra 100 (glej sliko 23). LED svetila z najboljšim Ra pa lahko dosežejo indekse do 95. Indeks barvne reprodukcije je bil uporabljen za primerjavo med fluorescenčnimi in HID svetilkami vrsto let, vendar mednarodna komisija za svetila (CIE) ne priporoča uporabo indeksa Ra za vrednotenje barvne reprodukcije LED svetilk. Izkazalo se je, da določene LED svetilke, ki temeljijo na RGB LED tehnologiji ne dosežajo Ra niti 20, v praksi pa zelo dobro reproducirajo barve. Za meritve barvne reprodukcije LED svetilk se že razvijajo nove metode s katerimi bomo lahko primerjali barvno reprodukcijo LED svetilk z ostalimi tradicionalnimi svetili.



Slika 24: Prikaz barvnega videza sadja za različni Ra (angleško CRI)

Stopnja barvne reprodukcije	Indeks barvnega videza	Mesto uporabe
1A	90 - 100	npr. grafična pisarna
1B	80 - 85	npr. opravila ki temeljijo na zelo dobri vidljivosti
2A	70 - 80	npr. pisarna
2B	60 - 70	npr. prodajalna
3	40 - 60	npr. nekatere težke industrije
4	20 - 40	npr. dela na prostem

Tabela 4: vrednosti indeksa barvnega videza

### 5.8 Omejitev stroboskopskega efekta in fliker

Pri svetlobnih virih, kateri delujejo na principu razelektrenja prihaja do časovnih sprememb svetlobnega toka, ki se posledično pojavijo zaradi izmenične napetosti. Nihanje svetlobnega toka je neugodno, saj povzroča motnje, glavobole ali celo napake pri interpretiranju videnega. Stroboskopski efekt lahko odpravimo tako da:

- pri fluorescenčnih sijalkah uporabimo elektronske predstikalne naprave ali duo spoj,
- svetilke priključimo trifazno, tako da sta sosednji svetilki priključeni na različni fazi,
- pri LED svetilih se za krmiljenje toka LED diod uporabi PWM (pulzno širinska modulacija).

## 5.9 Faktor izrabe prostora in faktor vzdrževanja

Faktor izrabe prostora izraža, koliko svetlobe iz obdajajočih površin odseva nazaj na površino delovnega mesta. Odvisen je od dveh dejavnikov:

- odsevnosti obdajajočih površin (strop, stene, tla), temnejših barv kot so površine, manjša je količina odsevane svetlobe,
- dimenzije prostora (indeks prostora), indeks prostora za kocko je večji kot za pravokotnik z dolgimi stranicami.

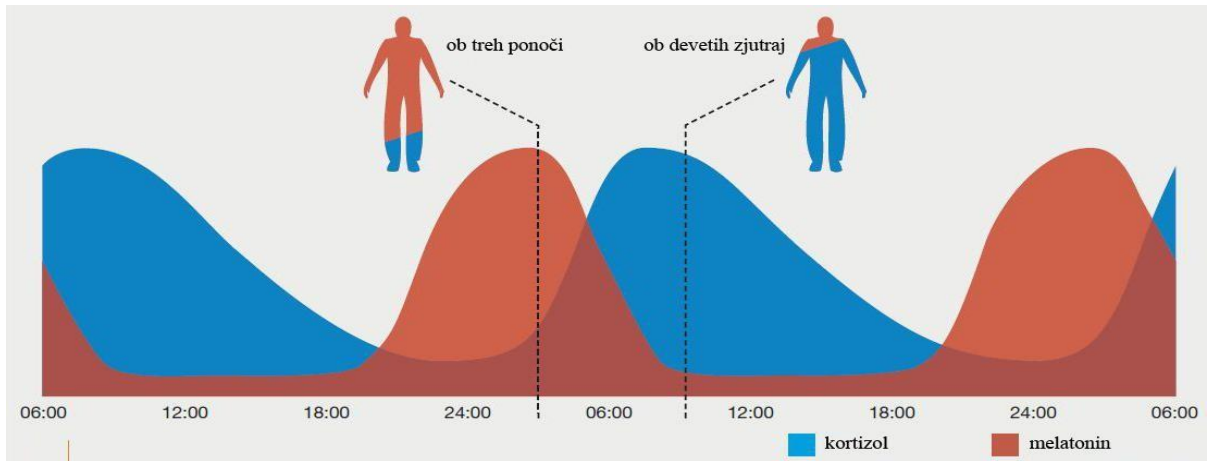
Faktor vzdrževanja je potrebno upoštevati za čas delovne dobe svetilnih teles. Razsvetljavno napravo običajno načrtujemo tako, da je osvetljenost v začetku približno 25% večja od potrebne ( $E_{SR} = 1,25 * E_n$ ). Ko povprečna vrednost osvetljenosti pade pod minimalno vrednost (definirano v standardu, priporočilih), je razsvetljavno napravo potrebno obnoviti.

## 5.10 Vpliv svetlobe na ljudi

Že dolgo je znano, da je naš občutek za dobro počutje pogojen z vplivom svetlobe. Pri naravni dnevni svetlobi nam je prijetno in se dobro počutimo, zato želimo podobne pogoje zagotoviti tudi v notranjih prostorih, to pa dosežemo z ustrezno svetlostjo razsvetljave. Rezultati raziskav kažejo, da ima svetloba veliko globlji vpliv na življenje ljudi, kot je bilo domnevano.

Svetloba vpliva na naš cirkadialni ritem (najbolj znana sta ritem spanja in budnosti) in nadzira biološke procese v našem telesu (*glej sliko 25*). Biološki ritem pri ljudeh je nadzorovan s 'telesno uro' na katerega ima svetloba odločilni vpliv. Svetloba podpira cikel spanja in budnosti, tako da našemu telesu sporoča, kdaj se dan spremeni v noč. Brez zadostne svetlobe lahko pride do motenj naše telesne ure, kar posledično vodi k utrujenosti. Na cirkadijski ritem vplivajo tudi letni časi. Pogosto se pozimi težje koncentriramo in počasneje reagiramo na dražljaje. Zato pa smo poleti bolje razpoloženi in se lažje koncentriramo. Cirkadijski ritem je odvisen tudi od starosti. Človek se dnevnemu ritmu prilagodi skoraj pri starosti petih let. V najstniških letih se cirkadijski ritem spremeni, saj najstniki hodijo pozneje spat in dlje spijo. Pri starosti 30 let se pričnejo težave s spanjem. Telo potrebuje s staranjem vedno manj spanja. S staranjem telo tudi vedno manj loči med dnevom in nočjo. Za pravilen cirkadijski ritem je zelo pomembna svetloba. Ker pa se človek vedno bolj oddaljuje od svojega cirkadijskega ritma, predvsem zaradi dela v turnusih in v prostorih brez oken, je toliko bolj pomembneje pravilno načrtovanje razsvetljave, da čim bolj ohranjamo ta ritem.

*Slika 25: Nihanje razmerja med kortizolom in melatoninom v 24 urah*



Za sinhronizacijo cirkadijskega sistema in solarnega dne, je običajno potreben močan vzorec svetlobe in teme. Veliko starejših odraslih po navadi doživlja težave s spanjem, ker je lahko ta vzorec zadušeni zaradi »sedečega« življenjskega sloga (zato, ker veliko časa presedijo) in uporabe električne razsvetljave.

## 6. Razsvetljava

### 6.1 Pregled vseh električnih virov svetlobe



Slika 26: Evolucija razvoja žarnice in nadomestnih svetlobnih virov (sijalk) skozi zgodovino

#### 6.1.1 Žarnice na žarilno nitko

Žarnice delujejo na principu termičnega sevala. Večina energije gre v toploto, le 5-15% v svetlobo. Obstajata dve glavni vrsti žarnic: navadne in halogene. Žarilna nitka je iz volframa (glej sliko 27). Zaradi manjšega hlajenja je žarilna nitka zvita v dvojno ali trojno spiralo.

Barvni spekter vsebuje vse valovne dolžine, modre barve so slabo zastopane, poudarjene pa so rdeče barve, spekter ima vrh v IR področju. V svetlobo se pretvori okoli 5% električne energije. Faktor primerljivosti barve: odličen (95-100). Svetloba je v primerjavi s sončno nekoliko bolj rumenkasta, zato so rumeno-rdeče barve bolj poudarjene. V prihodnjih letih bo postopno prepovedana prodaja klasičnih žarnic z žarilno nitko, kar bo povzročilo osvetljevanje vseh prostorov, tudi domov, s halogenskimi žarnicami, v prihodnosti pa tudi z LED-sijalkami.

Lastnosti žarnice:

- električna moč od 20 do 150 W,
- življenska doba približno 1000 ur,
- barvna temperatura 2700 K,
- izkoristek od 3 do 20 lm/W,
- indeks barvnega videza med 95 in 100.



Slika 27: Izgled žarnice na žarilno nitko

### 6.1.2 Fluorescentna sijalka

Fluorescentna sijalka je podolgovate cevaste oblike. Napolnjena je z mešanico inertnega plina pod nizkim pritiskom z dodatkom živega srebra običajno v obliki amalgama, ki se med delovanjem upari.

Sprva ta vrsta sijalk ni predstavljala takšnega potenciala kot danes, z leti pa se je tehnologija izdelave in kakovost komponent zelo spreminjala, zato lahko danes govorimo o zelo kakovostnih sijalkah z zelo dobrim svetlobnim izkoristkom in življenjsko dobo. Z razvojem se je spremenila tudi debelina cevi samih sijalk (*glej sliko 28*). Nekoč smo sijalko poznali pod oznako T12, nato se je z razvojem pričela uporaba sijalk T8 (ki so prisotne še danes), dandanes pa so v uporabi najnovejše, T5 sijalke.



Slika 28: Prikaz sprememb premerov fluorescenčnih sijalk T12, T8 in T5

Poleg samih sijalk pa je do ogromnega napredka prišlo tudi pri razvoju predstikalnih naprav, ki so potrebne za vžig in delovanje sijalk (*glej sliko 29*). Stare dušilke z magnetnim jedrom in štarerje so zamenjale novejšje elektronske predstikalne naprave.

Lastnosti fluorescenčnih sijalk T5:

- električna moč od 14 do 80 W,
- življenska doba 24.000 ur,
- barvna temperatura med 2700 in 6500 K,
- izkoristek do 90 lm/W,
- indeks barvnega videza med 80 in 95.

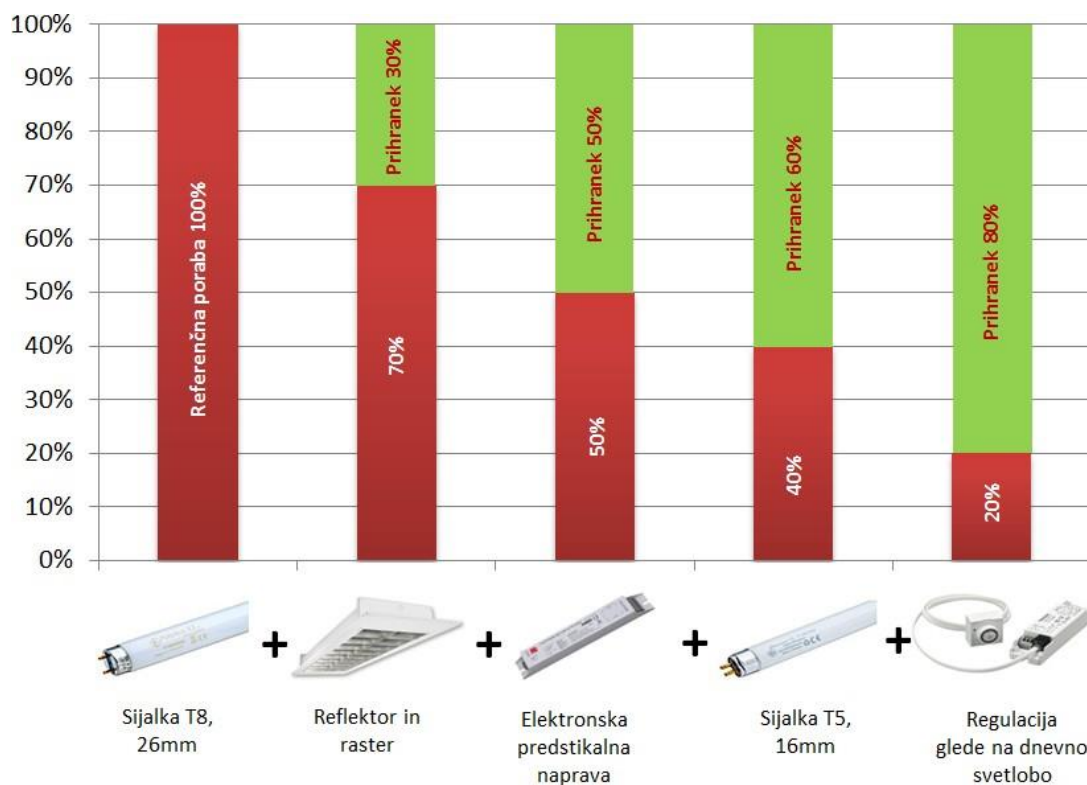
Lastnosti fluorescenčnih sijalk T8:

- električna moč od 14 do 70 W,
- življenska doba 20.000 ur,
- barvna temperatura med 2700 in 6500 K,
- izkoristek do 90 lm/W,
- indeks barvnega videza med 60 in 93.

Predstikalna naprava:

- elektromagnetna: dušilka in starter,

- elektronska (visokofrekvenčna),
- elektronska regulacijska (na podlagi spreminjanja frekvence).



Slika 29: Prikaz razvoja svetilk s fluorescenčnimi sijalkami ter prihranki energije

### 6.1.3 Kompaktna fluorescenčna sijalka

Kompaktne fluorescentne sijalke so po principu delovanja enake cevnim fluorescentnim sijalkam, imajo pa kompaktnjšo obliko. Na trgu so se pojavile kot varčna zamenjava za navadne žarnice. Prvi prototipi so nastali že v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja, na trgu pa so se pojavile v začetku osemdesetih. V večini primerov so opremljene s predstikalno napravo in E27 ali E14 vznožkom (glej sliko 30). Pri nas jih poznamo predvsem pod imenom »varčne žarnice«. V zadnjih letih je šel razvoj predvsem v smeri zmanjševanja dimenzij, da bi res dosegli velikost, kot jo imajo navadne žarnice. Problem je predvsem v tem, ker je dolžina cevi fluorescenčne sijalke pogojena z njeno električno močjo oziroma z želenim svetlobnim tokom. Zato so sijalke večjih moči še vedno večje kot navadne žarnice, kjer je razlika v velikosti pri različnih električnih močeh manjša.

Lastnosti kompaktne fluo sijalke:

- električna moč od 5 do 80 W,
- življenska doba do 20.000 ur,
- barvna temperatura med 2500 in 6000 K,
- izkoristek med 60 in 75 lm/W,
- indeks barvnega videza med 80 in 90.





Slika 30: kompaktna fluo sijalka E27,.....kompaktna fluo sijalka G24d-1

#### 6.1.4 Halogenska žarnica

Pri halogenski žarnici (glej sliko 31) se stekleni balon poleg z inertnim plinom polni tudi z halogenim elementom (jod, brom,...). V žarnici nastane krožni proces, ki podaljša življenjsko dobo in omogoči, da žarilna nitka deluje na višji temperaturi. Za krožni proces je potrebna temperatura vsaj 180 °C, zaradi tega je balon manjši in izdelan iz kremencevega stekla. Zaradi poroznosti kremencevega stekla se žarnice ne sme prijemat z rokami. Barvni spekter vsebuje vse valovne dolžine. V primerjavi z spektrom navadne žarnice je vrh premaknjen proti manjšim valovnim dolžinam, vendar še vedno v IR področju. Žarnice lahko priključimo direktno na vir napetosti. Izdelane so za različne napetosti: normalne napetosti (230 V, 110 V), male napetosti (6 V, 12 V, 24 V). Žarnice za male napetosti običajno priključujemo na omrežje preko transformatorjev (klasičnih, toroidnih, elektronskih).

Lastnosti halogenske žarnice:

- električna moč od 20 do 2000 W,
- življenjska doba nekje med 2000 in 4000 ur,
- barvna temperatura 3000 K,
- izkoristek do 25 lm/W,
- indeks barvnega videza med 95 in 100.



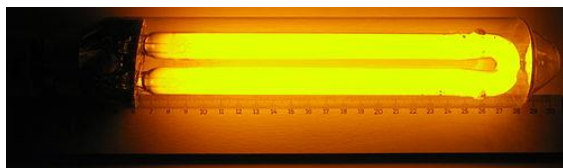
Slika 31: različni tipi halogenskih žarnic, 12V, 230V

### 6.1.5 Nizkotlačna natrijeva sijalka

Svetilni plin: natrij (Na) pri nizkem tlaku. Za vžig se v gorilnik dodaja tudi žlahtne pline. Obratovalna temperatura: 290°C (potrebna je dobra toplotna izolacija). Monokromatska svetloba: rumena 589 nm in 589,6 nm. Te svetilke so najbolj učinkoviti svetlobni vir predvsem zato, ker je svetlobni učinek na valovni dolžini blizu vrha občutljivosti človeškega očesa. Kot rezultat se pogosto uporabljajo za zunanjo razsvetljavo, kot so cestne luči in varnostna razsvetljava. Svetilke so na voljo z nazivnimi močimi od 10 W do 180 W, vendar daljše žarnice povzročajo tehnične težave ter težave oblikovalcem (glej sliko 32).

Lastnosti nizkotlačne natrijeve sijalke:

- električna moč do 180 W,
- življenska doba do 16.000 ur,
- barvna temperatura 1800 K,
- izkoristek do 180 lm/W,
- indeks barvnega videza do 20.



Slika 32: nizkotlačna natrijeva sijalka: barva svetlobe, izgled sijalke

### 6.1.6 Visokotlačna natrijeva sijalka

Visokotlačne natrijeve (HPS) sijalke so manjše in vsebujejo dodatne elemente (npr. živo srebro). Takoj po prižigu proizvedejo temno rožnat sijaj, ko se ogrejejo pa rožnato oranžno svetlobo. Nekatere sijalke lahko na kratko proizvedejo jasno do modrikasto belo svetlobo. To je najverjetneje zaradi tega, ker živo srebro zažari prej, preden se natrij popolnoma ogreje. Uporabljajo se na področjih, kjer je dobra barvna reprodukcija pomembna ali zaželena. Visokotlačne natrijeve svetilke so precej učinkovite, približno do 150 lm / W. Pogosto se uporabljajo zunaj, kot ulične svetilke in za varnostne razsvetljave.

Lastnosti visokotlačne natrijeve sijalke:

- električna moč od 50 do 1.000 W,
- življenska doba do 24.000 ur,
- barvna temperatura 2000 K,
- izkoristek do 130 lm/W,
- indeks barvnega videza med 20 in 65.

### 6.1.7 Živosrebrne sijalke (HQL)

Živosrebrne sijalke (HQL) (glej sliko 33) se pogosto uporabljajo kot svetlobni vir za cestno in tovarniško razsvetljavo zaradi nizkih investicijskih stroškov. Potrebujejo predstikalno napravo, ne pa vžignega starterja. Zaradi svoje nizke učinkovitosti, živosrebrne sijalke porabijo veliko več električne energije kot metalhalogenidne ali visokotlačne natrijeve sijalke, da dosežejo določeno količino svetlobe.

Lastnosti živosrebrnih sijalk:

- električna moč do 400 W,
- življenska doba do 15.000 ur,
- barvna temperatura med 2000 in 4000 K,
- izkoristek do 60 lm/W,
- indeks barvnega videza med 23 in 55.



Slika 33: Živosrebrna sijalka

### 6.1.8 Metalhalogenidne sijalke

Te sijalke vsebujejo kremenovo (quartz) tehnologijo in delujejo na podlagi razelektritve (arc tube). Narejene so iz prozornega, kremenovega stekla, ki je odporen na temperaturne spremembe. Metalhalogenidne sijalke so na voljo v različnih modelih in vrednostnih močeh (glej sliko 34). Številne prednosti, metalhalogenidnih sijalk odpira široko paleto možnosti v poklicnih panogah z različnimi zahtevami, kot so sejmi, arhitektura, industrija, ulična razsvetljava in razsvetljava športnih igrišč.

Lastnosti metalhalogenidne sijalke:

- električna moč od 20 do 2000 W,
- življenska doba od 12.000 do 24.000 ur,
- barvna temperatura med 2700 in 4200 K,
- izkoristek od 67 do 95 lm/W,

- indeks barvnega videza do 95.



*Slika 34: metalhalogenidna sijalka*

### **6.1.9 LED žarnice**

LED diode (*glej sliko 35*) imajo zelo dolgo življenjsko dobo, ki je deklarirana s 100.000 urami, kar pomeni več kot 11 let neprestanega svetjenja. Zgolj v vednost, življenjska doba 100.000 ur pomeni vsaj 50% svetilnosti, ki je deklarirana pri novi diodi, same diode pa svetijo precej dlje. Če LED diode na tem mestu primerjamo s klasičnim žarnicam na žarilno nitko, ki imajo življenjsko dobo približno 1000 ur, LED dioda drži najmanj 100 krat dlje. Poraba energije pri LED je glede na žarnice z žarilno nitko izredno nizka. Standardne LED diode porabijo približno 0,1W, novi ultra svetli LED čipi pa nekje med 0,8 in 4W. Za nameček pa so LED diode odporne na tresljaje in udarce in praktično neuničljive. Sestavljena je iz čipa, ki je iz polprevodnega materiala, napolnjen z zlitinami kemičnih elementov. LED svetila po moči svetlobnega toka svetijo veliko svetleje od ostalih vrst svetil, ki so na trgu. Nekatere primerjave si lahko pogledate v tabeli 5 in 6 ter sliki 36. LED svetila so dvakrat svetlejša od CFL(kompaktnih fluorescenčnih svetilk) in šestkrat svetlejša od žarnic z žarilno nitko. Najnovejše LED diode lahko dosežejo tudi 231 lm/W.

Če primerjamo LED luči z ostalimi vrstami svetil časovnem razdobju 50.000 h delovanja lahko pridemo do zaključka, da LED svetila porabijo 57% manj električne energije od CFL-ov in 90% manj kot žarnice z žarilno nitko.

LED svetila imajo še več dobrih lastnosti:

- LED svetilke niso občutljive na nizke temperature,
- LED diode niso občutljive na vlago,
- LED svetila imajo zelo visok faktor CRI, ki pove kako kvalitetna je svetloba oz. zmožnost reproduciranja barv z svetlobnim telesom,
- pogosto vključevanje in izključevanje LED svetilu ne zmanjšuje življenjske dobe,
- LED svetila ob vklopu zasvetijo s polno svetilnostjo in se jim ni potrebno ogrevati na delovno temperaturo,

- LED svetila oddajajo najmanj toplote kot ostala svetila. Celotno 9x krat manj kot CFL sijalke. Ne morete se opeči z dotikom izvora svetlobe,
- LED svetila so različnih barv in temperatur barve. RGB LED svetila lahko osvetlijo vaš prostor v katerem koli barvnem tonu,
- LED svetila so veliko bolj obstojna kot ostale svetilke saj nimajo steklenih delov,
- LED svetila so kompatibilna z sistemi pametnih inštalacij za avtomatizacijo doma in večjih stavb. Z avtomatizacijo pa lahko prihranimo še več električne energije.



*Slika 35: različne izvedbe LED sijalk, žarnic*

## 6.2 Značilnosti različnih vrst žarnic, sijalk




Primerjava med žarnicami	 LED žarnice	 Fluorescentna žarnica	 Varčna žarnica
Življenjska doba (povprečna)	30.000 ur	1.200 ur	8.000 ur
Poraba el. energije glede na 60 Watt-no klasično žarnico	6-8 <u>Watov</u>	60 <u>Watov</u>	13-15 <u>Watov</u>
Vsebnost živega srebra	Ne	Ne	Da – zelo strupeno za ljudi In živali
RoHS -certifikat	Da	Da	Ne – vsebuje 1 mg živega srebra
Emisije CO2 (povprečno Gospodinjstvo)	180 kg/leto	1950 kg/leto	405 kg/leto
Občutljivost na nizke temperature	Ne	Ne	Da – slabo delujejo pri temperaturah pod – 10stopinj Celzija
Občutljivost na vlago	Ne	V nekaterih primerih	Da
Prižiganje in ugašanje- Vpliv na življenjsko dobo	Ne	V nekaterih primerih	Da – zelo zniža življenjsko dobo
Ali je lahko nenehno prižgana	Da	Da	Ne – po določenem času se pregreje
Vzdržljivost, odpornost	Odporna na tresljaje in udarce	Steklo se razbije	Steklo se razbije
Oddana toplota	3,4 enote	85 enot	30 enot
Izdelek z napako	Zelo redko	redko	Da – lahko zagori, se pojavi dim ali oddaja neprijeten vonj

Tabela 5: Primerjava med žarnicami

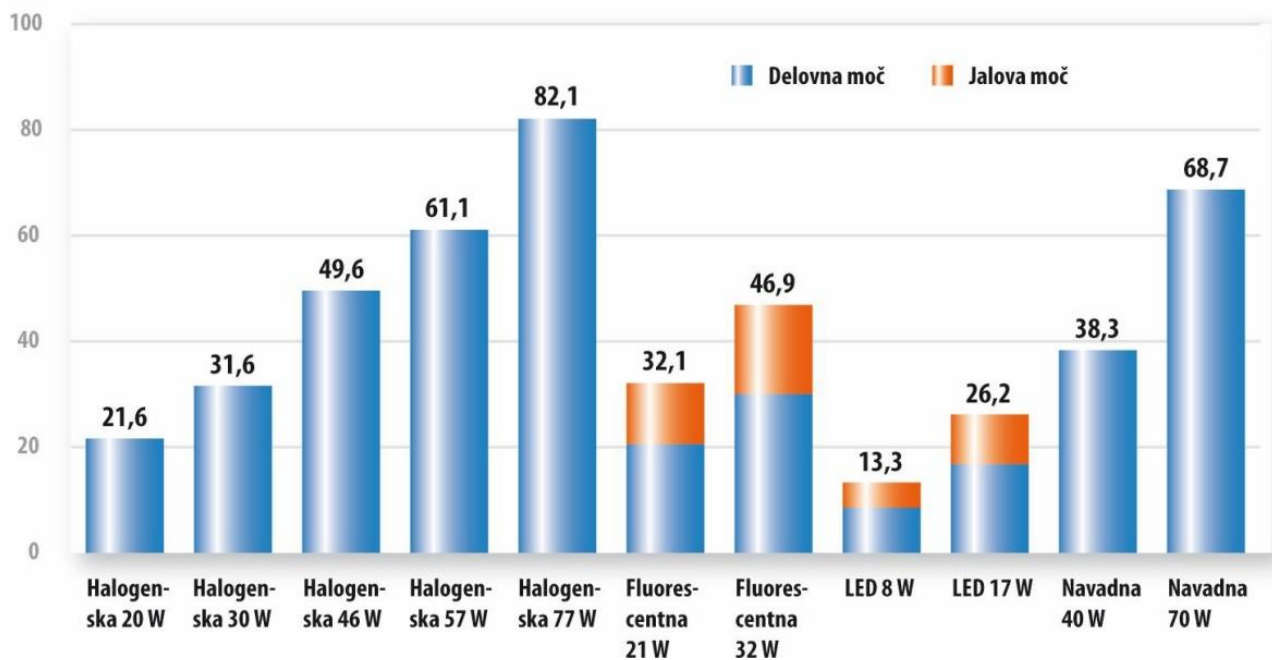
LUMNI (lm)	ŽARNICE - KLASIČNE	LED ŽARNICE
2600 lm	150 W	20 - 25 W
1600 lm	100 W	13 - 19 W
1100 lm	75 W	10 - 12 W
800 lm	60 W	7 – 9 W
450 lm	40 W	4 – 6 W

Tabela 6: Primerjava med klasičnimi in LED žarnicami



Slika 36: Značilnosti žarnic Halogen, Fluo, LED

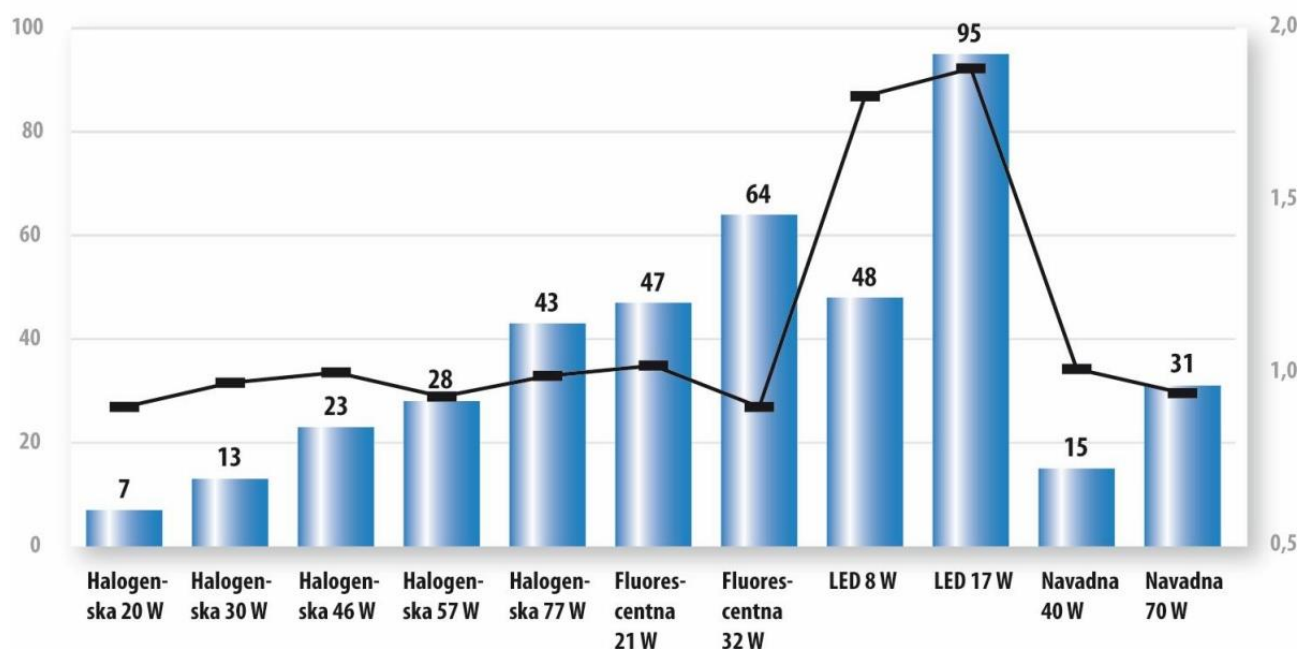
**Poraba električne energije različnih svetil (W)**



Slika 37: Prikaz porabe električne energije različnih svetilk

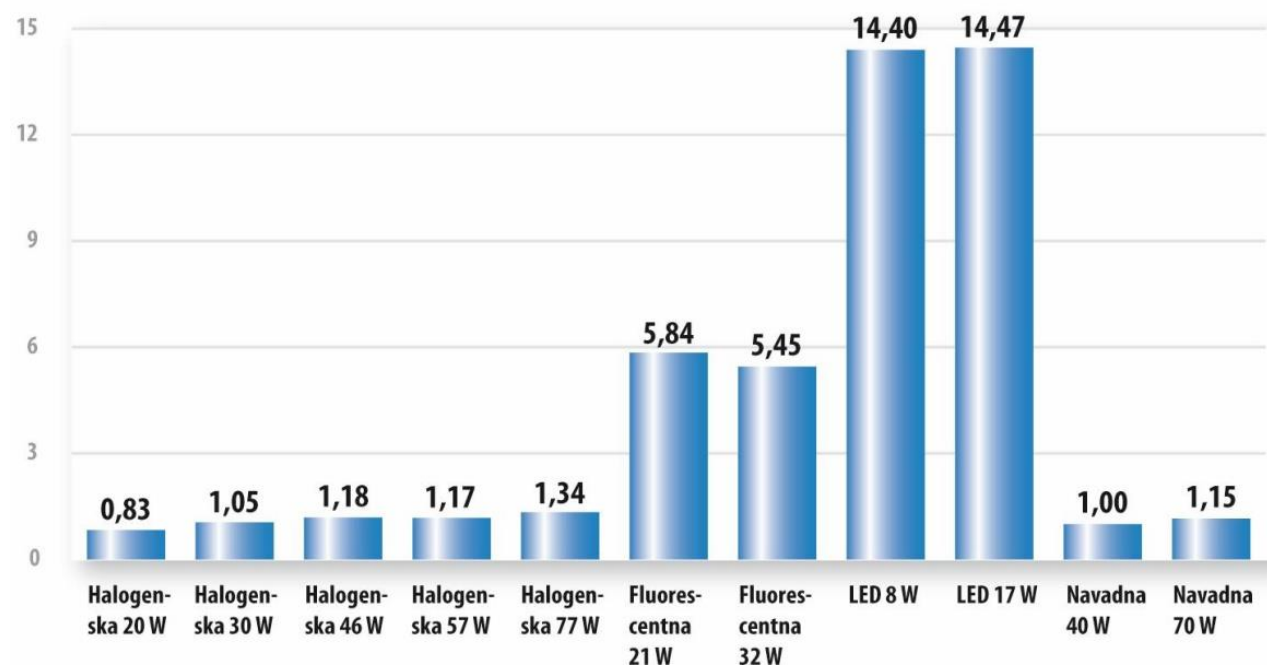
**Osvetljenost na 2 m (lx)**

**Relativna osvetljenost / deklariran svetlobni tok (navadna 40 W = 1)**



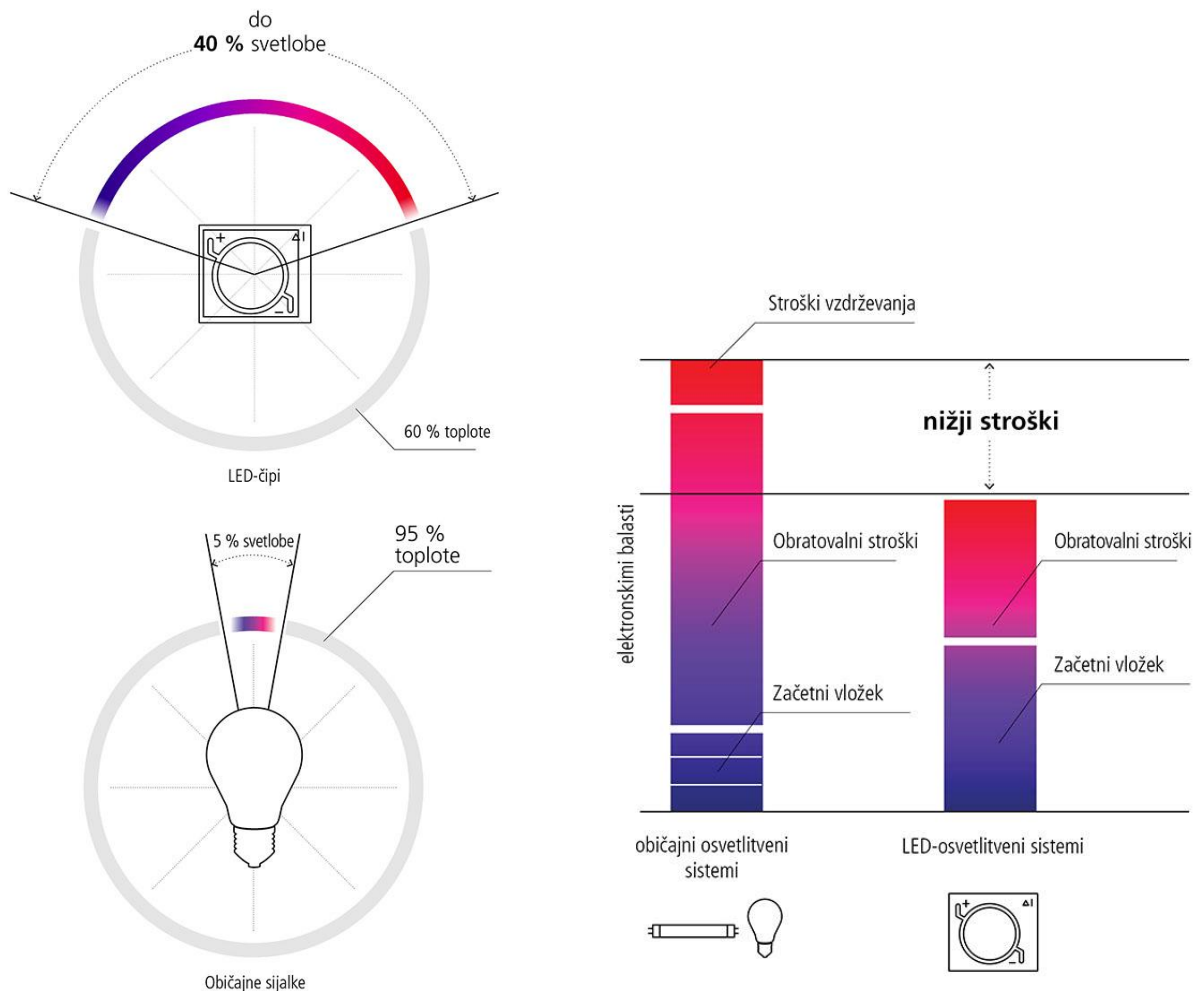
Slika 38: Prikaz osvetljenost na višini 2m od tal z različnimi viri svetlobe

**Relativna učinkovitost (navadna 40 W = 1)**



Slika 39: Prikaz relativne učinkovitosti posameznih žarnic, sijalk

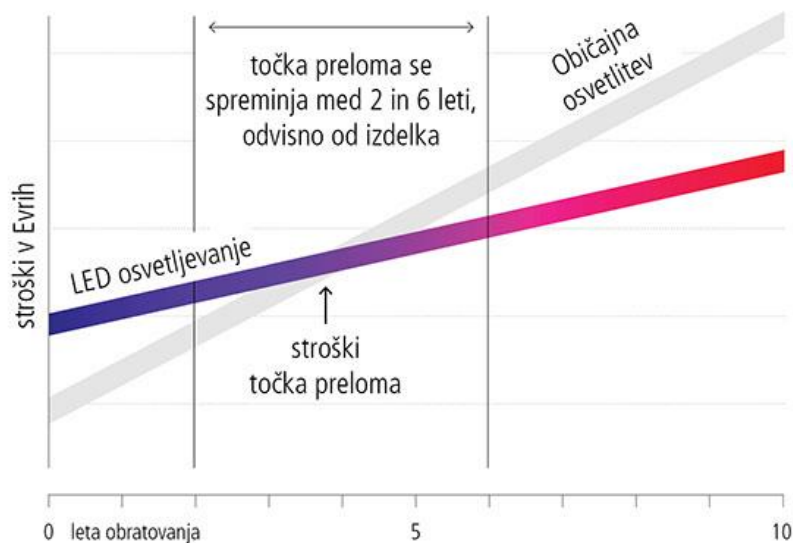




Slika 40: Visoka energetska učinkovitost LED, visoka učinkovitost delovanja LED

V primerjavi z drugimi viri svetlobe je tehnologija LED že izredno učinkovita z velikim potencialom za nadaljnje izboljšave v učinkovitosti osvetlitve (lm/W). Če primerjate pretvorbo energije običajnih sijalk z LED, postane razlika še bolj očitna (glej sliko 37, 38 in 39). Medtem ko običajne sijalke v svetlobo pretvorijo samo 5 % energije, z LED to poskoči na 40 % (glej prvi del slike 40).

Visoka učinkovitost delovanja osvetlitvenih izdelkov LED je rezultat visoke systemske učinkovitosti (lm/W), dolge življenjske dobe z nizkimi stroški namestitve in vzdrževanja. Sistemi za nadzor osvetlitve in inteligentna integracija osvetlitvene tehnologije v prostorih ponujajo nadaljnje možnosti za prihranke (glej drugi del slike 40).



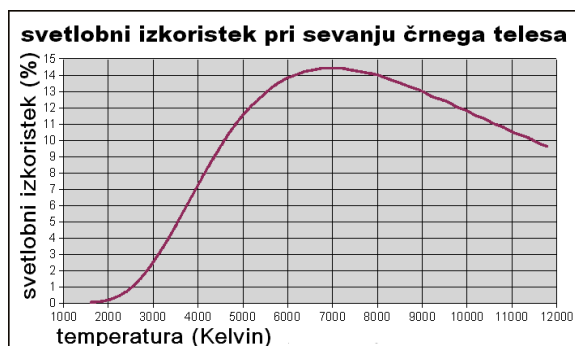
Slika 41: Arnotizacijski čas

Razmeroma visoki stroški naložbe v osvetlitvene izdelke LED se običajno amortizirajo prek servisne dobe (glej sliko 41). Eno petino vse proizvedene energije po svetu se uporabi za umetno svetlobo. Z zamenjavo običajnih izdelkov s tehnologijo LED in uporabo inteligentnega upravljanja osvetlitve lahko zmanjšate porabo energije s strani osvetlitvenih naprav za 70 %.

### 6.3 Svetlobni izkoristek, izkoristek razsvetljave, izkoristek svetilke

#### 6.3.1 Svetlobni izkoristek

Svetlobni izkoristek (oznaki  $\eta$  in  $\rho$ ) je merilo za učinkovitost sevanja svetlobnih naprav. Svetlobni izkoristek je razmerje med izsevanim svetlobnim tokom (merjen v luminih) in močjo (merjeno v vatih) svetlobne naprave. Za moč lahko uporabimo skupni sevalni tok (moč sevanja v vatih) izvora ali pa skupno električno moč (prav tako v vatih), ki jo troši izvor. Oba pojma se uporabljata za malo različne namene in nimata enolično določene uporabe in pomena. Po prvem načinu imenujemo izračunano razmerje učinkovitost sevanja (luminous efficacy of radiation ali LER), po drugem pa učinkovitost izvora (luminous efficacy of a source ali LES) (glej sliko 42).



Slika 42: Graf svetlobnega izkoristka pri sevanju črnega telesa

### 6.3.2 Izkoristek razsvetljave

Izkoristek razsvetljave je odvisen od načina njene izvedbe. Boljše kot so površine, ki odbijajo svetlobo, in manj kot je montenj pri širjenju svetlobe, ki ga oddaja svetilka, večji je izkoristek razsvetljave. Pomembno vlogo igra tudi odvajanje toplote, ki nastaja v bližini sistema razsvetljave, saj večina svetlobnih virov, ki se uporabljajo pri razsvetljavi prostorov, deluje optimalno pri 25°C. Pri višjih temperaturah njihov izkoristek pade. Na celoten izkoristek razsvetljave prav tako ključno vpliva porazdelitev oddane svetlobe. Zaradi tega se lahko pri oknih zelo uspešno uporabljajo asimetrične svetilke, saj preprečujejo uhajanje svetlobe skozi okno.

### 6.3.3 Izkoristek svetilke

Izkoristek svetilke nam pove, kolikšen del svetlobnega toka, ki ga oddajajo svetlobni viri v svetilki, zapusti svetilko. Zaradi konstrukcijskih ali oblikovnih značilnosti svetilke namreč del svetlobnega toka lahko ostane v svetilki in ne prispeva k osvetljenosti prostora (ali svetlosti ceste). Ločimo dva svetlobna izkoristka svetilke in sicer:

- optični izkoristek svetilke (*glej tabela 7*), ki podaja razmerje med svetlobnim tokom ki izhaja iz svetilke pri predvidenih obratovalnih pogojih (način montaže, temperatura okolice, nazivna napetost ...) in nazivnim svetlobnim tokom vseh svetlobnih virov v svetilki in
- obratovalni izkoristek svetilke, ki je definiran enako, le da upošteva dejanske obratovalne pogoje (način montaže, položaj svetlobnih virov, temperaturo okolice, dejanska napetost ...).

V primeru ko obratovalni pogoji vplivajo na svetlobni tok svetlobnih virov v svetilki, se oba izkoristka razlikujeta. Največkrat je obratovalni izkoristek svetilke manjši od optičnega izkoristka, saj se svetlobni tok npr. fluorescenčnih sijalk zmanjša zaradi previsoke ali prenizke temperature okolice ali zaradi npr. navpične montaže. Na izkoristek svetilke najbolj vpliva sama konstrukcija svetilke in uporabljeni materiali. V tabeli 7 so prikazani primeri različnih svetilk, ki so po konstrukciji zelo podobni, razlikujejo pa se v materialu, ki je uporabljen kot zaščita pred bleščanjem. Posledično so njihovi svetlobni izkoristi zelo različni.

Izvedba svetilke	Optični izkoristek
<b>Fluorescenčna sijalka na nosilcu</b>	92 %
<b>Svetilka z belim reflektorjem</b>	70 % - 75 %
<b>Svetilka z zrcalnim reflektorjem</b>	71 % - 76 %
<b>Svetilka s širokim zrcalnim rastrom</b>	70 % - 75 %
<b>Svetilka z ozkim zrcalnim razstrom</b>	55 %
<b>Stropna svetilka z opalno kapo</b>	50 % - 65 %
<b>Stropna svetilka z mikroprizmatično kapo</b>	60 % - 70 %
<b>vgradna svetilka z mikroprizmatično kapo</b>	60 % - 70 %
<b>visače direktno-indirektna svetilka z zrcalnim rastrom</b>	80 %

Tabela 7: Primeri optičnega izkoristka različnih izvedb svetilk s fluo sijalkami

## 6.4 Predstikalne naprave

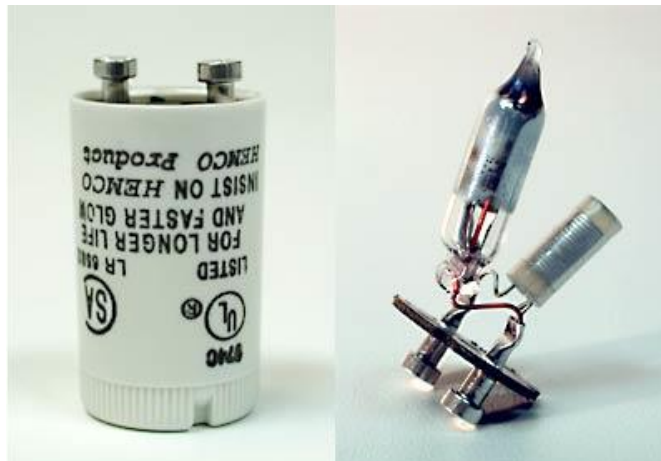
Za svoje delovanje sijalke in svetleče diode nujno potrebujejo predstikalne naprave oz. napajalnike. V preteklosti so predstikalne naprave delovale na principu magnetnih tokokrogov, v današnjem času pa se vse bolj uporablja elektronske predstikalne naprave. Pri sijalkah, ki delujejo na principu razelektrenja v plinih, je za nekatere vrste sijalk potrebno generirati pulz vžigne napetosti, ki je višja od omrežne napetosti (fluorescentne sijalke, kompaktne fluorescentne sijalke, visokotlačne natrijeve sijalke in kovinsko - halogenidne sijalke). Prav tako pa morajo predstikalne naprave skrbeti za omejevanje toka skozi sijalke, saj imajo sijalke največkrat negativno uporovno karakteristiko. Prednosti elektronskih predstikalnih naprav so : manjša poraba električne energije, manjša teža, odprava stroboskopskega efekta in možnost regulacije svetlobnega toka

**Klasične predstikalne naprave za fluorescentne sijalke in starter:** Za delovanje fluorescentne sijalke potrebujejo predstikalno napravo, ki poskrbi za vžig sijalke in omejevanje toka skozi sijalko med obratovanjem. V preteklosti so se uporabljale elektromagnetne predstikalne naprave. Sestavljene so bile iz elektromagnetne dušilke, ki je omejevala tok, in štarerja, ki je poskrbel za dovolj visoko vžigno napetost. Dandanes se največ uporablja elektronske predstikalne naprave, saj imajo številne prednosti: manjšo porabo električne energije, manjšo težo, nimajo stroboskopskega efekta in nudijo možnost regulacije svetlobnega toka (*glej sliko 43*). Dušilka je elektronski element z dvema priključkoma, katerega glavna značilnost je induktivnost. Ločimo zračne dušilke in dušilke z feromagnetnim jedrom. Generira se električna napetost, ki ima tako smer da nasprotuje svojemu vzroku. Dušilka torej nasprotuje hitrim spremembam toka, zato se v stikalih ob izklopu pojavi električni oblok. Induktivnost dušilke določa število ovojev in permeabilnost njenega jedra. Obstajajo tilni in elektronski štarerji (*glej sliko 44*). Najbolj razširjeni so tilni štarerji. Sestavljeni so iz steklene bučke, polnjene z žlahtnim plinom, največkrat neonom.

Najprej skozi štarer steče zelo majhen električni tok, ki v štarerju povzroči nastanek obloka. Oblok segreje bimetalo, ki sklene kontakt. Oblok v štarerju ugasne, skozi njegove kontakte pa prične teči električni tok. Električni tok teče skozi grelne elektrode sijalke, ki se segrejejo in emitirajo proste elektrone v sijalki. S tem se v njej zmanjša upornost plina. Bimetavno stikalo se medtem v času, ko je sklenjeno, ohlaja, ker v stekleni bučki ni več električnega obloka, ki bi ga grel. Ko se bimetavno stikalo zadosti ohladi, se razklene in v tem trenutku se na elektrodah v sijalki zaradi inducirane napetosti v dušilki pojavi visoka napetost (med 500 V in 1.200 V), ki povzroči vžig plina v sijalki. Ker pa plin v sijalki ni zadosti ogret, se ta postopek nekajkrat ponovi, kar je tudi razlog za utripanje sijalke, preden prične stalno svetiti. Ko sijalka neha utripati, ves tok teče skozi sijalko.



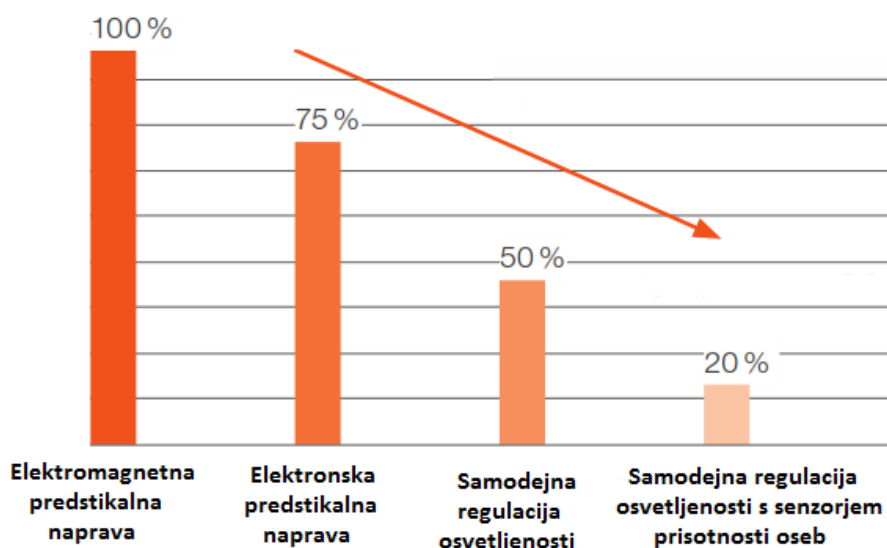
Slika 43: Različne izvedbe predstikalnih naprav – dušilk



Slika 44: Izgled starterja

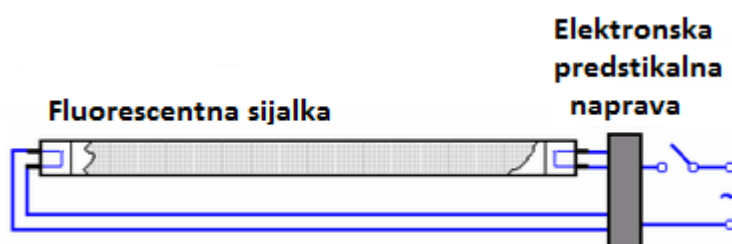
### Elektronske predstikalne naprave za fluorescentne sijalke

Elektronske predstikalne naprave vztrajno nadomeščajo klasične elektromagnetne zaradi mnogih prednosti, kot so: manjša poraba električne energije za delovanje predstikalne naprave (do 80 % manjša) (glej sliko 45), večji svetlobni tok sijalk (do 12 % večji), celoten izkoristek fluorescentnih sijalk se tako poveča do 30 %, poveča se tudi življenjska doba sijalk (hipni vžig), ni motečega brnenja dušilke, samodejni izklop sijalke ob njeni okvari (manjša verjetnost požara), majhno stresano magnetno polje, ne potrebujejo štarterja, manjša teža, odprava stroboskopskega efekta, možnost regulacije svetlobnega toka.



Slika 45: Prihranki električne energije z uporabo elektronskih predstikalnih naprav

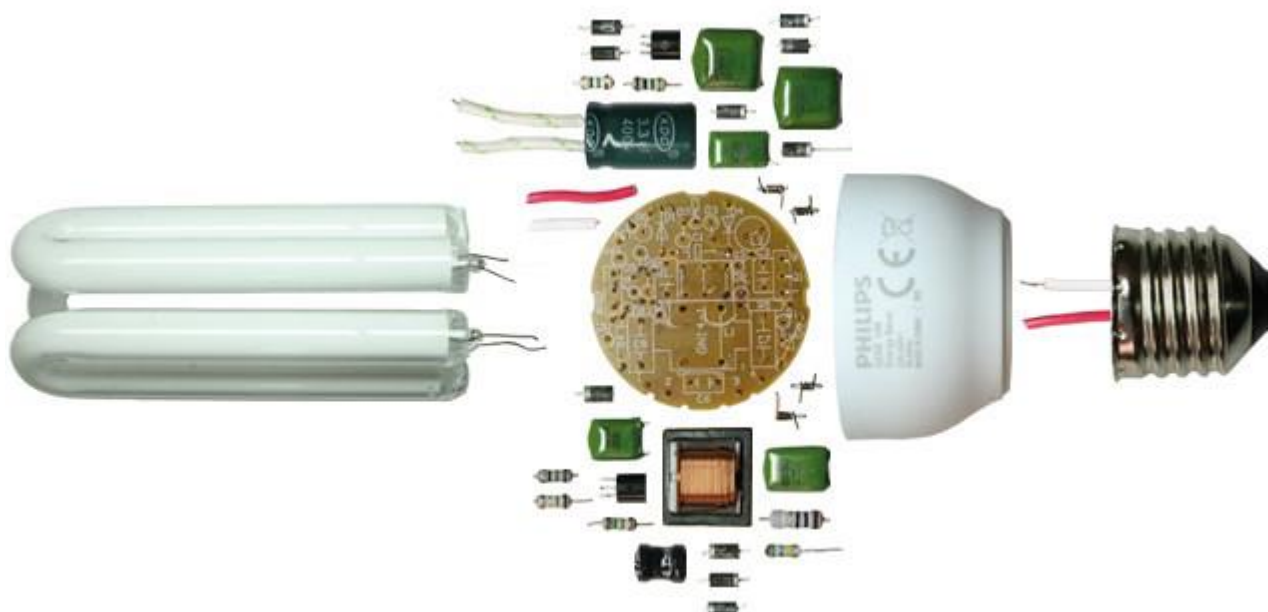
Elektronske predstikalne naprave se razlikujejo od elektromehanskih predvsem v tem, da obratujejo z električnim tokom mnogo višjih frekvenc kot elektromagnetne, ki delujejo z omrežno napetostjo pri 50 Hz. Elektronske predstikalne naprave delujejo v frekvenčnem območju med 20 kHz in 100 kHz. Pri višjih frekvencah v fluorescentni cevi nastane več prostih elektronov, ki s svojo kinetično energijo izbijejo več fotonov kot pri omrežni frekvenci. Tako dobimo višje svetlobne izkoristke fluorescentnih sijalk. Delovanje pri višjih frekvencah odpravi tudi neželeno utripanje sijalk, imenovano stroboskopski efekt. Elektronske predstikalne naprave (določene vrste) omogočajo tudi krmiljenje razsvetljave npr.: analogno krmiljenje z enosmerno napetostjo od 0V do 10V. Lahko krmilimo tudi z digitalnim vmesnikom pod imenom DALI.



Slika 46: Vezava sijalke z elektronsko predstikalno napravo

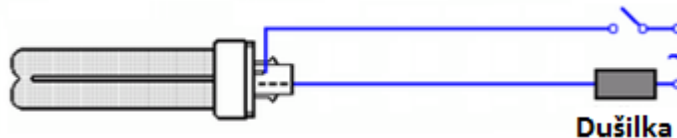
### **Elektronske predstikalne naprave za kompaktne fluorescentne sijalke**

Kompaktne fluorescentne sijalke se od fluorescentnih razlikujejo le v obliki fluorescentne cevi, ki je tanjša in zvita v različne oblike. Moč sijalke je prav tako kot pri fluorescentnih sijalkah pogojena z dolžino fluorescentne cevi. Elektronske predstikalne naprave za kompaktne fluorescentne sijalke delujejo na popolnoma enakem principu kot elektronske predstikalne naprave za fluorescentne sijalke. Kompaktne fluorescentne sijalke imajo predstikalno napravo največkrat v navojnem vznožju sijalke in so direktna zamenjava klasičnih žarnic (glej sliko 47).



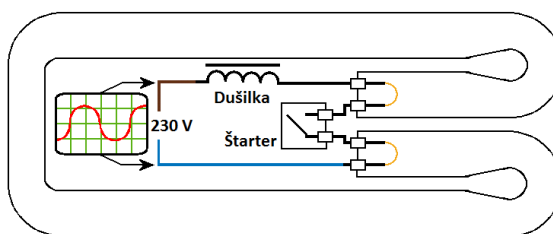
Slika 47: Zgradba kompaktno fluo sijalke

Poznamo tudi sijalke z bajoneti oziroma »pin« vznožki. Obstajajo »dvopinske« in »štiripinske« sijalke. »Dvopinske« sijalke imajo štarter vgrajen v sijalki, dušilka pa je vgrajena v sami svetilki. Ob pregorenju ali iztrošenosti se po navadi zamenja samo sijalko, ki ima vgrajen štarter. Dušilke se ne menjuje.

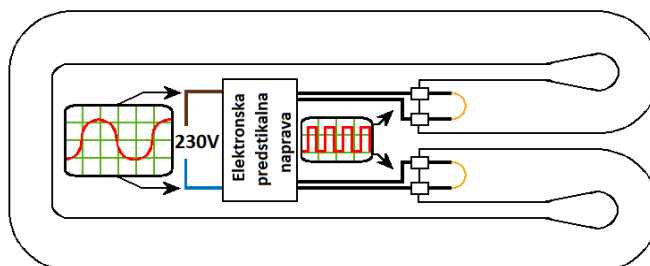


Slika 48: Pri »dvopinskih« sijalkah je vžigna naprava integrirana v sijalko

»Štiripinske« kompaktno fluorescentne sijalke lahko obratujejo z elektromagnetnimi ali elektronskimi predstikalnimi napravami, ob iztrošenosti jo zamenjamo (glej sliko 49, in 50). Štarter in dušilka oziroma elektronska predstikalna naprava so vgrajeni v svetilki.



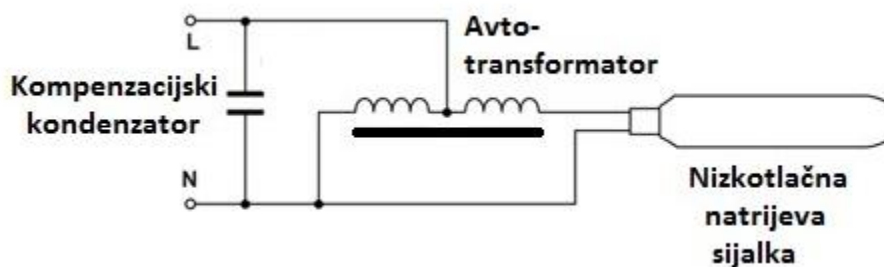
Slika 49: »Štiripinska« sijalka z elektromagnetno predstikalno napravo



Slika 50: »Štiripinska« sijalka z elektronsko predstikalno napravo ima boljši svetlobni izkoristek in višjo obratovalno zanesljivost

### **Elektromagnetne predstikalne naprave za nizekotlačne natrijeve sijalke**

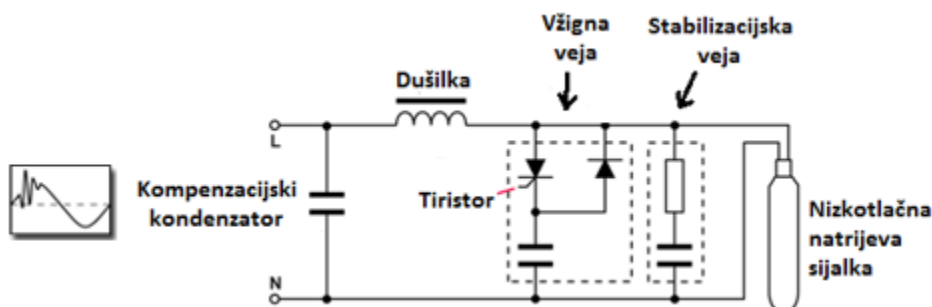
Nizekotlačne natrijeve sijalke so po načinu delovanja podobne fluorescentnim sijalkam, vendar namesto živosrebrove pare uporabljajo natrijevo paro kot sevalni plin. Njihova vžigalna napetost je nekoliko višja od 230 V, zato za svoje delovanje potrebujejo predstikalno napravo. Največkrat je kot predstikalna naprava uporabljen avto-transformator s stresanim poljem, ki omogoča vžig sijalke. Avto-transformator skrbi tudi za omejevanje toka skozi sijalko, saj ima le-ta negativno uporovno karakteristiko. Zaradi nizke delavnosti toka mora predstikalna naprava vsebovati kompenzacijski kondenzator (glej sliko 51).



Slika 51: Elektromagnetna predstikalna naprava za nizkotlačno natrijevo sijalko

### Elektronske predstikalne naprave za nizkotlačne natrijeve sijalke

Za boljše izkoristke nizkotlačnih natrijevih sijalk uporabljamo elektronske predstikalne naprave. Avto-transformator nadomesti dušilka, za vžig sijalke pa poskrbi preprosto elektronsko vezje, ki proizvede pulz napetosti nad 750 V. Stabilizacijska veja elektronske predstikalne naprave vzdržuje stabilen elektronski tok v sijalki. S kompenzacijskim kondenzatorjem kompenziramo faktor delavnosti (glej sliko 52).



Slika 52: Elektronska predstikalna naprava za nizkotlačne natrijeve sijalke

### Elektromagnetne predstikalne naprave za visokotlačne živosrebrove sijalke

Visokotlačna živosrebroma sijalka ima v gorilniku dve delovni elektrodi. Spodnji delovni elektrodi je preko ohmskega upora dodana grelna oziroma vžigalna elektroda. Ta elektroda je nameščena zelo blizu spodnje delovne elektrode. Ko sijalko priključimo na električno napetost, pride med delovno in grelno elektrodo do obloka, ki segreje plin v gorilniku in upari živo srebro. V gorilniku se poveča tlak in tudi število nosilcev naboja, nakar se vžge oblok med glavnima elektrodama (temperatura v gorilniku je 600 °C). Čas zagona do nazivnega svetlobnega toka traja do 5 minut. Ko je sijalka ogreta, takojšen ponovni vžig ni možen. Vžigna napetost naraste preko 230 V. Za ponovni vžig se mora ohladiti (do 5 min). Za pravilno delovanje potrebujemo dušilko, saj je obratovalna napetost tega tipa sijalke okoli 120 V. Za delovanje tovrstnih sijalk elektronska predstikalna naprava ne obstaja.

### Elektromagnetne predstikalne naprave za visokotlačne natrijeve in kovinsko-halogenidne sijalke

Visokotlačne natrijeve in kovinsko-halogenidne sijalke lahko obratujejo z istimi predstikalnimi napravami. Pri visokotlačnih natrijevih in kovinsko-halogenidnih sijalkah poznamo elektromagnetne (glej sliko 53) in elektronske predstikalne naprave.



Za vžig tovrstnih sijalk potrebujemo precej visoko vžigno napetost, saj le-te nimajo vžigalnih elektrod. Ustrezno vžigno napetost dosežemo s posebnimi elektronskimi vezji, ki spraznijo kondenzatorje v trenutku, ko omrežna napetost doseže maksimalni vrednost. Nastal impulz v dušilki inducira visoko napetost, ki se prišteje omrežni napetosti in zadošča, da se sijalka vžge. Impulz vžigne napetosti znaša med 3 kV in 5 kV. S povišano temperaturo plina v gorilniku se poviša tudi prebojna trdnost plina v gorilniku. Za vžig vročih sijalk so potrebni napetostni impulzi med 25 kV in 70 kV. To lahko dosežemo s posebno predstikalno napravo, ki poleg dušilk in transformatorja vsebuje tudi iskrišče. S tako visoko napetostjo je mogoče vžigati samo sijalke, ki imajo kontakta na obeh koncih, saj pri sijalkah z navojnim vznožkom obstaja možnost preboja izolacije na vznožku.



Slika 53: Klasična predstikalna naprava za visokotlačne natrijeve in kovinsko-halogenidne sijalke

### **Elektronske predstikalne naprave za visokotlačne natrijeve in kovinsko-halogenidne sijalke**

Velika večina visokotlačnih sijalk še vedno obratuje z elektronskimi predstikalnimi napravami (glej sliko 54). Elektronske predstikalne naprave zaradi nekaterih slabosti niso doživele takega razcveta, kot se je to zgodilo pri fluorescentnih sijalkah. Tekom obratovanja sijalk se je izkazalo, da oblok v gorilniku pri visokih frekvencah v kHz področju gori zelo nemirno. Posledica tega je bilo migetanje, utripanje, včasih pa je sijalka celo ugasnila. Poleg tega so elementi v elektronski predstikalni napravi oddajali neželene zvoke, ki so bili zelo moteči. Začetne težave so s časom odpravile z delovanjem sijalk na nižjem frekvenčnem območju. Pred klasičnimi predstikalnimi napravami imajo kar nekaj prednosti, vendar tako široke uporabe kot elektronske predstikalne naprave za fluorescentne sijalke niso dosegle.

Elektronske predstikalne naprave odpravljajo utripanje svetlobe (t. i. stroboskopski efekt), podaljšajo življenjsko dobo sijalk, pomagajo k bolj stabilni barvni temperaturi svetlobe in nekoliko zmanjšajo porabo električne energije. Možna je tudi regulacija svetlobnega toka, ki je lahko stopenjska ali zvezna. Sijalk ne zatemnjujemo pod 50 % svetlobnega toka, ker bi to zelo skrajševalo njihovo življenjsko dobo. Pri zatemnjevanju pod 50 % z elektrod izpareva več volframa kot pri polnem svetlobnem toku, kar povzroči predčasno pregorenje elektrod. Izpareli material se nalaga na stene gorilnika sijalk, ki zaradi tega počrni, s tem se jim zmanjša svetlobni izkoristek.

Sodobne elektronske predstikalne naprave za visokotlačne sijalke imajo vgrajene različne elektronske sisteme, ki poskrbijo za vžig sijalke, njeno pravilno delovanje in nadzor sijalke. Elektronska predstikalna naprava pretvori sinusni signal omrežne

napetosti in frekvence v pulzno širinsko moduliran signal frekvence med 100 Hz in 240 Hz. Za optimalen vžig sijalke je potreben visokonapetostni impulz nad 4.5 kV. Za vžig toplih sijalk potrebujemo posebne elektronske predstikalne naprave, ki omogočajo generiranje vžignega napetostnega impulza 70 kV.



Slika 54: Elektronska predstikalna naprava za visokotlačne sijalke

### Napajalniki za svetleče diode – LED

Svetleče diode za svoje delovanje potrebujejo konstanten vir električnega toka (glej sliko 55). Signalne svetleče diode se napajajo s tokom do 30 mA, svetleče diode namenjene razsvetljavi pa se napajajo s tokom preko 1 A. Posamezna svetleča dioda ima razmeroma majhen padec napetosti, ki znaša med 1 V in 4 V. Pri zaporednih vezavah svetlečih diod je potrebno vedno paziti, da njihov skupni padec napetosti ne prekorači največje izhodne napetosti napajalnika, ki je po navadi med 12 V in 30 V. Nazivne moči napajalnikov so običajno okoli 100 W. Ena največjih prednosti svetlečih diod je enostavnost spreminjanja njihovega svetlobnega toka. Svetlobni tok lahko spreminjamo od 0 % pa vse do 100 % nazivne vrednosti, kar je mogoče le še pri žarnicah.



Slika 55: različne izvedbe napajalnikov za LED

## 6.5 Razsvetljava po področjih uporabe

<b>Splošne površine v zgradbah</b>	<b>Evz (lx)</b>	<b>UGR</b>	<b>Ra (CRI)</b>	<b>Pripombe</b>
Veže in predverja	100	22	60	
Prehodi in hodniki	100	28	80	
Stopnice, tekoče stopnice, pomični trakovi	150	25	40	
Kantine	200	22	80	
Prostori za odmor	100	22	80	
Prostori za telovadbo	300	22	80	
Garderobe, umivalnice, kopalnice, toaletni prostori	200	25	80	
Obratni prostori, stikališča	200	25	60	
Nadzorni prostori, centri vodenja	500	19	80	
Skladišča, shrambe, hladilnice	100	25	60	200 lx pri stalni prisotnosti
Nadzorne postaje	150	22	60	200 lx pri stalni prisotnosti
Prostori za zdravniško oskrbo	500	16	90	

Tabela 8: Zahteve osvetlitve za splošne površine v zgradbah

<b>Prostori za izobraževanje</b>	<b>Evz (lx)</b>	<b>UGR</b>	<b>Ra (CRI)</b>	<b>Pripombe</b>
Šolski igralni prostori	300	19	80	
Razredi predšolske vzgoje (vrtci, jasli)	300	19	80	
Prostori predšolske dejavnosti	300	19	80	
Učilnice osnovnih in srednjih šol	300	19	80	razsvetljavo naj bo moč regulirati
Učilnice za večerni pouk in izobraževanje odraslih	500	19	80	
Predavalnice	500	19	80	razsvetljavo naj bo moč regulirati
Šolska tabla	500	19	80	preprečiti je treba refleksije
Demonstracijska miza	500	19	60	v predavalnicah 750 lx
Učilnice za likovne vzgoje in ročnih del	500	19	80	
Delovni prostori na umetniških šolah	750	19	90	T > 5000 K
Prostori za tehnično risanje	750	16	80	
Prostori za praktična dela in laboratoriji	500	19	80	
Učne delavnice	500	19	80	
Glasbene učilnice (vadnice)	300	19	80	
Računalniške učilnice (vadnice)	500	19	80	upoštevati tudi zahteve za mesta s slikovnimi enotami
Laboratoriji za tuje jezike	300	19	80	
Študentski skupni prostori in dvorane za srečanja	200	22	80	
Učiteljske zbornice, kabineti	300	22	80	
Športne dvorane, telovadnice, plavalni bazeni	300	22	80	

*Tabela 9: Zahteve osvetlitve za izobraževalne prostore*

<b>Pekarne</b>	<b>Evz (lx)</b>	<b>UGR</b>	<b>Ra (CRI)</b>	<b>Pripombe</b>
Prostori za pripravo in peko	300	22	80	
Končna obdelava, glaziranje, dekoriranje	500	22	80	

*Tabela 10: Zahteve osvetlitve za pekarne*

<b>Živilska industrija</b>	<b>Evz (lx)</b>	<b>UGR</b>	<b>Ra (CRI)</b>	<b>Pripombe</b>
Delovna mesta in cone v pivovarnah, sladarnah, za pranje, polnjenje sodov, čiščenje, sejanje, lupljenje, priprava konzerviranih in čokoladnih živil, delovna mesta in cone v tovarnah sladkorja, za sušenje in fermentiranje surovega tobaka, kleti za kvašenje	200	25	80	
Sortiranje in pranje pridelkov, mletje, mešanje, pakiranje	300	25	80	
Delovna mesta in cone v klavnicah, mesarijah, mlekarnah, mlinih, na prečiščevalnih podih, v rafinerijah sladkorja	500	25	40	
Rezanje in sortiranje sadja in zelenjave	300	25	80	
Izdelovanje delikatesnih izdelkov, kuhinjska dela	500	22	80	
Delo pri izdelovanju cigar in cigaret	500	22	80	
Nadziranje steklenic in kozarcev, kontrola izdelkov, garniranje, sortiranje, dekoriranje	500	22	80	
Laboratoriji	500	19	80	

Tabela 11: Zahteve osvetlitve za živilsko industrijo

<b>Lesna in pohištvena industrija</b>	<b>Evz (lx)</b>	<b>UGR</b>	<b>Ra (CRI)</b>	<b>Pripombe</b>
Avtomatska obdelava, npr. sušenje, izdelovanje vezanih plošč	50	25	40	
Parne kopeli	150	28	40	
Žage	300	25	60	preprečiti stroboskopski efekt
Dela na skobeljniku, lepljenje, sestavljanje	300	25	80	
Poliranje, lakiranje, modelno mizarstvo	750	22	80	
Dela na lesnoobdelovalnih strojih npr. struženje, žlebljenje, oplemenitenje, izravnavanje, upogibanje (spojitev), rezanje, žaganje, rezkanje	500	19	80	preprečiti stroboskopski efekt
Izbira lesa za furniranje, intarzije,...	750	22	90	T vsaj 4000 K

Tabela 12: Zahteve osvetlitve za lesno in pohištveno industrijo

<b>Prireditveni prostori</b>	<b>Evz (lx)</b>	<b>UGR</b>	<b>Ra (CRI)</b>	<b>Pripombe</b>
Gledališke in koncertne dvorane	200	22	80	
Večnamenske dvorane	300	22	80	
Prostori za vaje, oblačilnice (garderoba)	300	22	80	razsvetljava pri zrcalu za ličenje ne sme bleščati
Muzeji (splošno)	300	19	80	razsvetljavo je treb prilagoditi zahtevam razstavljenih predmetov in te zaščititi pred učinki sevanja

*Tabela 13: Zahteve osvetlitve za prireditvene prostore*

<b>Uradi</b>	<b>Evz (lx)</b>	<b>UGR</b>	<b>Ra (CRI)</b>	<b>Pripombe</b>
Urejanje dokumentov, kopiranje, prometne cone itd	300	19	80	
Pisanje, tipkanje, branje, obdelava podatkov	500	19	80	upoštevati tudi zahteve za mesta s slikovnimi enotami
Tehnično risanje	750	16	80	
Delovna mesta za računalniško podprto načrtovanje (CAD)	500	19	80	upoštevati tudi zahteve za mesta s slikovnimi enotami
Prostori za konference in seje	500	19	80	razsvetljavo naj bo moč regulirati
Sprejemni pult	300	22	80	
Arhiv	200	25	80	

*Tabela 14: Zahteve osvetlitve za urade*

<b>Knjižnice</b>	<b>Evz (lx)</b>	<b>UGR</b>	<b>Ra (CRI)</b>	<b>Pripombe</b>
Knjižne police	200	19	80	
Čitalnice (področja za branje)	500	19	80	
Izposoja knjig	500	19	90	

*Tabela 15: Zahteve osvetlitve za knjižnice*

## 7. Vzdrževanje sistema razsvetljave

Življenjska doba svetlobnega vira sicer ni fotometrična veličina, jo pa zaradi popolnosti informacije vseeno navajamo na tem mestu. Obstaja več načinov definicije življenjske dobe svetlobnega vira. Pri navadni žarnici, ki je bila eden prvih električnih svetlobnih virov je stvar razmeroma preprosta. Življenjska doba je čas v katerem bo žarnica pregorela. Ker pa vse žarnice ne pregorijo v enakem času, je bilo potrebno življenjsko dobo definirati na podlagi povprečja. Tako je pri navadni žarnici življenjska doba čas v katerem odpove 50 % žarnic, oziroma po katerem še sveti 50 % žarnic. Podobno je življenjska doba definirana tudi pri različnih vrstah sijalk, ki po določenem času odpovedo ne da bi se jim prej pomembno zmanjšal svetlobni tok. Poleg življenjske dobe, definirane na podlagi 50 % preživetja poznamo tudi življenjsko dobo, ki je definirana na podlagi 75 % preživetja. Če je življenjska doba vira navedena samo z urami, gre običajno za podatek o času 50 % preživetja (oziroma odpovedi). Taka definicija življenjske dobe pa naleti na težave pri svetlobnih virih, ki ne poznajo popolne odpovedi po določenem času, pač pa postanejo neuporabni zaradi drugih lastnosti. Primer so na primer svetleče diode (LED), ki lahko svetijo (teoretično) neskončno dolgo. Vendar pa jim s časom upada svetlobni tok in zaradi tega po določenem času niso več primerne za uporabo, saj ne zagotavljajo več na primer ustrezne osvetljenosti prostora. V tem primeru je življenjska doba definirana na podlagi zmanjšanja svetlobnega toka. Običajno se podaja čas v katerem svetlobni tok vira pade na 70 % začetne vrednosti. Taka življenjska doba se običajno označi z oznako L70 in številom ur (na primer L70 50.000 h).

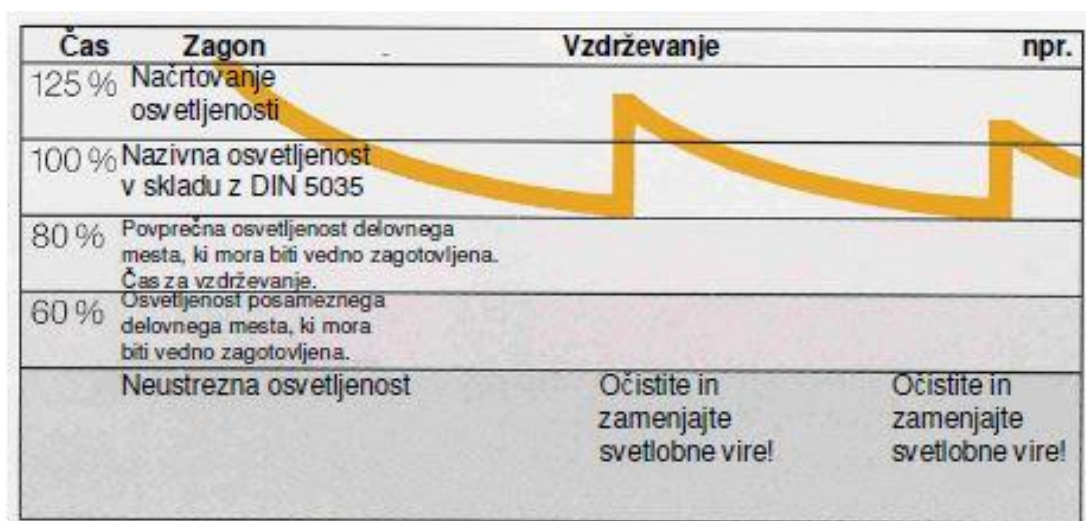
Možno je seveda podajanje tudi drugih časov, na primer do zmanjšanja svetlobnega toka na 80 % ali 50 % in podobno.

Pri načrtovanju razsvetljave je potrebno zadostiti tudi zahtevi po lahkem in cenovno sprejemljivem vzdrževanju svetlobno-tehnične opreme. Pri tem moramo upoštevati tako menjavo svetlobnih virov, kot tudi vzdrževanje in čiščenje svetilk. To je pomembno predvsem na velikih objektih, kjer ti stroški niso zanemarljivi, saj je potrebno za menjavo svetlobnih virov na primer najeti posebno opremo (dvižne ploščadi) in ustrezno kvalificirano delovno silo (z dovoljenjem za delo na višini).

Projekt vzdrževanja razsvetljave je sestavni del projekta razsvetljave, zato mora projektant že pri izbiri svetlobnih virov in svetilk pomisliti tudi na možnosti njihovega vzdrževanja. Življenjska doba izbranih svetlobnih virov in tip izbranih svetilk vplivata na pogostost potrebnega vzdrževanja. Prav tako da na to vpliva tudi dejavnost v prostoru. V bolj prašnih prostorih je potrebno svetilke čistiti bolj pogosto kot v čistih prostorih. Na drugi strani pa so seveda stroški, povezani s posameznim vzdrževalnim posegom. Če si pri manjših (in nižjih) prostorih (stanovanjske stavbe, individualne pisarne, sanitarni prostori,...) lahko privoščimo menjavo svetlobnega vira vsakokrat ko odpove, pa je to pri velikih in visokih prostorih enostavno predrago. V nekaterih primerih pa celo nemogoče (npr. bazeni ali zelo frekventni prostori kot so avle na železniških postajah in letališčih). Pogostost vzdrževanja pri projektiranju določimo posredno preko faktorja vzdrževanja (tudi faktor načrtovanja), ki ga upoštevamo pri izračunu potrebnega števila svetilk glede na zahtevano osvetljenost v prostoru. Višji faktor vzdrževanja pomeni, da bo začetna osvetljenost v prostoru ustrezno višja od t.i. vzdrževane osvetljenosti, ki jo zahteva standard. To pa pomeni, da bo čas, v katerem bo, zaradi staranja svetlobnih virov, njihove odpovedi in zmanjšanja odsevnosti materialov v svetilkah (zaradi nabiranja prahu), osvetljenost padla pod vzdrževano

osvetljenost (po standardu), ustrezno daljši (glej sliko 56). Običajno vrednost faktorja vzdrževanja je 0,8 (ali 1,25 – recipročna vrednost), kar pomeni da je začetna vrednost osvetljenosti 25 % večja od zahtevane po standardu. V zelo čistih prostorih in v prostorih, kjer vzdrževanje razsvetljave ni problem, lahko izberemo tudi ustrezno večjo vrednost (0,85 – zelo čisti prostori, sprotna menjava svetlobnih virov, redno letno čiščenje). Nasprotno pa moramo v prostorih, kjer je zapašenost večja ali pa je problem vzdrževanje, izbrati ustrezno manjšo vrednost (0,67 – čisti prostori, triletni vzdrževalni cikel; 0,57 – notranja in zunanja razsvetljava, normalno čisti prostori, triletni vzdrževalni cikel).

Ob poznavanju predvidenih datumov potrebnega vzdrževanja lahko optimiramo proces vzdrževanja (npr. predvidimo hkratno vzdrževanje v več prostorih) in tako zmanjšamo stroške npr. najema opreme in delovne sile.



Slika 56: Graf – prikaz vzdrževanja glede na osvetljenost



## 8. Izračun porabe energije in zahteve glede instalirane moči

Poleg opisanih računskih metod se lahko uporabijo tudi druge metode, ki niso navedene v nadaljevanju.

### 8.1 Izračun porabe energije - osnovno

Zahteve glede inštalirane moci  $P_{el, \text{prostor}}$  = št. svetilk x  $P_{\text{svetilke}}$

kjer je:  $P_{\text{svetilke}}$  =  $P_{\text{virov}}$  +  $P_{\text{(PREDSTIKALNIH NAPRAV)}}$

1. Izračun moči:

12 svetilk 2 x 58 W +  $P_{\text{(PREDSTIKALNIH NAPRAV)}}$ :

$$12 \times (2 \times 58 + 2 \times 13) = 12 \times 142 \text{ W} = 1.704 \text{ Watt}$$

2. Izračun porabe:

Poraba energije kWh/leto =  $P_{el, \text{prostor}}$  x čas delovanja/leto x faktor izrabe  $f_v$

Čas delovanja 3.000 ur, faktor izrabe 0,6

$$1.704 \times 3.000 \text{ h} \times 0,6 = 3.067,2 \text{ kWh/leto}$$

3. Povprečna gostota moči:

Povprečna gostota moči  $W/m^2$  =  $P_{el, \text{prostor}}$  / površina prostora A

Moč svetilk = 1.704 Watt, površina 100 m<sup>2</sup>

$$1.704 \text{ W} / 100 \text{ m}^2 = 17,4 \text{ W/m}^2$$

## 8.2 LENI indeks

Iz opisov strategij vodenja razsvetljave je razvidno, da obstaja več ukrepov za izboljšanje učinkovite rabe energije za razsvetljavo, vendar se ti ukrepi nanašajo na porabljeno energijo in ne na instalirano moč. To v grobem pomeni, da če za krmiljenje razsvetljave prostorov uporabljamo katero od zgoraj naštetih metod, inštalirana moč svetilk v nekem časovnem obdobju ne pomeni tudi dejanske porabe, ampak moramo upoštevati tudi določene faktorje, ki vključujejo prihranke zaradi krmiljenja. Za ta namen je CIE predlagala splošen računski model za energijsko ovrednotenje porabe el. energije za razsvetljavo: LENI indeks (Lighting Energy Numeric Indikator), ki je uporabljen tudi v evropskih standardih.

V splošnem nam LENI indeks služi za prikaz koliko električne energije porabimo vsako leto za osvetljevanje 1 m<sup>2</sup> prostora, ob predpostavki da razsvetljava izpolnjuje predpisano vrednost osvetljenosti prostora. Izračune s pomočjo tega modela lahko uporabimo:

- kot oceno porabe električne energije za razsvetljavo,
- za preverjanje prihrankov električne energije s krmiljenjem razsvetljave,
- za revidiranje obstoječe razsvetljave v stavbi,
- za preverjanje, ali je predvidena razsvetljava skladna z energetskimi merili.

Ta indeks se uporablja tudi kot merilo za energetska učinkovitost pri projektiranju nove ali sanaciji obstoječe razsvetljave. Postopek za izračun indeksa je podrobno naveden v standardu EN 15193-1-2014.

LENI indeks lahko določimo po treh različnih metodah, ki jih preprosto imenujemo metoda 1, metoda 2 in metoda 3. Metodi 1 in 2 sta računski oz. končni rezultat pridobimo s pomočjo preračuna podatkov razsvetljave, metoda 3 pa predvideva pridobitev rezultatov s pomočjo meritev. Za metodo 1 in 2 uporabljamo tudi izraz razširjena ali hitra metoda. Pri metodi 1 oz. razširjeni metodi različne faktorje v enačbi obravnavamo in določamo bolj podrobno kot pri metodi 2 oz. hitri metodi, kjer večino faktorjev enačbe določamo na podlagi predlaganih povprečnih podatkov iz tabel, ki so dodane k standardu. Potek izračunov za obe metodi je prikazan v nadaljevanju.

### 8.3 Izračun indeksa LENI – metoda 1 (razširjena metoda)

Kot je bilo omenjeno že zgoraj, metoda 1 predstavlja podrobno obravnavo in analizo razsvetljave v prostoru oz. v stavbi. V enačbah se pojavi več spremenljivk oz. faktorjev, preko katerih poleg same moči svetilk upoštevamo še vpliv krmiljenja, prisotnosti dnevne svetlobe in faktorja vzdrževanja razsvetljave na učinkovitost razsvetljave.

Končni rezultat predstavlja LENI indeks stavbe, ki nam pove koliko kWh električne energije porabimo za osvetlitev 1 m<sup>2</sup> prostora v enem (1) letu. Za končni rezultat pa potrebujemo različne podatke, preko katerih določimo vse parametre v enačbi.

Postopek za izračun LENI indeksa po razširjeni metodi je sledeč:

$$P_{em} = \sum_i P_{el}$$

Kjer je:

$P_{em}$  – skupna inštalirana moč napajanja vseh luči za zasilno razsvetljavo v prostoru ali objektu (W)

$P_{el}$  – moč napajanja posamezne luči za zasilno razsvetljavo (W)

$$P_{pc} = \sum_i P_{ci}$$

Kjer je:

$P_{pc}$  – skupna parazitna moč napajanja vseh krmilnih sistemov za razsvetljavo v prostoru ali objektu, kadar svetilke ne obratujejo (W)

$P_{ci}$  – parazitna moč napajanja posameznega krmilnega sistema za razsvetljavo, kadar svetilke ne obratujejo (W)

$$P_n = \sum_i P_i$$

Kjer je:

$P_n$  – skupna inštalirana moč vseh svetilk v prostoru ali območju (W)

$P_i$  – inštalirana moč posamezne svetilke (W)

$$t_o = t_D + t_N$$

Kjer je:

$t_o$  – število ur na leto, kadar razsvetljava obratuje (h)

$t_D$  – število ur na leto, kadar razsvetljava obratuje podnevi (h)

$t_N$  – število ur na leto, kadar razsvetljava obratuje ponoči (h)

$$W_L = \frac{\sum (P_n \cdot F_C) \cdot [(t_D \cdot F_O \cdot F_D) + (t_N \cdot F_O)]}{1000} (kWh)$$

Kjer je:

$W_L$  – poraba energije za razsvetljavo na letni ravni, v katero je vključena poraba vseh svetil in predstikalnih naprav (kWh)

$P_n$  – skupna inštalirana moč vseh svetilk v prostoru ali objektu (W)

$F_C$  – faktor konstantne osvetljenosti

$T_D$  – število ur na leto, kadar razsvetljava obratuje podnevi (h)

$F_O$  – faktor odvisnosti glede na prisotnost oz. zasedenost v prostoru

$F_D$  – faktor odvisnosti glede na dnevno svetlobo

$T_N$  – število ur na leto, kadar razsvetljava obratuje ponoči (h)

$$W_P = \frac{\sum ((P_{PC} \cdot [t_Y - (t_D + t_N)]) + (P_{em} \cdot t_e))}{1000} (kWh)$$

Kjer je:

$W_P$  – poraba parazitne energije na letni ravni, v katero je vključeno napajanje zasilne razsvetljave in krmilnega sistema razsvetljave v pripravljenosti (kWh)

$P_{PC}$  – skupna parazitna moč napajanja vseh krmilnih sistemov za rasvetljavo v prostoru ali objektu, kadar svetilke ne obratujejo (W)

$t_Y$  – število ur v enem letu (8760h)

$t_D$  – število ur na leto, kadar razsvetljava obratuje podnevi (h)

$t_N$  – število ur na leto, kadar razsvetljava obratuje ponoči (h)

$P_{em}$  – skupna instalirana moč napajanja vseh luči za zasilno razsvetljavo v prostoru ali objektu (W)

$t_e$  – število ur na leto, kadar se polnijo baterije za zasilno razsvetljavo (h)

$$W = W_L + W_P$$

Kjer je:

$W$  – skupna poraba energije na leto, ki je potrebna za razsvetljavo v prostoru ali območju (kWh/leto)

$W_L$  – poraba energije za razsvetljavo na letni ravni, v katero je vključena poraba vseh svetil in predstikalnih naprav (kWh/leto)

$W_P$  – poraba parazitne energije na letni ravni, v katero je vključeno napajanje zasilne razsvetljave in krmilnega sistema razsvetljave v pripravljenosti (kWh/leto)

$$LENI = \frac{W}{A} (\text{kWh} / \text{m}^2 \cdot \text{leto})$$

Kjer je:

LENI – indeks energetskega vrednotenja razsvetljave ( $\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{leto}$ )

W – skupna poraba energije na leto, ki je potrebna za razsvetljavo v prostoru ali območju ( $\text{kWh}/\text{leto}$ )

A – skupna površina obravnavanega prostora ali objekta ( $\text{m}^2$ )

Analiza enačb pokaže, da z spreminjanjem elementov v enačbah vplivamo na zmanjšanje porabe energije:

- skupno instalirano moč lahko zmanjšamo tako, da uporabimo svetlobne vire z nizko porabo energije, v kombinaciji z učinkovitimi krmilnimi napravami,
- z zatemnitvijo luči pri dnevni svetlobi, lahko bistveno pripomoremo k prihranku energije, zato je potrebno pametno prilagajanje svetlobnega toka glede na dnevno svetlobo. To naredimo s parametrom  $FD$ ,
- ure obratovanja lahko zmanjšamo skozi parameter  $FO$ , z uporabo senzorja prisotnosti, ki tako prilagaja razsvetljavo glede na prisotnost oziroma zasedenost prostora.

#### 8.4 Izračun indeksa LENI – metoda 2 (hitra metoda)

Ta metoda izračuna LENI indeksa je namenjena hitremu izračunu. Tudi v tej metodi na podlagi določenih parametrov upoštevamo dejavnike kot so krmiljenje razsvetljave, prisotnost dnevne svetlobe ter faktor vzdrževanja, vendar so z razliko od razširjene metode ti precej bolj splošni, saj večino parametrov določimo iz tabel in splošnih določil, ki jih najdemo v standardu EN 15193-1-2014.

Končni rezultat predstavlja LENI indeks stavbe, ki nam prav tako pove koliko kWh električne energije porabimo za osvetlitev 1 m<sup>2</sup> prostora v enem (1) letu. Za izračun LENI indeksa po hitri metodi, moramo določiti vse spremenljivke in parametre, ki se nahajajo v enačbi, postopek izračuna pa je sledeč:

$$LENI = \left\{ F_C \cdot \left( \frac{P_j}{1000} \right) \cdot F_O \cdot [(t_D \cdot F_D) + t_N] \right\} + 1 + \left\{ \frac{1,5}{t_Y} \cdot [t_Y - (t_D + t_N)] \right\}$$

Kjer je:

$F_C$  – faktor konstantne osvetljenosti (faktor, ki določa kolikšna mora biti začetna »predimenzioniranost« razsvetljave, da bo s časom, ko razsvetljava zaradi staranja izgublja svojo moč še vedno v predpisanih mejah osvetljenosti)

$P_j$  – inštalirana moč na m<sup>2</sup> površine (W/m<sup>2</sup>)

$F_O$  – faktor zasedenosti prostorov (faktor, ki upošteva zasedenost in uporabo prostorov glede na njihovo namembnost)

$t_D$  – čas obratovanja razsvetljave v dnevnem času (h)

$F_D$  – faktor vpliva dnevne svetlobe (faktor, preko katerega določimo kolikšen delež razsvetljave v objektu se uporablja v kombinaciji s krmiljenjem glede na vpadno dnevno svetlobo, ter kolikšna je dejanska prisotnost dnevne svetlobe v prostoru)

$t_N$  – čas obratovanja razsvetljave v nočnem času (h)

$t_Y$  – letno število ur (8760 h)

V obeh primerih lahko opazimo, da različne vplive pri učinkovitosti razsvetljave kot so strategija krmiljenja ter prisotnost dnevne svetlobe in prisotnosti, upoštevamo preko faktorjev  $F_O$ ,  $F_D$  in  $F_C$ . Do ustreznih vrednosti teh faktorjev pridemo na različne načine, ki so odvisni tudi od izbrane metode (hitra ali razširjena).

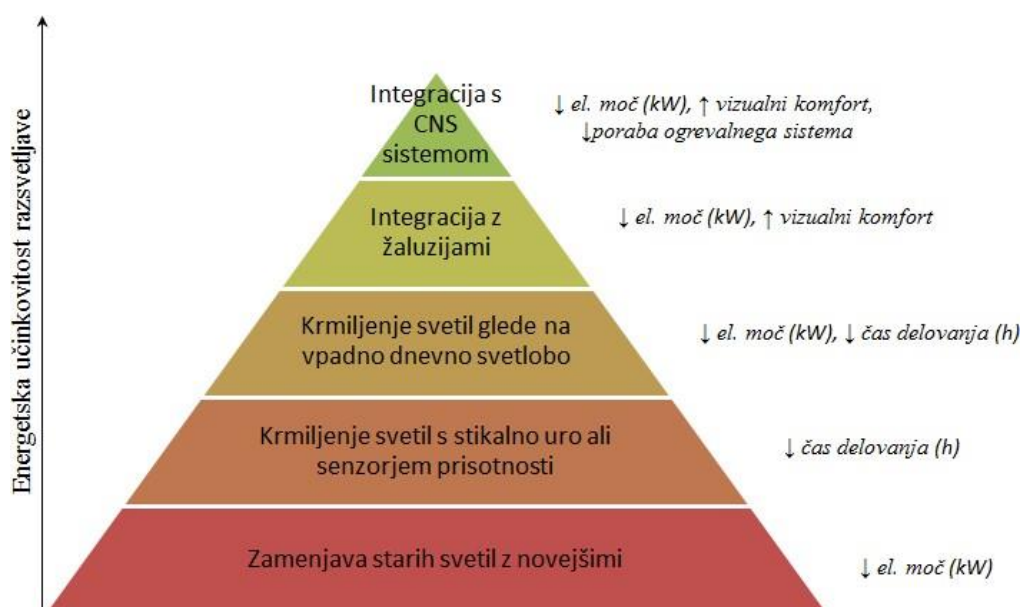
## 9. Ukrepi za doseglo energetske učinkovite razsvetljave

Prva stopnja pri energetske učinkovitosti razsvetljave je zamenjava klasičnih žarnic z varčnimi sijalkami, kar je danes aktualno predvsem v stanovanjskih stavbah. Velik delež k uporabi učinkovitejših svetlobnih virov je doprinesla uredba Evropske unije, ki danes že prepoveduje prodajo klasičnih žarnic in nekaterih neučinkovitih sijalk.

Naslednje stopnje pri zagotavljanju energetske učinkovite razsvetljave so naravnane predvsem k temu, da za zagotavljanje ustrezne osvetljenosti prostorov uporabimo čim manj nameščenih svetilk oz. da le te delujejo le takrat in le s tolikšno močjo kot je to na danem mestu v danem trenutku potrebno. Predvsem se dandanes posvečamo izkoriščanju dnevne svetlobe oz. kombinaciji dnevne in umetne svetlobe. Prvi pogoj za to je prisotnost dnevne svetlobe v prostoru, kar rešujemo z več okni na stavbah in s svetlobnimi cevmi (ang. Light tubes, na primer Solatube). Drugi pogoj za to pa je seveda ustrezna strategija krmiljenja razsvetljave, ki jih poznamo več vrst. Krmiljenje glede na prisotnost oseb v prostoru, krmiljenje glede na časovni »vozni red«, krmiljenje glede na prisotnost vpadne dnevne svetlobe ter integracija s CNS sistemom so metode, ki jih danes največkrat tudi uporabljamo (glej sliko 57).

### 9.1 Energetske učinkovita razsvetljava glede na strategijo krmiljenja

Osnovna stopnja pri varčevanju s pomočjo krmiljenja je krmiljenje razsvetljave s stikalno uro na podlagi vnaprej določenega urnika ali krmiljenje glede na prisotnost oseb v prostoru s pomočjo IR senzorjev gibanja. Naslednja stopnja pri varčevanju z energijo je krmiljenje svetilk s senzori osvetljenosti prostora (krmiljenje razsvetljave glede na prisotnost dnevne svetlobe). Zadnji in najbolj napredni stopnji krmiljenja pa sta integracija krmiljenja svetilk s krmiljenjem žaluzij ter povezava na centralni nadzorni sistem (CNS) objekta.

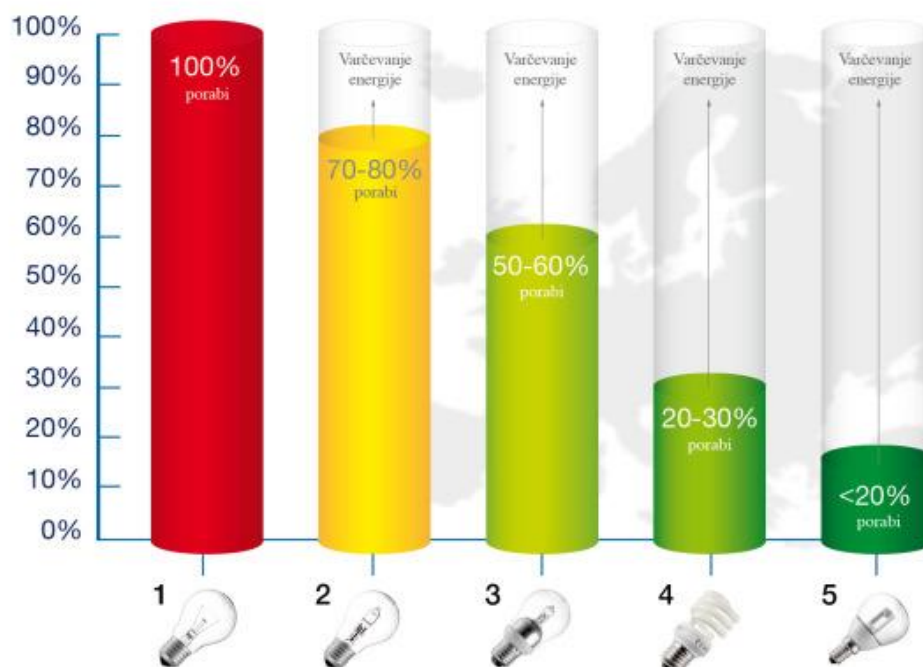


Slika 57: Prikaz prihranka energije pri različnih ukrepih

## 9.2 Zamenjava starih svetlobnih virov z učinkovitejšimi

Prva oziroma osnovno stopnjo oz. strategijo zagotavljanja energetske učinkovite razsvetljave predstavlja zamenjava zastarelih ter zelo potratnih žarnic ali sijalk z novejšimi, energijsko varčnimi sijalkami brez posebnega krmiljenja razsvetljave (ročni vklop/izklop) (glej sliko 58). V to kategorijo spada tudi menjava svetilk s fluorescenčnimi sijalkami in zastarelimi magnetnimi dušilkami s sodobnimi fluorescenčnimi sijalkami z elektronsko predstikalno napravo. S tem ukrepom lahko močno zmanjšamo inštalirano moč svetilk ter s tem tudi porabo električne energije.

### Varčevanje energije proti porabi energije



- 1: Navadne žarnice
- 2: Izboljšane žarnice (energijski razred C, halogenska žarnica, polnjena s ksenonom)
- 3: Izboljšane žarnice (energijski razred B, halogenska žarnica z infrardečim premazom)
- 4: Fluorescenčne sijalke z vznožkom (CFL)
- 5: Svetleče diode (LED)

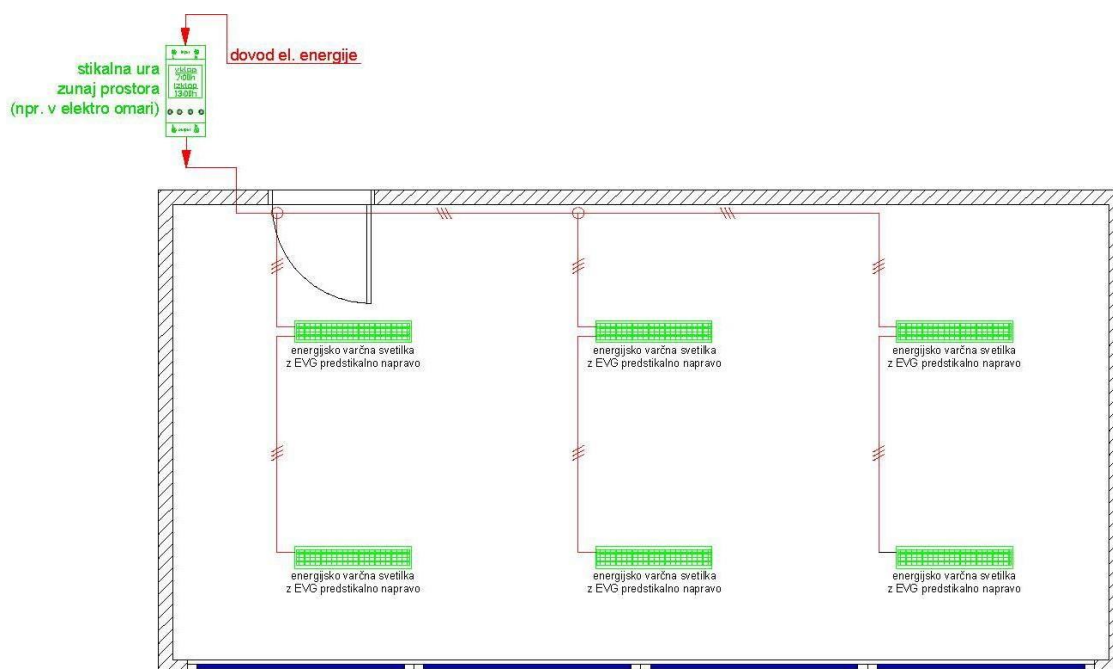
Slika 58: Prihranek energije z zamenjavo različnih žarnic, sijalk



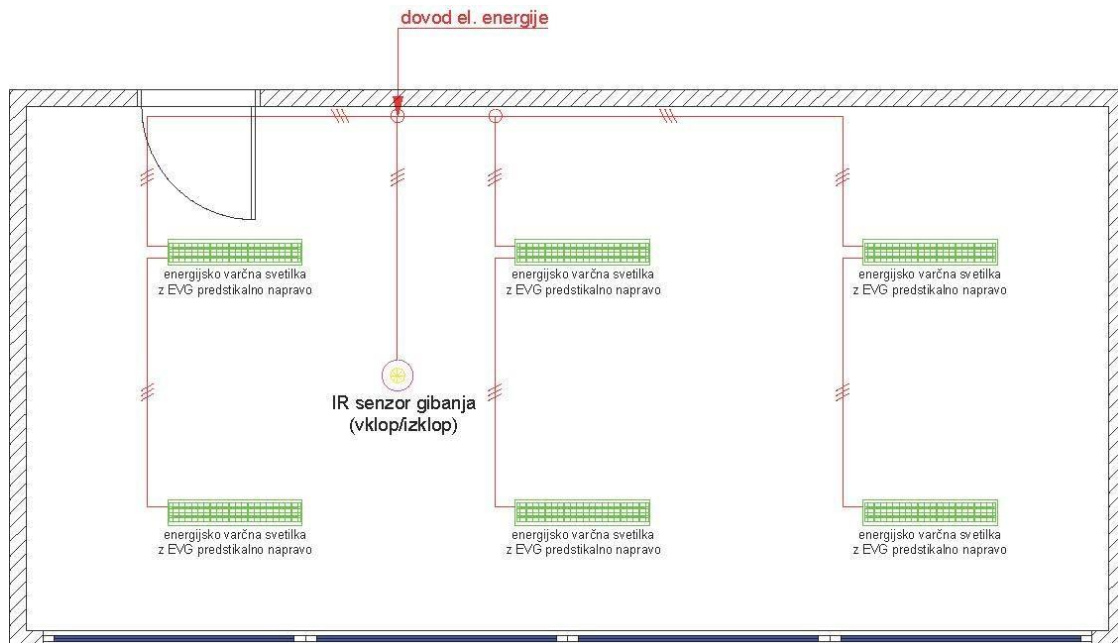
### 9.3 Krmiljenje razsvetljave s stikalno uro ali senzorjem prisotnosti

Naslednja strategija krmiljenja za zagotavljanje energetske učinkovitosti je krmiljenje razsvetljave z vnaprej nastavljenim časom delovanja ali glede na prisotnost oseb v prostoru (*glej sliko 59*). To metodo, krmiljenje z vnaprej nastavljenim časom delovanja razsvetljave, lahko uporabljamo v prostorih, kjer točno vemo, ob kateri uri mora razsvetljava delovati (npr. razsvetljava predavalnice). To metodo lahko izvedemo s pomočjo stikalne ure, preko katere lahko z določanjem urnika delovanja krmilimo razsvetljavo. Ta metoda je v praksi v notranjih prostorih precej redka. Bolj pogosto to metodo uporabljamo za krmiljenje zunanje razsvetljave na objektu.

Druga metoda, krmiljenje razsvetljave glede na prisotnost oseb v prostoru pa pri nas uporabljamo zelo veliko (*glej sliko 60*). Za delovanje takšnega sistema potrebujemo IR senzor gibanja, kateremu lahko poljubno nastavljamo občutljivost zaznavanja gibanja ter zakasnitev izklopa sistema. S tema sistemoma dosežemo predvsem to, da razsvetljava res deluje le takrat, ko je to potrebno. S to metodo lahko tako zmanjšamo čas delovanja svetilk.



Slika 59: Krmiljenje razsvetljave s stikalno uro

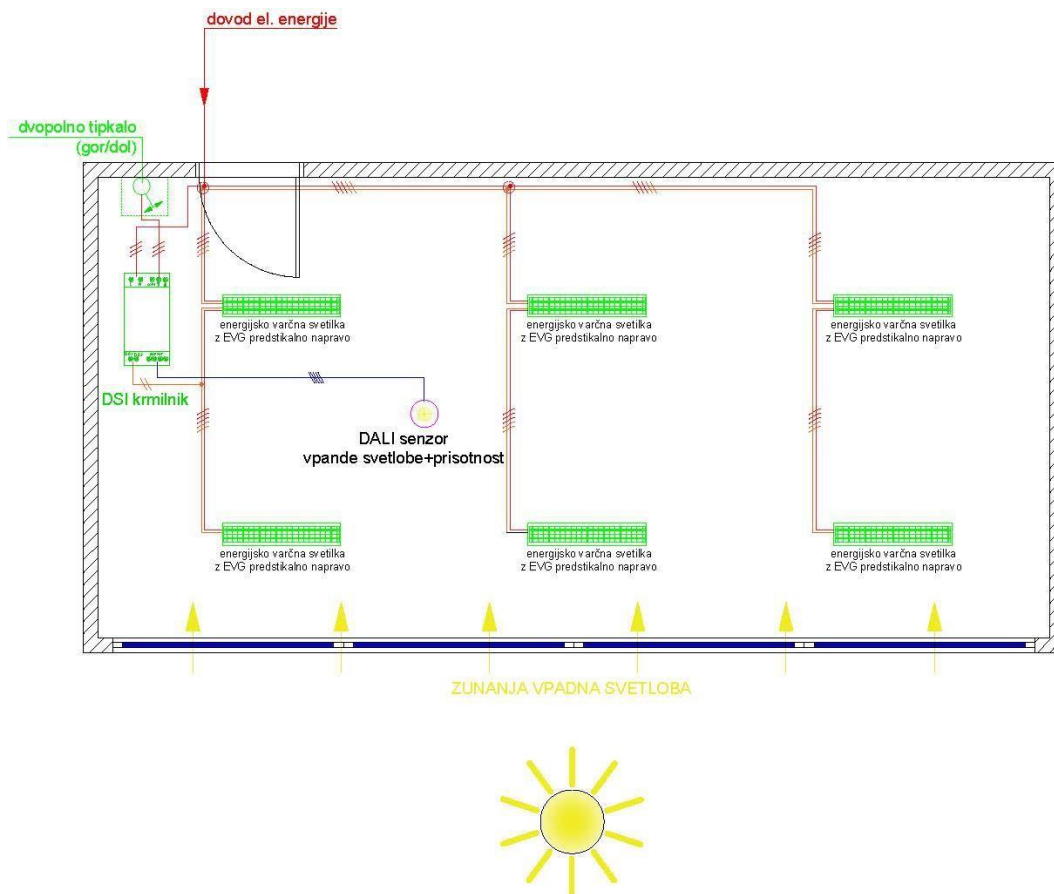


*Slika 60: Krmiljenje razsvetljave s senzorjem prisotnosti*

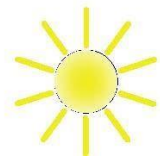
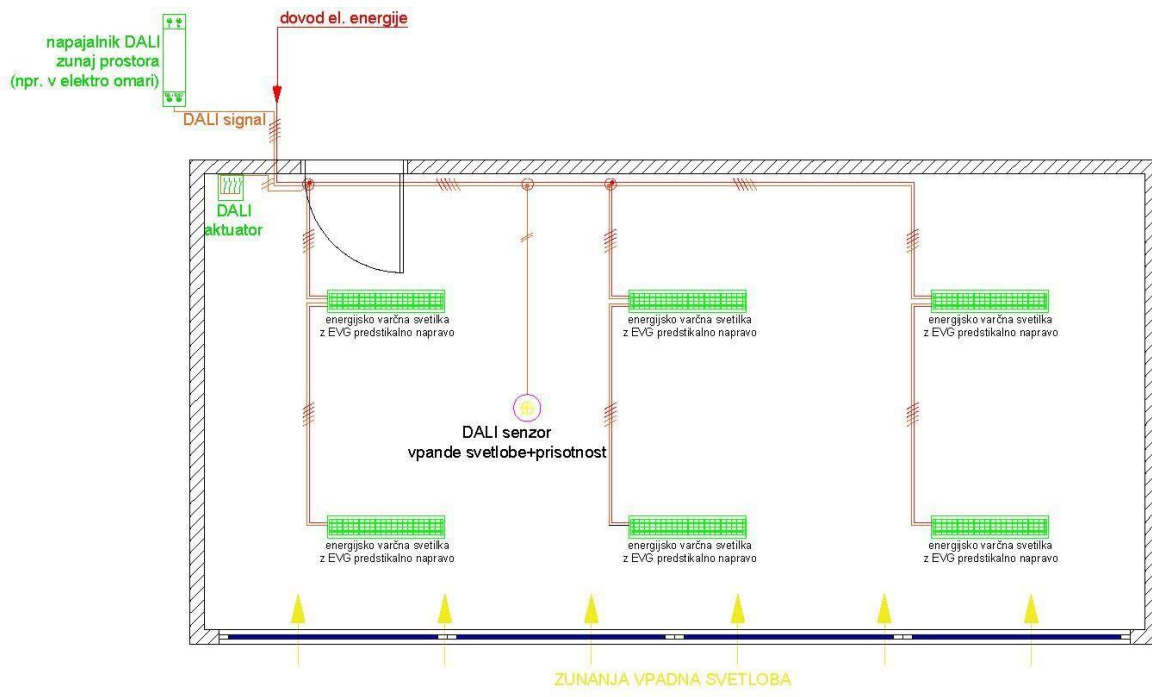
## 9.4 Krmiljenje razsvetljave glede na prisotnost dnevne svetlobe

Krmiljenje razsvetljave glede na prisotnost dnevne svetlobe temelji na senzorju osvetljenosti, ki v prostoru meri trenutno vrednost osvetljenosti prostora (glej sliko 61 in 62). Na krmilni enoti nastavimo želeno vrednost osvetljenosti. Na osnovi te vrednosti krmilnik s pomočjo senzorja osvetljenosti regulira potrebno moč svetilk v prostoru. Če je dnevne svetlobe dovolj, potem sistem izklopi vse luči, ko pa vrednost osvetljenosti pade pod referenčno vrednost, sistem doda le toliko umetne svetlobe, kolikor je potrebno, da doseže nastavljeno vrednosti osvetljenosti.

Takšen sistem se uporablja in je tudi najbolj razširjen v prostorih, kjer se nahaja večje število oken (šole, pisarne, bolnišnice,...), saj v primeru odsotnosti dnevne svetlobe takšen sistem ni smisel. Za delovanje takšnega sistema poznamo več rešitev. Najbolj razširjeno je krmiljenje s sistemom DALI ali sistemom DSI. Zgoraj navedena sistema sta danes najbolj razširjena, zelo aktualno pa je tudi še analogno krmiljenje 0-10 V, ki pa ga srečujemo vedno manj. S tem krmiljenjem dosežemo tako zmanjšanje porabe energije kot tudi zmanjšanje obratovalnih ur svetilk. Na tržišču obstajajo tudi sistemi KNX, ZigBee Light link,...



Slika 61: Krmiljenje razsvetljave s sistemom DSI

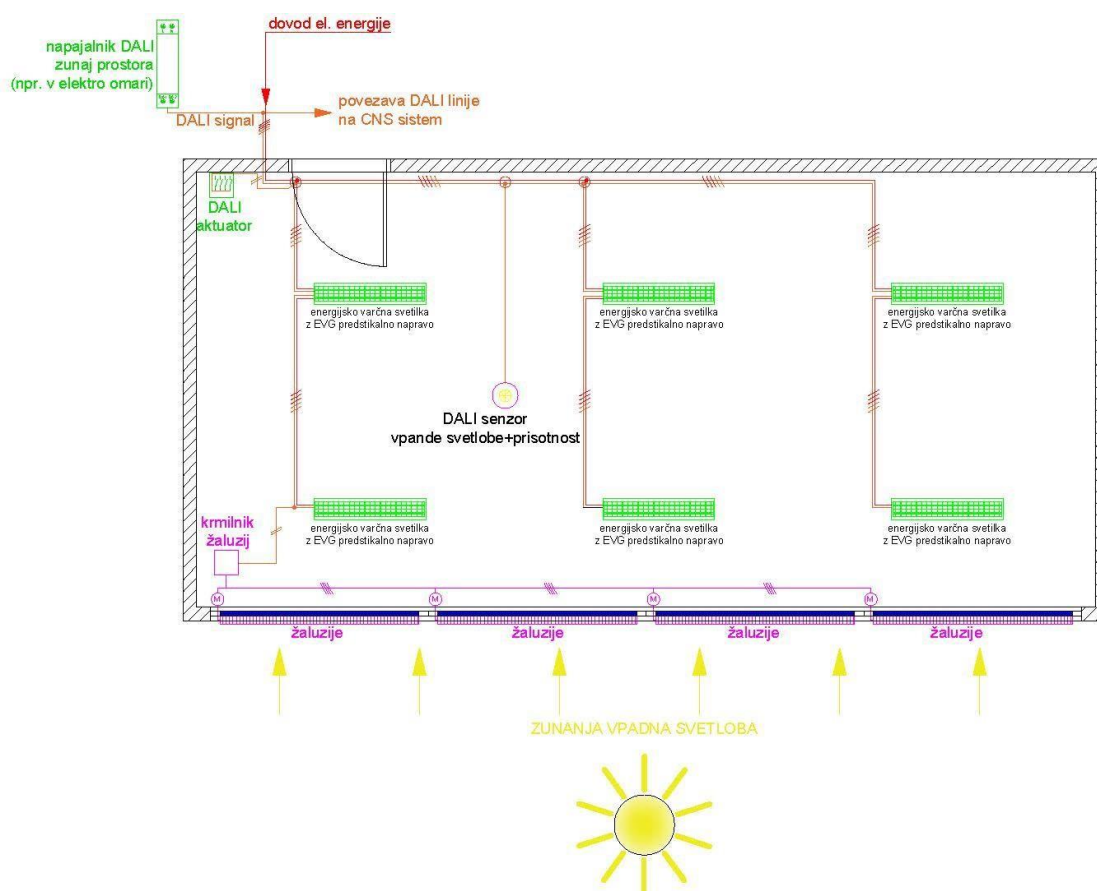


Slika 62: Krmiljenje razsvetljave s sistemom DALI

## 9.5 Integracija krmiljenja razsvetljave s krmiljenjem okenskih žaluzij ter povezava s CNS sistemom

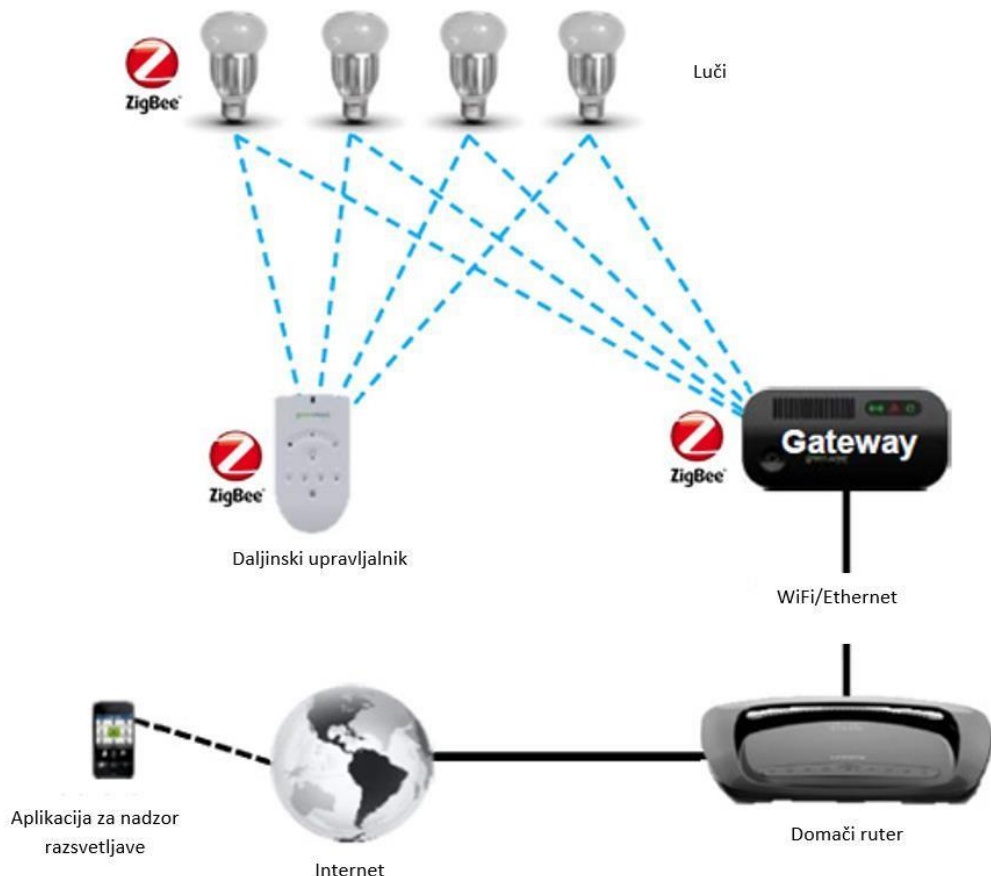
Kombinaciji krmiljenja razsvetljave s krmiljenjem okenskih žaluzij je smiselna in aktualna takrat, ko ni izvedeno krmiljenje razsvetljave glede na zunanjo vpadno svetlobo (glej sliko 63). Pri takšni kombinaciji krmiljenja skušamo doseči, da v primeru dvignjenih žaluzij razsvetljava ne deluje ali deluje z manjšo močjo. Takšno krmiljenje lahko izvedemo s pomočjo krmilnega vezja ali krmilnika v elektro omari. Nekateri sistemi za krmiljenje žaluzij pa imajo vgrajen tudi relejski izhod, ki »sporoča« položaj žaluzij in ga lahko uporabimo kot vhodni signal krmiljenju razsvetljave.

V primeru, da je v prostoru že izvedeno krmiljene razsvetljave glede na vpadno svetlobo, sistem že sam po sebi v primeru odprtih ali zaprtih žaluzij zazna prisotnost ali odsotnost dnevne svetlobe ter ustrezno prilagodi jakost umetne svetlobe v prostoru. Najbolj prilagodljiva stopnja krmiljenja razsvetljave je povezava s CNS sistemom stavbe, če ta obstaja. Sicer se CNS sistem primarno uporablja za vodenje ogrevanja in prezračevanja prostorov, v zadnjih letih pa je postalo zelo aktualno tudi povezovanje krmiljenja razsvetljave na le-tega. Osnova za povezavo krmiljenja razsvetljave s CNS sistemom je ustrezen sistem komunikacije (npr. DALI sistem s krmilnikom, ki omogoča priklop na omrežje). Bistvena prednost takšnega sistema je predvsem v možnosti nadzora parametrov celotne stavbe na enem mestu, spremljanje porabe električne energije za razsvetlavo, avtomatsko javljanje napak v sistemu (npr. okvara sijalke) ter možnost daljinskega upravljanja. V zadnjih letih se je na tem področju najbolj uveljavil sistem KNX, ki poleg krmiljenja razsvetljave, ogrevanja in prezračevanja omogoča še povezljivost požarnih alarmov, kontrole pristopa, varnostnih kamer, krmiljenje žaluzij, itd. Ta sistem je sicer pri nas še zelo redek, vendar se vedno več investitorjev odloča za takšen celovit sistem.



Slika 63: Vodenje razsvetljave s sistemom DALI in povezava na CNS sistem

Na spodnji sliki 64 je prikazan ZigBee LightLink sistem razsvetljave. Luči krmilimo brezžično z daljinskim upravljalnikom ali z aplikacijo za nadzor razsvetljave nameščeno npr. na mobilnem telefonu. Zaradi medsebojne združljivosti morajo vse omenjene komponente podpirati ZigBee protokol.



Slika 64: Krmiljenje razsvetljave z ZigBee LightLink sistemom

Naloga umetne svetlobe je, da nadomesti naravno, če je ta omejena ali ni na voljo. Na osvetlitev v prostoru vpliva letni čas, čas dneva in vreme. S pomočjo senzorja svetlobe lahko kombinirate umetno in naravno svetlobo za optimalno osvetlitev. Ko je na voljo dovolj dnevne svetlobe, se luči zasenčijo na najmanjšo jakost ali izklopijo. Senzorji so nameščeni glede na določeno situacijo v prostoru ali zunaj.

## 9.6 Predelava prostora

Boljšo in ustrežnejšo osvetlitev prostora je možno doseči tudi s predelavo samega prostora. Že s samo prerazporeditvijo delovnih (pisarne, šolske klopi,...) površin lahko dosežemo, da posamezniku omogočimo dovolj dnevne kvalitetne svetlobe v kombinaciji z umetno svetlobo. V kolikor prostor nima ustreznih odprtih za naravno svetlobo (okna,..) je možno prostor osvetliti z naravno svetlobo s pomočjo svetlobnih kupol – »solar tube« (glej sliko 65). To so svetlobniki, ki preusmerijo največjo možno količino zunanje svetlobe v notranje prostore. Te naprave imajo odlične toplotne prevodne lastnosti, saj ne prenašajo zunanje temperature v prostor niti notranje iz njega. Montaža je hitra in preprosta, brez posebnega preoblikovanja strešne konstrukcije, nereda ali drugih neprijetnosti (glej sliko 66).



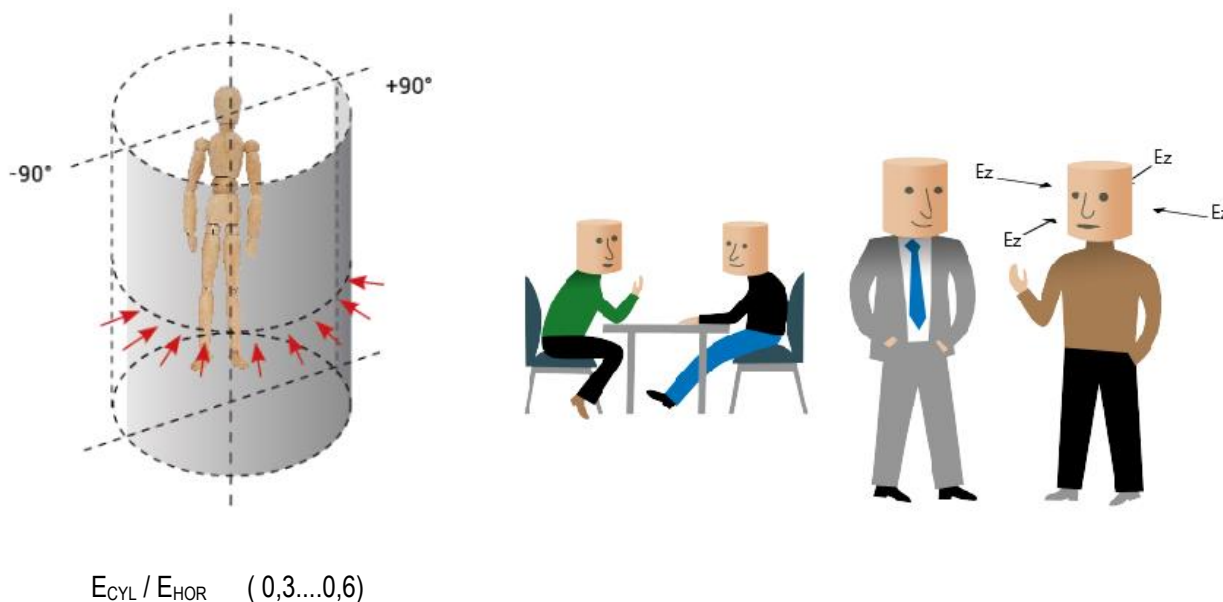
Slika 65: Prikaz prostora brez svetlobnikov in s svetlobniki



Slika 66: Izgled strešnega svetlobnika (spektralna odbojnost znaša 99,7%)

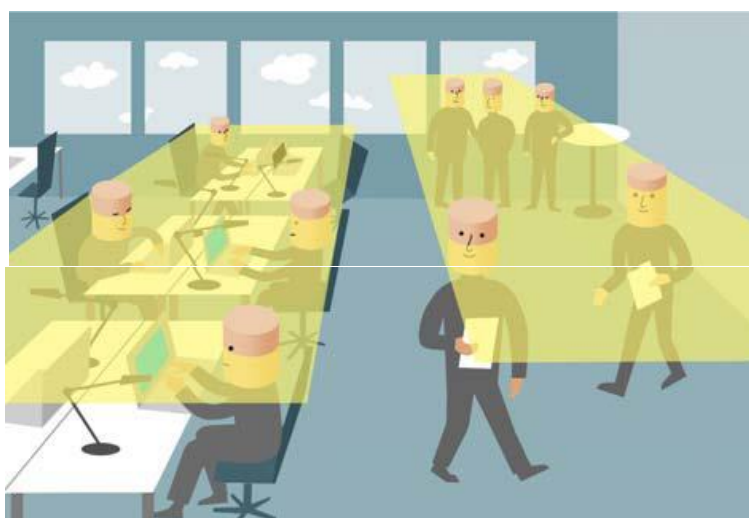
## 9.7 Projektiranje

V delovnih prostorih delovna mesta običajno postavljamo tako, da je smer dnevne svetlobe ustrezna (prihaja od levo – zgoraj). V takih primerih je potrebno umetno razsvetljava tudi prilagoditi tej razporeditvi. Z ustreznim in pravilnim projektiranjem, svetlobnotehničnim izračunavanjem razporejamo svetilke paralelno z okni, ki omogočajo, da lahko preostre sence zaradi močne dnevne svetlobe omilimo. Pri projektiranju si pomagamo z svetlobnotehničnimi programi (npr.: Relux, Dialux,...) ter glede na namembnost in lokacijo prostora uporabimo tudi ustrezne predpise, standarde in priporočila. Z modeliranjem ovrednotimo razmerje cilindrične (glej sliko 67) in horizontalne osvetljenosti (glej sliko 68):



Slika 67: Prikaz cilindrične osvetljenosti

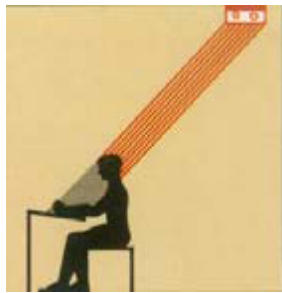
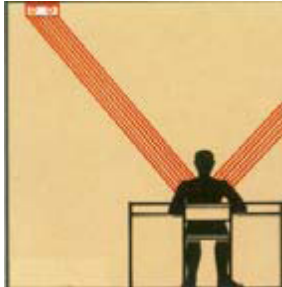
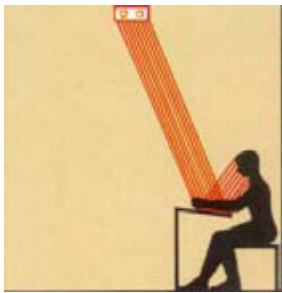
Presoja je potrebna na vseh višinah:



Slika 68: Prikaz horizontalne osvetljenosti



Preverimo in določimo tudi smer vpada svetlobe:



**Narobe:**

Svetloba od spredaj se odbija od delovne površine naravnost v oči in blešči.

**Narobe:**

Pri svetlobi od zadaj telo meče senco na delovno površino in tako zmanjšuje osvetljenost.

**Narobe:**

Pri svetlobi z desne se pri pisanju z desno roko delamo senco, ki moti.

**Pravilno:**

Svetloba z leve strani se odbije od delovne površine mimo oči pa tudi sence ni.

## 10. Metode za zbiranje podatkov

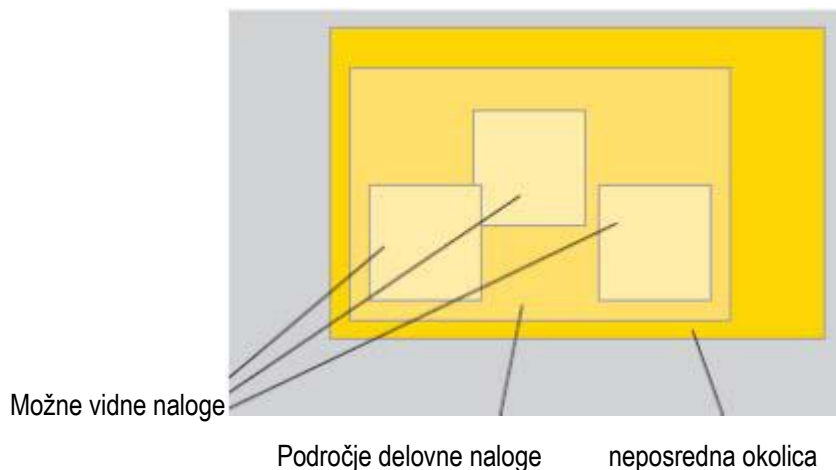
Osnova za zbiranje podatkov o obstoječi razsvetljavi prostora, okolice, so meritve razsvetljave, posnetek obstoječega stanja prostora:

- popis števila svetilk,
- tip svetilk (*glej prilogo 3: Katalog notranje razsvetljave*),
- velikost prostora,
- višina prostora,
- barva sten in stropov,
- ovire ter druge posebnosti v prostoru.

Namen meritev je ugotoviti ali razsvetjava ustreza zahtevam dejavnosti, ki se na določenem mestu (v določenem prostoru, okolici) opravlja (*glej sliko 69*). Zbirna tabela za popis notranje razsvetljave je prikazana v prilogi št. 1.

Z meritvami merimo:

- povprečno vrednost osvetljenosti vidne naloge (lx),
- enakomernost,
- povprečno vrednost osvetljenosti področja delovne naloge (lx),
- povprečno vrednost osvetljenosti neposredne okolice (lx),
- povprečno vrednost osvetljenosti območja gibanja (lx),
- povprečno vrednost osvetljenosti sten in stropa (lx),
- Ra (CCT).



Slika 69: Prikaz območij v prostoru

### 10.1 Meritve osvetljenosti, popis stanja prostora

Meritve lahko izvajamo pri razsvetljavi z dnevno svetlobo, umetni razsvetljave ali pri kombinaciji obeh. Če merimo samo umetno razsvetljavo, je meritve najboljše izvajati ponoči. Če je kljub temu prisotna vsiljena svetloba (npr. cestnih svetilk, sosednjih prostorov, objektov,...) izvedemo dve meritvi (umetna+vsiljena, samo vsiljena) in rezultate odštejemo.

Pomembno je, da meritve izvajamo tako, da je na delovnem mestu prisoten delavec v normalnem delovnem položaju (glej sliko 70). Tako lahko ocenimo tudi primernost postavitve svetilk glede na položaj delavca in morebitne moteče sence. Pazimo pa, da merilec ne povzroča senc.

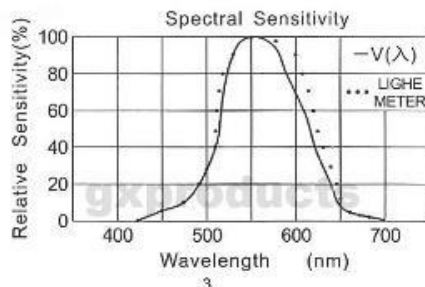


Slika 70: Meritve osvetljenosti delovnega mesta

Meritve izvajamo z merilnikom osvetljenosti (lux-meter) (glej prvi del slike 71). Pri tem pazimo predvsem na prilagojenost merilnika na spektralno občutljivost očesa (glej drugi del slike 71) in ustrezno kalibracijo.



Spectral Sensitivity Characteristic



Slika 71: izgled merilnikov, graf spektralne občutljivosti

Z meritvami sledimo standardu, torej merimo na dejanskih področjih dela (glej sliko 72). Velikost področja dela ocenimo na delovnem mestu (pisarniška dela – min. A3 format). Običajno so mesta meritve skladna s področji, ki so bila uporabljena za izračune v fazi projektiranja.



*Slika 72: Prikaz merjenja osvetljenosti pisarniške mize*

Meritev na vsakem delovnem mestu opravimo v več točkah (glej sliko 72), da lahko določimo srednjo vrednost, enakomernost, itd. Število točk je odvisno od velikosti površine, na kateri merimo osvetljenost (glej standard SIST EN 12464-1). Pred izvedbo meritev notranje razsvetljave moramo ugotoviti (tudi izmeriti) ter zabeležiti vse podatke, ki vplivajo na rezultate meritev. Pod te štejemo predvsem:

- vrsta in starost svetilk,
- vrsta svetlobnih virov in predstikalnih naprav,
- montažna višina svetilk (nadgradne, spuščene,..),
- napajalna napetost,
- temperatura v prostoru,
- odsevnost notranjih površin (ali vsaj njihova barva ter odsevne lastnosti),
- stanje razsvetljave, datum zadnjega čiščenja,
- serijske ali inventarne številke merilnih instrumentov, uporabljenih pri pregledu.

V kolikor je razsvetljava izvedena s fluorescenčnimi sijalkami, moramo pred meritvijo počakati vsaj 20 minut, da se sijalke stabilizirajo. Če pa so sijalke znotraj popolnoma zaprtih svetilk pa lahko traja tudi dlje, preden dosežejo končno temperaturo. Pri novih inštalacijah meritve izvajamo šele po vsaj 100 urah obratovanja razsvetljave, ko so svetlobni viri že ustrezno postarani, da so dosegli stabilno delovanje.

### **10.1.1 Meritve v neopremljenih prostorih**

V določenih prostorih, na primer takih, namenjenih pisarniški dejavnosti, včasih ni možno vedno določiti področja delovnih nalog, na primer če prostor še ni vseljen. V takih primerih meritve izvedemo v praznem, neopremljenem prostoru in sicer po celotnem področju prostora. Če namreč ugotovimo, da so razmere ustrezne po celotnem prostoru, potem bodo ustrezne na vseh delovnih mestih, ne glede na to, kako bodo po prostoru razporejena. Običajno lahko iz področja meritev izločimo pol-metrski pas ob stenah, saj se tam delovna mesta običajno ne nahajajo. Vendar pa so rezultati takih meritev uporabni samo, če bo prostor opremljen z nizkim in svetlim pohištvo, oziroma se bo visoko (svetlo) pohištvo nahajalo

samo ob stenah prostora. V tem primeru pohoštvo ne vpliva bistveno na osvetljenost delovnih površin. V nasprotnem primeru je potrebno meritve opraviti v opremljenem prostoru na dejanskih delovnih mestih.

Izvedbo meritev praznih prostorov začnemo tako, da v prostoru določimo ustrezna mesta merilnih točk. Običajno prostor razdelimo na kvadrate s stranicami velikosti od enega do dveh metrov. Nato v sredini vsakega kvadrata določimo merilno točko v kateri izmerimo osvetljenost. Meritev izvedemo na višini delovne ravnine. Če je ne poznamo, meritve izvajamo na višini 85 cm, če pa bodo vsa delovna mesta sedeča pa na višini 75 cm. Pri tem si je priporočljivo pomagati ustreznim stojalom (stativom) za merilni instrument.

Minimalno potrebno število merilnih točk v prostoru lahko določimo z tabelo 16:

Indeks prostora	Število točk
Pod 1	4
1 do 2	9
2 do 3	16
Več od 3	25

Tabela 16: Minimalno število merilnih točk v prostoru v odvisnosti od indeksa prostora

Pri tem indeks prostora izračunamo po naslednjem izrazu:

$$k = \frac{x \cdot y}{h \cdot (x + y)}$$

Kjer je:

k – indeks prostora

x,y – stranici prostora

h – višina svetilk nad delovno mizo

### 10.1.2 Meritve v opremljenih prostorih

V prostorih, kjer je razpored delovnih mest in s tem tudi področij dela znan že v času načrtovanja razsvetljave, meritve izvedemo v kompletno opremljenih prostorih. Prav tako je smiselno meritve v opremljenih prostorih izvesti ali ponoviti takrat, kadar se v prostoru nahajajo večji kosi pohištva, kot na primer regalne police, visoke omare in podobno. V takih primerih meritve povprečne osvetljenosti v praznem prostoru niso smiselne, saj se razmere lahko po vgradnji pohištva bistveno spremenijo. Meritve osvetljenosti v opremljenih prostorih opravljamo samo na dejanskih področjih dela in na njihovi dejanski neposredni okolici (ali v 0,5 m širokem pasu okoli delovne naloge). Pri tem moramo tako na delovnem mestu kot tudi v neposredni okolici predvideti zadostno število točk, v katerih izmerimo osvetljenost, tako da lahko izračunamo povprečno vrednost in enakomernost osvetljenosti. Povprečna vrednost je v standardu definirana kot razmerje med najmanjšo izmerjeno vrednostjo in povprečno vrednostjo.

Ker standard za osvetljenost delovnega mesta (SIST EN 12464) definira potrebne vrednosti vzdrževane osvetljenosti, na delovnih mestih vedno merimo osvetljenost. Meritev opravimo v ustreznem številu točk, pri vklopljeni razsvetljavi kakor jo uporablja delavec (tudi na primer z namiznimi ali drugimi dodatnimi svetilkami) ter z delavcem (oziroma merilcem) v svojem normalnem položaju na delovnem mestu. Meritev izvedemo tudi, če senca delavca pada na merilno glavo instrumenta,

saj je s stališča kakovosti razsvetljave dejanska osvetljenost delovne naloge med delom edini ustrezen podatek. Po končanih meritvah osvetlitve mora merile izdelati poročilo o opravljenih meritvah (glej sliko 73).

## II. POROČILO O OPRAVLJENIH MERITVAH OSVETLITVE

Opravljene so bile kontrolne meritve osvetljenosti, kot je pogodbeno dogovorjeno z naročnikom – ustanovo. V kolikor bo potrebno in naročeno se bodo opravile še ostale meritve in ocena stopnje obremenjenosti glede razsvetljave in ustrezno ocenjevanje.

USTANOVA: OŠ VIŽMARJE BROAD

Izmerjena vrednost (v lux-ih)

Zap. št.	etaža	prostor	žarnica	dnevna	dnevna+umetna		ustreznost
					EDM.d	EDM.kom	
1.	P	učilnica 6 *	F	5 lx	380 lx		DA
2.	P	učilnica 5	F	20 lx	1020 lx		DA
3.	P	učilnica 33	F	30 lx	840 lx		DA
4.	P	učilnica 1	F	15 lx	530 lx		DA
5.	P	učilnica 25	F	25 lx	770 lx		DA
6.	P	učilnica 21	F	20 lx	750 lx		DA
7.	P	knjižnica	F	0 lx	850 lx		DA
8.	P	učilnica 16 *	F	10 lx	260 lx		NE
9.	P	učilnica 12 *	F	20 lx	900 lx		DA
10.	P	učilnica 27	F	40 lx	780 lx		DA
11.	P	kuhinja	F	0 lx	705 lx		DA
12.	1	učilnica 32	F	5 lx	1230 lx		DA
13.	1	tajništvo	F	50 lx	1005 lx		DA
14.	1	računovodstvo	F	35 lx	630 lx		DA

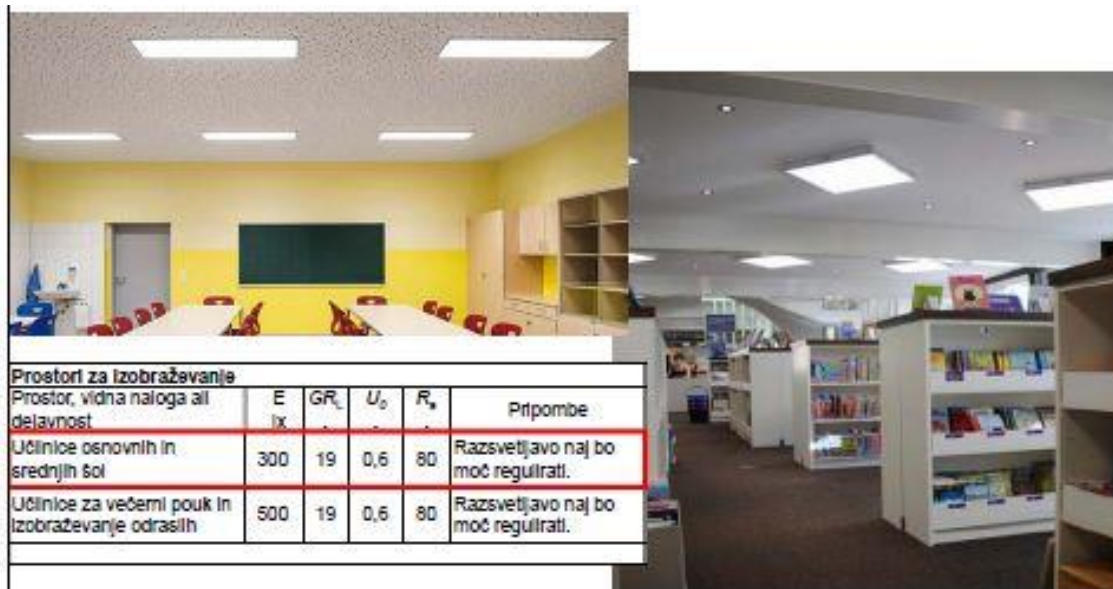
### Tabela oznak:

EDM.d	Dnevna osvetljenost na delovnem mestu
EDM.u	Umetna osvetljenost na delovnem mestu
EDM.kom	Kombinirana osvetljenost na delovnem mestu
ŽN	Osvetljenost z žarnico na žarilno nitko
F	Osvetljenost z fluorescentno žarnico
ŽN+F	Osvetljenost z žarnico na žarilno nitko in fluorescentno žarnico
L	LED žarnica

Slika 73: Primer poročila o opravljenih meritvah osvetlitve

## 10.2 Določitev indeksa bleščanja

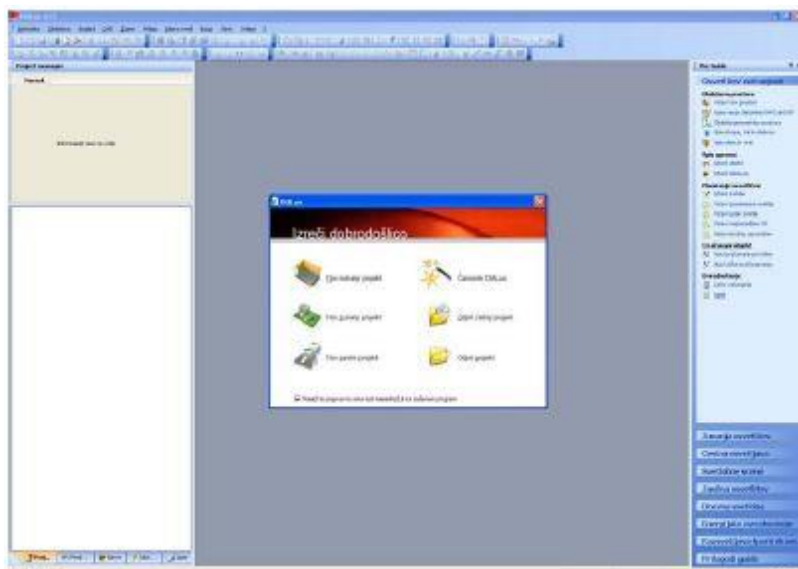
Indeksa bleščanja UGR ne merimo, temveč ga v skladu s standardom SIST EN 12464-1 določimo na podlagi podatkov v projektu (izračuni UGR) oziroma tabelaričnih podatkov, ki jih poda proizvajalec svetilk (glej sliko 74).



Slika 74: Primer določitve indeksa bleščanja – predavalnica/učilnica/precizne merilnice

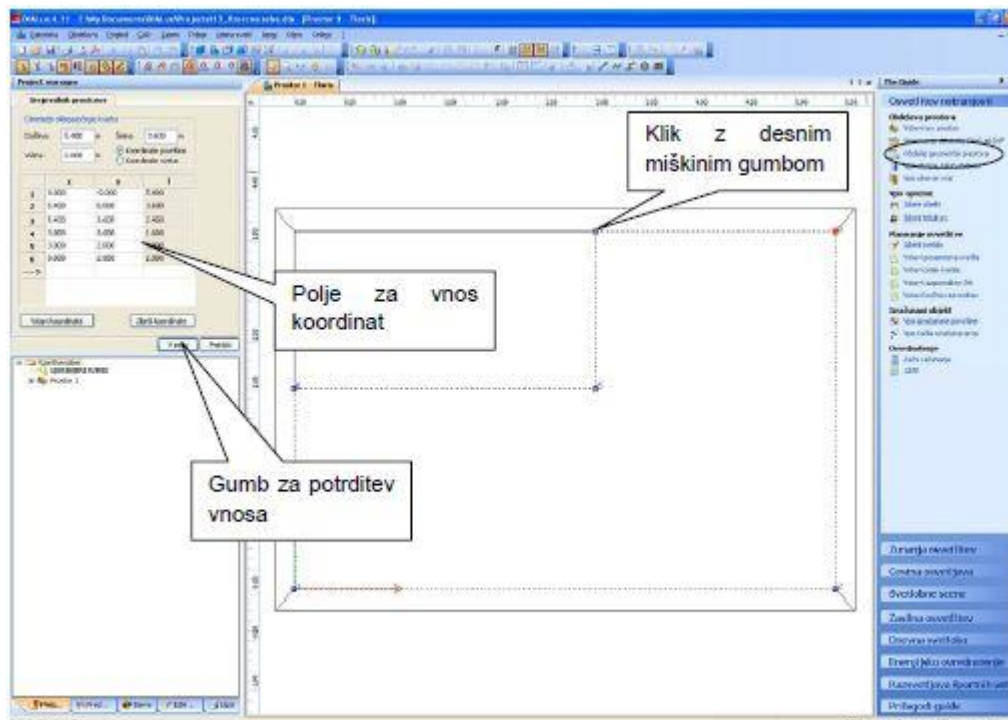
## 10.3 Svetlobnotehnični izračuni

Po pregledu dejanskega stanja na objektu (popis svetilk, tipa svetilk, karakteristik prostora,..) je naslednji korak sanacija obstoječe razsvetljave. Na podlagi podatkov zbranih s terena, pričnemo z izbiro ustreznih svetilk, njihovo postavitvijo, ki jih bomo uporabili za izdelavo simulacije – svetlobnotehničnega izračuna posameznega prostora. Na voljo je več vrst programskih orodij, najbolj poznani programski orodji sta DIALux (glej sliko 75) in pa Relux.



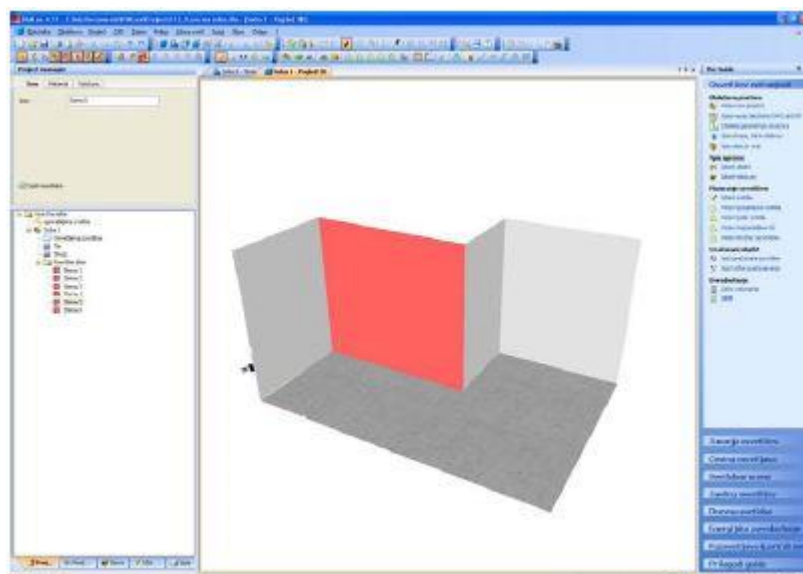
Slika 75: Pozdravno okno programa DIALux

V pozdravnem oknu programa DIALux lahko izberemo ali bomo obdelovali nov projekt ali pa odprli katerega od že obstoječih projektov razsvetljave. V pogovornem oknu lahko vidimo glavne informacije o projektu, kot so 3D predogled prve prostora ali zunanje scene, podatke o projektantu, vsebino projekta. S programom lahko poljubno spreminjamo geometrije prostora (glej sliko 76).



Slika 76: Izgled okna programa med urejanjem geometrije prostora

V 3D pogledu najprej izberemo steno (glej sliko 77), ki ji želimo spremeniti lastnosti (klik na ikono in nato klik na steno). Izbrana stena se lahko obarva v poljubno barvo, lastnosti stene pa se prikažejo na zaslonu. Pod posameznimi zavihki lahko spremenimo ime stene ter material in teksturo za prikaz. Skupaj s spremembo materiala se spremeni tudi odsevnost stene.



Slika 77: Prikaz posamezne stene kateri želimo spremeniti lastnosti



S klikom na izbiro svetil odpremo drevesno strukturo za izbiro svetilk (glej sliko 78). V drevesni strukturi lahko vidimo seznam nameščenih katalogov svetilk ter seznam spletnih katalogov. Posamezen katalog odpremo z dvojnimi klikom na ime kataloga. Svetilke lahko vnašamo tudi direktno iz lastne mape svetilk v kateri imamo shranjene fotometrične podatke posameznih svetilk.



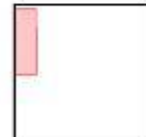
Slika 78: Prikaz drevesne strukture proizvajalcev svetilk, seznam svetilk

Po opravljenih prilagoditvah prostora v programu, vnosu izbranih svetilk, določitvi montažne višine ter ostalih parametrov ki so nam poznani iz ogleda obstoječega stanja, izberemo ukaz za izračun osvetljenosti prostora. Tipičen primer prikaza rezultatov osvetljenosti posameznega prostora je prikazan na sliki 79.

## 2.2 Risultati izračunov, Prostor 1

### 2.2.1 Tabela, Merilna površina 2 (E)

	435	498	560	592	581	529	451	377	
	548	630	707	746	731	665	566	470	
	640	737	827	871	854	777	660	548	
14	702	809	910	960	941	856	728	605	
	740	853	963	1020	1000	909	775	646	
	762	882	997	1060	1040	946	807	673	
12	775	899	1020	1080	1060	969	826	689	
	780	908	1030	[1090]	1070	979	833	694	
	780	910	1030	[1090]	1070	977	830	690	
10	777	908	1030	[1090]	1060	969	822	682	
	774	905	1020	1080	1060	960	814	675	
	768	898	1010	1070	1050	952	807	669	
8	760	888	1000	1060	1040	944	801	664	
	750	877	993	1050	1030	937	796	660	
	740	868	984	1040	1020	931	792	658	
6	731	858	975	1030	1010	926	788	655	
	723	849	966	1020	1010	922	786	653	
	713	838	954	1010	999	914	780	649	
4	700	823	938	996	982	899	767	637	
	682	802	913	968	954	874	745	618	
	652	767	871	922	908	832	707	585	
2	601	707	802	847	833	763	648	534	
	525	616	698	736	723	661	560	461	
	425	497	562	593	581	530	449	371	
0	315	367	414	436	428	388	329	274	
	216	249	281	297	291	263	224	(188)	
	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
									[m]



Višina referenčne ravnine

Srednja osvetljenost	Esr	: 0.75 m
Minimalna osvetljenost	Emin	: 773 lx
Maksimalna osvetljenost	EMax	: 188 lx
Enakomernost Uo	Emin/Esr	: 1090 lx
Enakomernost Ud	Emin/EMax	: 1 : 4.11 (0.24)
		: 1 : 5.80 (0.17)

Slika 79: Primer prikaza izračuna – tabelarni prikaz – program Relux

#### 10.4 Popis obstoječega stanja zunanje javne razsvetljave

Podatke o obstoječih svetilkah se zbere ob strokovni pomoči vzdrževalcev javne razsvetljave v občini in distributerjev električne energije ter projektantov. S pomočjo vzdrževalcev javne razsvetljave se lokalizira odjemna mesta ter določi na katero mesto je priključena posamezna svetilka. Odjemno mesto je mesto priklopa javne razsvetljave na električno omrežje, iz katerega se oskrbujejo z električno energijo vse svetilke, ki so nanj priključene. Posamezna odjemna mesta se pregleda in zabeležijo število žil oziroma kablov preko katerih se napajajo svetilke, moč priključnih varovalk ter število faz napajalnega sistema odjemnega mesta.

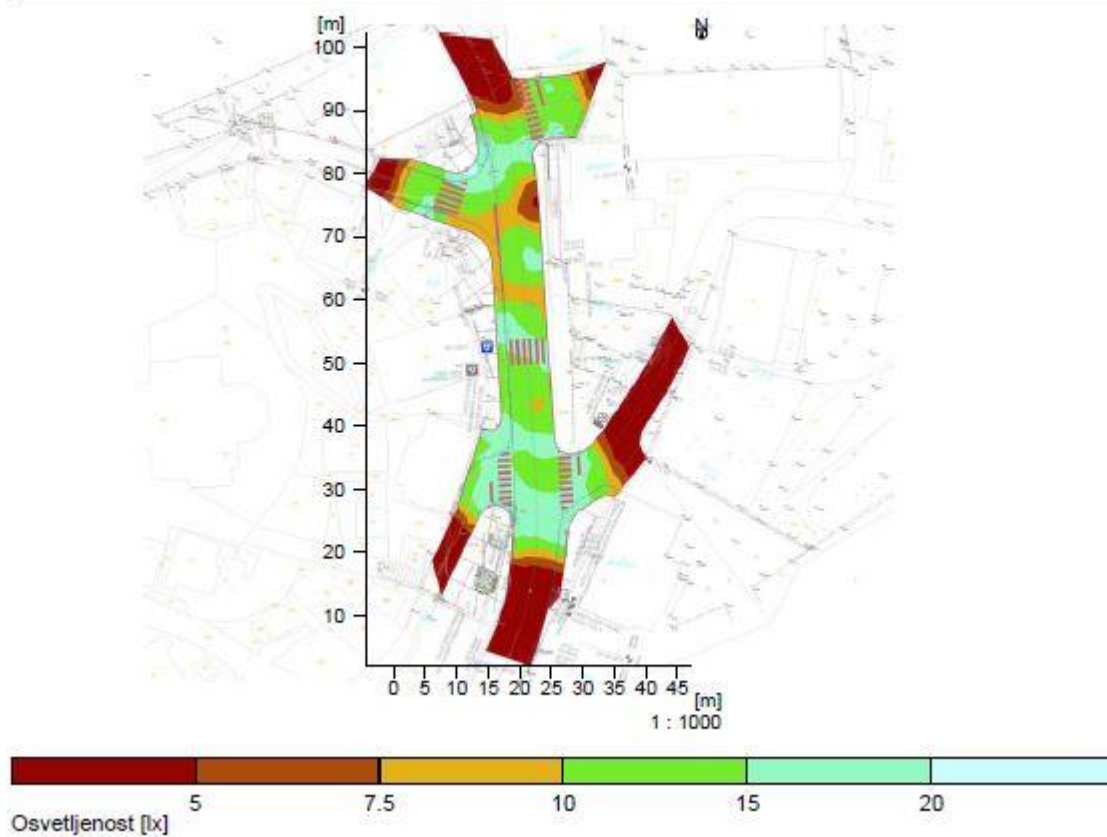
Popis svetilk poteka tako, da se popiše vsako svetilko posebej. Popisovalec stoji s tal pod svetilko in v računalniški program namenjen popisu svetil v dlančnik/prenosni računalnik vpiše naslednje lastnosti svetilke:

- *objekt osvetljave* (možnosti: cesta/ulica, javna površina, ostalo),
- *vrsta sijalke* (možnosti: visokotlačna natrijeva, visokotlačna živosrebrna, metalhalogenidna, fluorescenčna, LED, ostalo),
- *tip svetilke* (možnosti: Elektrovina CSS (na drogu), Elektrovina CD, Siteco CX 100 (kapa), Elektrovina UD, Elektrovina SVS, Elektrovina UO, Elektrovina CG, Elektrovina UI 23, Elektrovina UKH\*, Fealuce\_Roma, Siteco ST 100 (kapa), Talna, Siteco CX 200 (kapa), TEP\_neznan model, GuzziniPlatea 35W, Siteco ST 100 (ravno steklo), Siteco CX 100 (ravno steklo), Modus LVN, Siteco ST 50 (ravno steklo), Elektrovina CSS (na žici), Schreder\_Z1, dekorativna ulična, Modus LVS, Elektrovina CJ, Siteco ST 50 (kapa), Siteco CX 200 (ravno steklo), Faiber Kapa, Gewiss\_Reflektor, Siteco CX 200 (izbočeno steklo), Siteco CX 100 (izbočeno steklo), *glej prilogo 4: Katalog svetilk zunanje razsvetljave*),
- *način pritrditve svetilke* (možnosti: lesen kandelaber, betonski kandelaber, kovinski kandelaber, neposredno na objekt, viseča žica, ostalo),
- *moč sijalke (W)*,
- *višina (m)*,
- *regulacija* (možnosti: da, ne),
- *nagib* (možnosti: ustreza, ne ustreza uredbi),
- *povezava* (možnosti: elektro kabelska kanalizacija, nadzemno),
- *previs* (možnosti: da, ne) in
- *dodaten opis* (za specifične primere).

Popisovalec po vpisu lastnosti posamezne svetilke s pomočjo GPS sprejemnika lokalizira le to in podatke o njenih lastnostih ter legi shrani v spomin dlančnika/prenosnega računalnika. Podatke se po opravljenem popisu obdela in vnese na zemljevid. Posamezne svetilke se šifrira (npr. šifra 001-003 označuje tretjo svetilko na prvem odjemnem mestu). Zbirna tabela za popis javne zunanje razsvetljave je prikazana v prilogi št. 2.

## 2.2 Rezultati izračunov, TRG SPODNJA IDRİJA

### 2.2.4 Nadomestne barve, Tla (E)



Slika 80: Prikaz osvetljenosti zunanjih površin z nadomestnimi barvami – program Relux

## 11. Priloga 1: Obrazci za zbiranje podatkov notranje razsvetljave

Opis prostora	Površina prostora (m <sup>2</sup> )	OBSTOJEČE							
		Moč sijalke (W)	Število sijalk na svetilko	Število svetilk v prostoru	Faktor moči	Tip predstikalne naprave	Moč skupaj (W)	Montažna višina svetilke (m)	Povprečna izmerjena osvetljenost (lx)
IGRALNICA 1		32	1	9	1,2	MB	345,6	3,5	0
IGRALNICA 2									
IGRALNICA 3									
IGRALNICA 4									
IGRALNICA 5									
IGRALNICA 6									
kopalnica, hodnik, garderoba - desna stran objekta		18	2	17	1,2	MB	734,4	3	0,00

### LEGENDA:

MB - magnetna predstikalna naprava  
(izguba moči za faktor 1,2)

EB - elektronska predstikalna naprava

NI - ni predstikalne naprave

Tabela 17: Tabela za popis obstoječe notranje razsvetljave



MERILNI LIST št. 1	OSVETLJENOST (lx) V POSAMEZNIH TOČKAH						Povprečna osvetljenost (lx)
	1	2	3	4	5	6	
Število merilnih točk							<b>250,4</b>
IGRALNICA 1	260	255	245	222	270		
IGRALNICA 2							
IGRALNICA 3							
IGRALNICA 4							
IGRALNICA 5							
IGRALNICA 6							
kopalnica, hodnik, garderoba - desna stran objekta	110	85					<b>97,50</b>
hodnik ob kuhinji in kabinetu							
kopalnica, hodnik, garderoba - leva stran objekta							
kabinet 1							
kabinet 2							

*Tabela 20: Tabela za vpis meritev osvetljenosti posameznih prostorov*

### POVPREČNO ŠTEVILO UR DELOVANJA

Tip sobe	Potrebna osvetljenost En v Lux	Standardno število ur uporabe
Razstavni prostor	100	
Sejna soba	300	
Bolniška soba	200	8760
Knjižnice	300	
Pisarna (delovno mesto pri oknu)	300	2750
Pisarne	500	2750
CAD	500	
Obdelava podatkov	500	
Kopalnica (prostor za tuširanje)	100	
Vhodne veže	100	
Sprejemnice	200	
Telegrafski in poštni prostori	500	
Prehodi	100	
Odprte pisarne	1000	2750
Odprte pisarne (dober izkoristek prostora)	750	2750
Menze, jedilnice	200	
Bančni prostori	300	
Kuhinje	750	
Skladišča, predvsem za skladiščenje blaga	50	2750
Skladišče, kjer mora biti zagotovljeno branje	200	2750
Vizualna opravila v mrtvašnici	300	
Branje, pisanje	500	
Večnamenski prostori	100	
Stranski prostori in skladišča	100	

*Tabela 21: Tabela povprečnega števila ur delovanja razsvetljave*



### POVPREČNO ŠTEVILO UR DELOVANJA

Tip sobe	Potrebna osvetljenost En v Lux	Standardno število ur uporabe
Normalna vizualna opravila	500	
Prostori za počitek	100	
Proizvodni prostori, hale z avtomatskimi napravami	100	2750
Proizvodni prostori, hale	300	2750
Proizvodni prostori, hale s povečanimi zahtevami glede vidljivosti	500	2750
Proizvodni prostori, hale, nadzorne dejavnosti	750	2750
Proizvodni prostori, hale, natančne dejavnosti	1000-1500	2750
Javni prostori	200	
Zdravstvene prostori (za prvo pomoč)	500	
Prostori za sestanek	300	
Športna dvorana (trening)	200	
Športna dvorana (tekmovanje)	400	
Tehniško risanje	750	
Odgovarjanje na telefonske klice	300	
Stopnišča	100	2750
Garderobe	100	
Prostori za izobraževanje	300	2000
Prostori za izobraževanje za eksperimentalne namene	500	2000
Prodajni prostori	300	3600
Prehodi v stavbah za promet	100	2750
Odpremni prostori	200	
Kopalnice in stranišča	100	
Delavnica	300	2750
Delavnice s povečanimi zahtevami glede vidljivosti	500	2750

Tabela 22: Tabela povprečnega števila ur delovanja razsvetljave

### FAKTOR IZRABE

Uporaba ur/dan	Potrebna osvetljenost En Lux	Svetloba, večja komponenta dnevne svetlobe	Povprečno
5	300	0,2	0,4
5	500	0,25	0,7
5	750	0,5	0,9
5	1000	0,7	1
8	300	0,1	0,4
8	500	0,2	0,6
8	750	0,4	0,9
8	1000	0,6	1
11	300	0,25	0,5
11	500	0,35	0,75
11	750	0,6	1
11	1000	0,7	1
15	300	0,5	0,75
15	500	0,6	0,85
15	750	0,7	1
15	1000	0,8	1

*Tabela 23: Tabela faktorja izrabe*

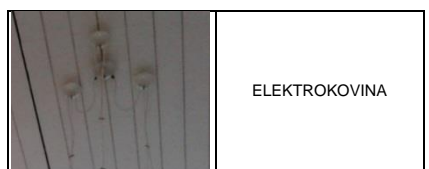
## 12. Priloga 2: Obrazci za zbiranje podatkov zunanje javne razsvetljave

Oznaka	001	001		
Številka	333461909001	333461909001		
Odjemno mesto	JR MEDNARODNI PREHOD	JR MEDNARODNI PREHOD		
Šifra svetila	001-001	001-002		
Zapis št.	1	1		
Geog. širina	45,919327248	45,919281765		
Geog. dolžina	13,6236719	13,623339748		
Objekt osvetljave	cesta/ulica	ostalo		
Vrsta sijalke	VISOKOTLAČNA NATRIJEVA	VISOKOTLAČNA ŽIVOSREBRNA		
Tip svetilke	SITECO CX 200 (IZBOČENO STEKLO)	ELEKTROKOVINA UD		
Način pritrditve	KOVINSKI KANDELABER	KOVINSKI KANDELABER		
Moč sijalke	250	125		
Višina	12,0	4,0		
Datum	25.01.2013 08:45:24	25.01.2013 08:49:58		
Regulacija	se izklaplja	se izklaplja		
Nagib	ne ustreza	ne ustreza		
Povezava	DIREKTNO V ZEMLJO	DIREKTNO V ZEMLJO		
Previs	NE	NE		
Opis				

Tabela 24: Tabela za popis zunanje javne razsvetljave

### 13. Priloga 3: Katalog svetilk notranje razsvetljave

	DISANO 154 CONO		INTRA 201AS		INTRA MINUS
	DISANO 154 CUBO		INTRA 201DP		INTRA MIVA GL
	DISANO 154 ORMO		INTRA 201 DP		INTRA MIVA HDP
	DISANO 757 OBLO		INTRA 201 DP		INTRA MIVA HMP
	DISANO 1540 COSMO		INTRA 201 MP		INTRA TARO
	DISANO 1544 GLOBO		INTRA 216 OP		INTRA ARAGO
	DISANO COMPACT 782		INTRA 216 PR		INTRA VIRGO
	DISANO COMPACT 784OP		INTRA 246		INTRA XENO DP
	DISANO COMPACT 784 PR		INTRA 5700		PHILIPS
	INTRA 106 OP		INTRA HUNTER		PHILIPS
	INTRA 106 PR		INTRA KALIS		ELEKTROKOVINA



## 14. Priloga 4: Katalog svetilk zunanje javne razsvetljave

	AXIAL 36		DISANO CILINDRO		ELEKTROKOVINA CG
	AXIAL 55		DISANO CLIMA		ELEKTROKOVINA CJ
	BEGA 2382		DISANO CROMO 1129		ELEKTROKOVINA CM
	BIČ		DISANO GHISALLO		ELEKTROKOVINA CSS
	CARIBONI REFLEKTOR		DISANO INDIO		ELEKTROKOVINA SVS
	CIVIC JED.54M		DISANO MUSA		ELEKTROKOVINA UD
	DEKORATIVNA SVETILKA 01		DISANO POLAR		ELEKTROKOVINA UI
	DEKORATIVNA SVETILKA 02		DISANO REFLEKTOR		ELEKTROKOVINA UKH *
	DEKORATIVNA SVETILKA 03		DISANO RODIO		ELEKTROKOVINA UKH **
	DEKORATIVNA SVETILKA 04		DISANO TORPEDO		ELEKTROKOVINA UO

	DEKORATIVNA ULIČNA		ELEKTROKOVINA CD		FAEBER DELTA
	FAEL LUCE MIRA		IGUZZINI PLATEA		NEZNAN PROIZVAJALEC 04
	FAEL LUCE ROMA		INTRA LIGHTING 7401		NEZNAN PROIZVAJALEC 05 (OSVETLJEVANJE CERKVA, IGRISČ, SPOMENIKOV)
	FAIBER KAPPA		LANZINI OLYMPIA 1		NEZNAN PROIZVAJALEC 06
	FLUX & DECIBEL 01		LANZINI RAGGIO		NEZNAN PROIZVAJALEC 07
	GE EUROSTREET (RAVNO STEKLO)		LEG ILLUMINATION MIG		NEZNAN PROIZVAJALEC 08
	GE EUROSTREET (KAPA)		LENA RUBYCON		NEZNAN PROIZVAJALEC 09
	GEWISS HORUS		LENA-LIGHTING 371011		NEZNAN PROIZVAJALEC 10
	GEWISS TITANO		MODUS LVN		NEZNAN PROIZVAJALEC 11
	GHISAMESTIERI DIAMANTE 4480		MODUS LVS		NEZNAN PROIZVAJALEC 12
	HOFFMEISTER KUBUS		NEZNAN PROIZVAJALEC 01		NEZNAN PROIZVAJALEC 13

	IGUZZINI DELPHI		NEZNAN PROIZVAJALEC 02		NEZNAN PROIZVAJALEC 14
	IGUZZINI EMILIA		NEZNAN PROIZVAJALEC 03		NEZNAN PROIZVAJALEC 15
	NEZNAN PROIZVAJALEC 16		NEZNAN PROIZVAJALEC 28		NEZNAN PROIZVAJALEC 40
	NEZNAN PROIZVAJALEC 17		NEZNAN PROIZVAJALEC 29		NEZNAN PROIZVAJALEC 41
	NEZNAN PROIZVAJALEC 18		NEZNAN PROIZVAJALEC 30		NEZNAN PROIZVAJALEC 42
	NEZNAN PROIZVAJALEC 19		NEZNAN PROIZVAJALEC 31		NEZNAN PROIZVAJALEC 43
	NEZNAN PROIZVAJALEC 20		NEZNAN PROIZVAJALEC 32		NEZNAN PROIZVAJALEC 44
	NEZNAN PROIZVAJALEC 21		NEZNAN PROIZVAJALEC 33		NEZNAN PROIZVAJALEC 45
	NEZNAN PROIZVAJALEC 22		NEZNAN PROIZVAJALEC 34		NEZNAN PROIZVAJALEC 46
	NEZNAN PROIZVAJALEC 23		NEZNAN PROIZVAJALEC 35		NEZNAN PROIZVAJALEC 47
	NEZNAN PROIZVAJALEC 24		NEZNAN PROIZVAJALEC 36		NEZNAN PROIZVAJALEC 48



	NEZNAN PROIZVAJALEC 25		NEZNAN PROIZVAJALEC 37		NEZNAN PROIZVAJALEC 49
	NEZNAN PROIZVAJALEC 26		NEZNAN PROIZVAJALEC 38		NEZNAN PROIZVAJALEC 50
	NEZNAN PROIZVAJALEC 27		NEZNAN PROIZVAJALEC 39		NEZNAN PROIZVAJALEC 51
	NEZNAN PROIZVAJALEC 52		NEZNAN PROIZVAJALEC 64		SCHREDER Z1
	NEZNAN PROIZVAJALEC 53		NEZNAN PROIZVAJALEC 65		SIMES S.4559
	NEZNAN PROIZVAJALEC 54		NEZNAN PROIZVAJALEC 66		SIMES S.8856
	NEZNAN PROIZVAJALEC 55		NEZNAN REFLEKTOR (vsi nepoznani reflektorji)		SIMES SLOT 3956.14
	NEZNAN PROIZVAJALEC 56		OSRAM HALODIUM		SITECO 2X36W
	NEZNAN PROIZVAJALEC 57		PHILIPS DECOFLOOD		SITECO A2 MINI
	NEZNAN PROIZVAJALEC 58		PHILIPS FGS 104		SITECO CX 100 (MANJŠA) SITECO CX 200 (VEČJA) (KAPA)
	NEZNAN PROIZVAJALEC 59		PHILIPS MALAGA		SITECO CX 100 (MANJŠA) SITECO CX 200 (VEČJA) (RAVNO STEKLO)

	NEZNAN PROIZVAJALEC 60		PHILIPS SELENIUM		SITECO FANTASIE
	NEZNAN PROIZVAJALEC 61		SBP MYRA		SITECO SISTELLAR MAXI
	NEZNAN PROIZVAJALEC 62		SBP REFLEKTOR (YPSILON)		SITECO ST 50 (MANJŠA) SITECO ST 100 (VEČJA) (RAVNO STEKLO)
	NEZNAN PROIZVAJALEC 63		SCHREDER 01		SVETILKA BIČ
	TALNA				
	TEP NEZNAN MODEL				
	TEP OVOIDI				
	UTRIPALKA BIČ				
	ZNAK BIČ				
	ZNAK STEBRICEK				

## 15. Priloga 5: Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja

### Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja

Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja s spremembami in dopolnitvami (Ur.l. RS, št. 81/07, 109/07, 62/10 in 46/13) določa, z namenom varstva narave, bivalnih prostorov, ljudi, astronomskih opazovanj in varnosti v prometu ter z namenom zmanjšanja rabe električne energije virov svetlobe in svetlobnega onesnaževanja, ciljne in mejne vrednosti letne rabe elektrike svetilk, električne priključne moči svetilk in osvetljenosti, ter ukrepe za zmanjševanje emisij in zagotovitev obratovalnega monitoringa.

### Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja

Po Uredbi je predpisan način osvetljevanja z okolju prijaznimi svetilkami in sicer:

- Za razsvetljavo se uporabljajo svetilke, katerih delež svetlobnega toka, ki seva navzgor, je enak 0 % (1. odstavek 4. člena Ur. l. RS, št. 81/07). Obstoječa razsvetljava, iz 1. odstavka 4. člena, mora biti prilagojena najpozneje do 31. decembra 2008 (1. odstavek 28. člena Ur.l. RS, št. 81/07).
- Ne glede na določbe prvega odstavka 4. člena se za razsvetljavo javnih površin ulic na območju kulturnega spomenika lahko uporabljajo svetilke, katerih delež svetlobnega toka, ki seva navzgor, ne presega 5 %, če:
  - je električna moč posamezne svetilke manjša od 20 W,
  - povprečna osvetljenost javnih površin, ki jih osvetljuje razsvetljava s takimi svetilkami, ne presega 2 lx, in
  - je javna površina ulic, ki jo osvetljuje razsvetljava, namenjena pešcem, kolesarjem ali počasnemu prometu vozil s hitrostjo, ki ne presega 30 km/h (2. odstavek 4. člena Ur.l. RS, št. 81/07)
- Ne glede na določbe prvega odstavka 4. člena ni omejitev glede deleža svetlobnega toka, ki seva navzgor, za svetilke, ki so sestavni del kulturnega spomenika, če je električna moč posamezne svetilke manjša od 20 W (2. člen Ur.l. RS, št. 109/07).
- Po Uredbi je prepovedana uporaba svetlobnih snopov kakršne koli vrste ali oblike, mirujočih ali premikajočih, če so usmerjeni proti nebu ali površinam, ki bi jih lahko odbijale proti nebu (3. odstavek 16. člena Ur.l. RS, št. 81/07).

Po Uredbi so predpisani načini osvetljevanja za naslednje vire svetlobe:

- **Razsvetljava cest in javnih površin**, kjer letna raba elektrike vseh svetilk, ki so na območju posamezne občine vgrajene v razsvetljavo občinskih cest in razsvetljavo javnih površin, ki jih občina upravlja, izračunana na prebivalca s stalnim ali začasnim prebivališčem v tej občini, ne sme presegati ciljne vrednosti 44,5 kWh (1. odstavek 5. člena Ur. l. RS, št. 81/07). Svetilke morajo biti določbi prilagojene najpozneje do 31. decembra 2016 (7. odstavek 28. člena Ur. l. RS, št. 81/07), pri čemer mora prilagoditev potekati postopoma tako, da je najmanj 25 % svetilk obstoječe razsvetljave prilagojeno zahtevam te Uredbe 5 let in najmanj 50 % svetilk obstoječe razsvetljave 4 leta pred rokom popolne prilagoditve (11. odstavek 28. člena Ur.l. RS, št. 81/07).
- **Razsvetljava ustanov** (to je razsvetljava nepokritih površin parkirišč in drugih nepokritih površin ob upravnih stavbah, stavbah splošnega družbenega pomena in drugih ne stanovanjskih stavbah, kakršne so stavbe za opravljanje verskih obredov in pokopališke stavbe, vključno z razsvetljavo zunanjih sten teh stavb), kjer povprečna električna moč vseh svetilk razsvetljave ustanove, vključno z razsvetljavo za varovanje, izračunana na vsoto

zazidane površine stavb ustanove in osvetljene nepokrite zazidane površine gradbenih inženjskih objektov ob stavbah ustanove, ki so namenjeni prometu blaga in ljudi ali izvajanju dejavnosti ustanove, ne sme presegati naslednjih mejnih vrednosti:

–0,060 W/m<sup>2</sup> v obratovalnem času ustanove ter 30 minut pred začetkom in po koncu obratovalnega časa ter –0,015 W/m<sup>2</sup> zunaj obratovalnega časa ustanove (1. odstavek 9. člena Ur.l. RS, št. 81/07). Ne glede na izračun iz 1. odstavka 9. člena uredbe (Ur.l. RS, št. 81/07) se lahko za razsvetljavo ustanove porabi eno ali več svetilk, katerih celotna električna moč ne presega 180 W. Svetilke morajo biti določbam prilagojene najpozneje do 31. decembra 2012 (4. odstavek 28. člena Ur.l. RS, št. 81/07).

- **Razsvetljava fasad**, kjer mora upravljavec razsvetljave fasade zagotoviti, da svetlost osvetljenega dela fasade, izračunana kot povprečna vrednost celotne površine osvetljenega dela fasade, ne presega 1 cd/m<sup>2</sup> (1. odstavek 10. člena Ur.l. RS, št. 81/07). Pri čemer se fasada stavbe lahko osvetljuje na omenjeni način samo, če je stavba na območju naselja, ki je opremljeno z javno razsvetljavo, osvetljena stena stavbe pa ne sme biti oddaljena od zunanjega roba najbližje osvetljene javne površine več kakor 240 m, merjeno v vodoravni smeri, pri čemer se za osvetljeno javno površino šteje javna površina s povprečno osvetlenostjo najmanj 3 lukse (3. odstavek 10. člena Ur.l. RS, št. 81/07). Svetilke so morale biti določbam prilagojene najpozneje do 31. decembra 2010 (3. odstavek 28. člena Ur.l. RS, št. 81/07).
- **Razsvetljava kulturnega spomenika**, kjer mora upravljavec razsvetljave kulturnega spomenika zagotoviti, da svetlost osvetljenega dela kulturnega spomenika, izračunana kot povprečna vrednost celotne površine osvetljenega dela kulturnega spomenika, ne presega 1 cd/m<sup>2</sup> (1. odstavek 11. člena Ur.l. RS, št. 81/07). Poleg tega, če kulturnega spomenika tehnično ni mogoče osvetljevati s svetilkami, ki izpolnjujejo zahteve iz zgoraj navedenega 4. člena Uredbe, morajo biti svetlobni snopi svetilk usmerjeni tako, da je zunanji rob osvetljene površine kulturnega spomenika najmanj 1 m pod strešnim napuščem, če je kulturni spomenik stavba, ali 1 m pod najvišjim robom spomenika, če je kulturni spomenik nepokrit objekt. Mimo fasade kulturnega spomenika gre lahko največ 10 % svetlobnega toka (3. odstavek 11. člena Ur.l. RS št., 81/07). Svetilke morajo biti določbam prilagojene najpozneje do 31. decembra 2013 (6. odstavek 28. člena Ur.l. RS, št. 81/07).
- **Razsvetljava športnih igrišč**, kjer morajo biti površine osvetljene s svetilkami, kot so asimetrični reflektorji, tako da so izpolnjene zahteve iz 4. člena Uredbe. Po 4. člena zadnje dopolnitve uredbe (Ur.l. RS, št. 62/2010) se lahko na poselitvenem območju uporabljajo svetilke katerih delež svetlobnega toka, ki seva navzgor ne presega 5 %. Poleg tega pa je treba razsvetljavo športnih igrišč izklopiti najpozneje do 22:00 ure ali najpozneje eno uro po koncu športne ali druge prireditve (1. in 2. odstavek 14. člena Ur.l. RS, št. 81/07). Svetilke morajo biti določbam prilagojene najpozneje do 31. decembra 2012 (4. odstavek 28. člena Ur.l. RS, št. 81/07).

Načrt razsvetljave mora upravljavec objaviti tako, da je javno dostopen (21. člen uredbe Ur.l. RS, št. 62/2010).

## 16. Viri in literatura

### ***Viri in dodatna literatura s področja razsvetljave***

- [1] Peter Podlipnik, Svetlobnotehnični priročnik, Elektrokovina: Maribor, 1978
- [2] Ogrinc, E. et. al. Svetlobnotehnični slovar – Seznam slovenskih izrazov, Slovensko društvo za razsvetljavo: Ljubljana, 1998
- [3] Ogrinc, E. Delovno okolje Razsvetljava, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Oddelek za tehniško varnost: Ljubljana, 2000
- [4] Gspan, P. Žebevec, S. Zahteve za razsvetljavo pri delu in standard 12464, ZVD: Ljubljana, 2016
- [5] Gspan, P. Metode ocenjevanja delovnega okolja, Ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve, Urad za varnost in zdravje pri delu: Ljubljana, 2002
- [6] Klemen Drev, Pametna razsvetljava v hiši, Diplomsko delo: Maribor, 2013
- [7] Sašo Žuman, Analiza energetske učinkovite prenove razsvetljave na primeru tehniških fakultet, Diplomsko delo: Maribor, 2014
- [8] Peter Podlipnik, Svetlobnotehnični priročnik, Elektrokovina: Maribor, 1978
- [9] Nataša Camlek, Svetloba v delovnem okolju in njen vpliv na vrednotenje obremenitve vide, Magistrsko delo: Maribor, 2011
- [10] Danijel Kure, Načrtovanje učinkovite in kakovostne sodobne razsvetljave v stavbah, Diplomsko delo: Maribor, 2011
- [12] Luka Avberšek, Analiza energetske učinkovitosti dinamične razsvetljave v izobraževalnih ustanovah, Diplomsko delo: Maribor 2015
- [13] Aleš Kolbl, Posebne zahteve pri razsvetljavi za starejše, Diplomsko delo: Maribor, 2010
- [14] Branko Cegner, Energetske učinkovite razsvetljave delovnih mest na prostem, Diplomsko delo: Maribor, 2012
- [15] Jana Čukajne, Svetlobno onesnaževanje, Diplomsko delo: Ljubljana, 2016
- [16] Boštjan Vogrinc, Avtomatizacija razsvetljave, Diplomsko delo: Maribor, 2016

### ***Viri na svetovnem spletu in spletna mesta slik***

*Vsi viri na svetovnem spletu oziroma spletna mesta slik so bila uporabljena v času od aprila do maja 2018.*

- [1] <http://lrf.fe.uni-lj.si/razsvetljava.pdf>
- [2] <https://www.sharp.si/cps/rde/xchg/si/hs.xsl/-/html/led-osvetljevanje.htm>
- [3] <http://www.monitor.si/clanek/vat-ni-enak-vatu/168895/>
- [4] <http://www.fosilum.si/si/zakaj-led-svetila/blescanje-in-ugr/>
- [5] <http://ledstar.blog.siol.net/2014/01/27/led-zarnice-%E2%80%93-kaj-je-dobro-vedeti-pred-nakupom/>
- [6] <https://www.svetila.com/si/68-zarnice-in-sijalke>
- [7] <https://www.wikipedia.org/>
- [8] <http://www.siteco.com/en/home.html>
- [9] <https://www.osram.com/cb/index.jsp>
- [10] <https://www.superstrela.com/kratice-pojmi.html>

- [11] [https://www.inled.si/led\\_zarnice/kako\\_izbrati\\_led\\_zarnico\\_ki\\_bo\\_ustrezala\\_nasim\\_zahtevam](https://www.inled.si/led_zarnice/kako_izbrati_led_zarnico_ki_bo_ustrezala_nasim_zahtevam)
- [12] <http://www.internetnategovina.com/zivljenjska-doba-zarnic-sijalk-n-80.html?newsPath=12>
- [13] <http://www.trendset.si/ogromen-prihranek-z-zamenjavo-zarnic-za-led-sijalke.html>