

# TEORIJA I PRIMJENA RASVJETE TE PRIMJER PRORAČUNA

---

**Ribarić, Renato**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:000701>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-10**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Renato Ribarić

# **TEORIJA I PRIMJENA UMJETNE RASVJETE TE PRIMJER PRORAČUNA**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2021

Karlovac University of Applied Sciences  
Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Renato Ribarić

**THEORY AND APPLICATION OF  
ARTIFICIAL LIGHTNING AND AN  
EXAMPLE OF CALCULATION**

Final paper

Karlovac, 2021

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite

Stručni studij sigurnosti i zaštite

Renato Ribarić

# **TEORIJA I PRIMJENA UMJETNE RASVJETE TE PRIMJER PRORAČUNA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Filip Žugčić, mag. ing. el.

Karlovac, 2021



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
KARLOVAC UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES  
Trg J.J.Strossmayera 9  
HR-47000, Karlovac, Croatia  
Tel. +385 - (0)47 - 843 - 510  
Fax. +385 - (0)47 - 843 – 579

**VELEUČILIŠTE  
U KARLOVCU**

Karlovac University  
of Applied Sciences



## **VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**

Stručni / specijalistički studij: Stručni studij sigurnosti i zaštite

Usmjerenje: Zaštita na radu

Karlovac, 2021.

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Renato Ribarić

Matični broj: 0415618031

Naslov: Teorija i primjena umjetne rasvjete te primjer proračuna

Opis zadatka:

Umjetna rasvjeta, prednosti i nedostaci umjetne rasvjete, računalni programi za proračun rasvjete te izračun rasvjetnih tijela za određenu prostoriju, kao i svjetlosno onečišćenje okoliša

Zadatak zadan:

02/2021

Rok predaje rada:

09/2021

Predviđeni datum obrane:

09/2021

Mentor:

Filip Žugčić, mag. ing. el

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

## **PREDGOVOR**

Ovu temu sam izabrao kako bi ukazao, ne samo na prednosti koje donosi umjetna rasvjeta, već i na probleme koji se odnose na svjetlosno onečišćenje umjetnom rasvjetom koje predstavlja problem u zadnjih nešto više od 100 godina i to ne samo za čovjeka, već i za okoliš i razne životinje. Naime, prije 100 godina svatko tko je noću pogledao prema gore mogao je vidjeti spektakularno zvjezdano nebo, no danas više od 80% svjetske populacije živi pod svjetlom zagađenim nebom te iz tog razloga većina nikada neće imati priliku ugledati Mliječni put na noćnom nebu. Stoga je ovo pitanje svjetlosnog onečišćenja globalni problem koji treba ujediniti ljude diljem svijeta kako bi se s vremenom taj problem smanjio. Nije dovoljna samo svjesnost da je svjetlosno onečišćenje problem, već i aktivnost od strane ljudi jer za razliku od drugih oblika onečišćenja, svjetlosno je onečišćenje reverzibilno i svatko od nas može napraviti razliku.

Želim se zahvaliti svom mentoru mag. ing. el. Filipu Žugčiću na iskazanom povjerenju, strpljenju te na ukazanoj pomoći tijekom pisanja završnog rada.

Također, htio bih se zahvaliti svojim roditeljima i braći na podršci i pomoći koju su mi pružili za vrijeme studiranja. Hvala i svim prijateljima i kolegama na pomoći te bez kojih ove tri godine studiranja ne bi prošle tako zabavno.

## **SAŽETAK**

Tema ovo završnog rada je teorija i primjena umjetne rasvjete te primjer proračuna. Umjetna rasvjeta ima veliki značaj u našem svakodnevnom životu. Ne samo da ima funkciju osvjetljenja u vrijeme slabije vidljivosti, već poboljšava sigurnost i raspoloženje kod ljudi. Naime upotreba toplog osvjetljenja može stvoriti ugodnu i mirnu atmosferu, dok hladna svjetlost potiče mentalnu i tjelesnu aktivnost. Dakle, jasno je da zahtjevi koje rasvjeta treba ispunjavati za osvjetljenje, na primjer dnevne sobe, nisu jednaki onima koji su potrebni u radnim prostorima gdje rasvjeta treba osigurati adekvatnu osvjetljenost radnih ploha kako bi se postigla efikasnost u radu a samim time i bolji radni rezultati.

Na početku rada govoriti ću općenito o svjetlosti i rasvjeti, vrsti rasvjete kao i o prednostima i nedostacima prirodne i umjetne rasvjete. Kroz rad ću navesti i pojedine izvore umjetne svjetlosti te ću se nadovezati i na svjetlosno onečišćenje kao i na mjere zaštite. Na kraju rada objasniti ću, kroz primjer, način projektiranja i proračuna umjetne rasvjete.

Ključne riječi: svjetlost, rasvjeta, izvori umjetne svjetlosti, svjetlosno onečišćenje, proračun

## **SUMMARY**

The topic of this final paper is the theory and application of artificial lighting and example of calculation. Artificial lighting is of great importance in our daily lives. Not only does it have a lighting function in times of poor visibility, but it improves safety and mood in people. Namely, the use of warm lighting can create a pleasant and peaceful atmosphere, while cold light stimulates mental and physical activity. Thus, it is clear that the requirements that lighting needs to meet for lighting, for example living rooms, are not the same as those needed in workspaces where lighting needs to provide adequate illumination of work surfaces in order to achieve work efficiency and thus better work results.

At the beginning of the paper, I will talk in general about light and lighting as well as the advantages and disadvantages of natural and artificial lighting. Throughout the paper, I will list individual sources of artificial light and I will continue with light pollution as well as protection measures. At the end of the paper, I will explain, through an example, how to design and calculate artificial lighting.

Keywords: light, lighting, artificial light sources, light pollution, calculation

## SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA .....	I
PREDGOVOR .....	I
SAŽETAK.....	III
SADRŽAJ .....	IV
1.UVOD .....	1
2. SVJETLOST .....	2
3. FOTOMETRIJSKE ILI SVJETLOTEHNIČKE VELIČINE .....	4
3.1. Primjeri fotometrijskih veličina.....	6
4.RASVJETA.....	8
4.1. Vrste rasvjete .....	10
4.2. Prednosti i nedostaci prirodne rasvjete.....	11
5. UMJETNA RASVJETA .....	12
5.1. Prednosti i nedostaci umjetne rasvjete.....	14
5.2. Osnovne vrste umjetne rasvjete .....	15
5.2.1. Opća/ambijentalna rasvjeta prema emisiji svjetlosti.....	17
5.2.2. Kada i gdje te koji sustav osvjetljenja odabrati?.....	18
5.3. Osnovni svjetlotehnički zahtjevi za unutarnju rasvjetu .....	19
6. IZVORI UMJETNE SVJETLOSTI .....	20
6.1. Prva generacija – žarulje sa žarnom niti .....	21
6.1.1. Halogena žarulja .....	21
6.2. Druga generacija – žarulje na izboj .....	22
6.2.1. Fluorescentne žarulje .....	23
7. PRAVILNIK O ZAŠTITI NA RADU ZA MJESTA RADA, ZA PRIRODNU I UMJETNU OSVJETLJENOST.....	26
8. SVJETLOSNO ONEČIŠĆENJE.....	27



8.1. Posljedice svjetlosnog onečišćenja .....	28
8.2. Rješenja za svjetlosno onečišćenje .....	29
9. MJERE ZAŠTITE OD SVJETLOSNOG ONEČIŠĆENJA.....	30
10. PROJEKTIRANJE I PRORAČUN UNUTARNJE RASVJETE.....	31
10.1. Proračun unutarnje rasvjete .....	32
10.2. Primjer proračuna broja rasvjetnih tijela Lumen metodom.....	33
10.3. Proračun broja rasvjetnih tijela u Relux Desktop-u.....	37
10.3.1. Primjer projektiranja i proračuna .....	37
10.3.2. Način postavljanja rasvjetnih tijela .....	39
10.3.3. Relux izračun .....	41
11. ZAKLJUČAK .....	43
12. LITERATURA.....	44
13. POPIS SLIKA .....	47
14. POPIS TABLICA.....	48

## 1.UVOD

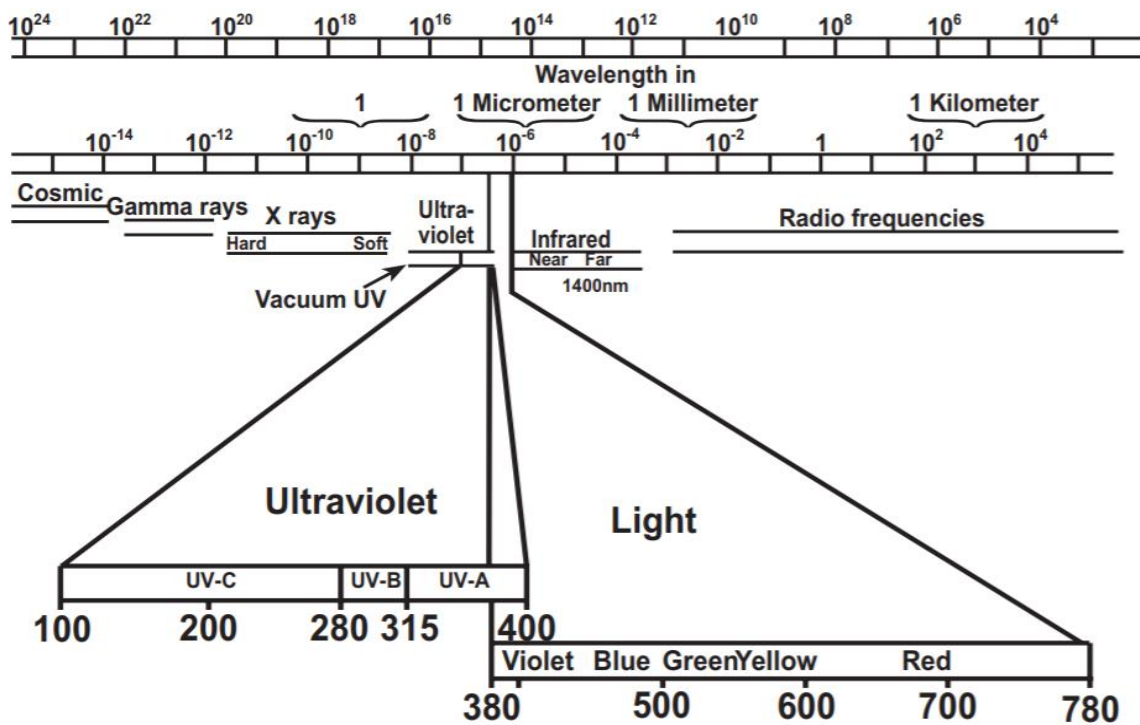
Svjetlost je život. Veza između svjetlosti i života ne može se opisati jednostavnije od ovog. Većina informacija koje primamo iz naše okoline, pružaju nam naše oči jer mi zapravo živimo u vizualnom svijetu. Oko je najvažniji osjetilni organ u čovjekovu tijelu koji upravlja sa oko 80% svih pristiglih informacija. Bez svjetla, medija koji čini vizualnu percepciju ostvarivom, to bi bilo nemoguće. Nedovoljno svjetla ili tame u nama pobuđuje osjećaj nesigurnosti, iz tog nam razloga upravo umjetna rasvjeta tijekom sati s nedovoljnom razinom prirodnog svjetla, omogućuje da se osjećamo sigurnim, jer ono što želimo vidjeti treba biti i osvijetljeno. Stoga možemo zaključiti da svjetlost, ne samo da nam omogućuje da vidimo stvari oko sebe, već utječe na naše raspoloženje i određuje ritam našeg života.

Postoje dvije vrste izvora svjetlosti, a to su prirodna i umjetna svjetlost. Za prirodnu svjetlost možemo reći da je to svjetlost koja nije nastala djelovanjem čovjeka, poput svjetlosti Sunca i Mjeseca, dok je umjetna svjetlost zapravo objekt, kojeg je stvorio čovjek, koji emitira svjetlost. Kako bi se smanjile negativne posljedice nedostatka osvijetljenja, na mjestima koja zahtijevaju ponekad i određenu razinu osvijetljenja tijekom cijelog dana, iznimno je važno osigurati kombinaciju i prirodne i umjetne svjetlosti, a takva su mjesta najčešće mjesta rada.

Međutim, rasvjeta je vrlo često presudan faktor na koji mnoga poduzeća i poslodavci širom svijeta zaboravljaju. Naravno, svi znaju da je osvijetljenje bitno, ali ono što se čini da mnogi ljudi zaboravljaju jest kako vrsta i intenzitet osvijetljenja na radnom mjestu utječu na produktivnost zaposlenika. Istraživanja su pokazala da se mnogi zaposlenici žale na odabir rasvjete u svojim radnim prostorijama odnosno da im je osvijetljenje na radnom mjestu neadekvatno. Pod neadekvatnim osvijetljenjem smatra se da je osvijetljenje presvijetlo i oštro što može imati brojne negativne učinke na produktivnost jer uzrokuje migrenu, otežanu fokusiranost i naprezanje očiju. S druge strane, neadekvatno osvijetljenje je i osvijetljenje koje je prigušeno i dosadno te kao takvo može biti jednako velik problem koji može narušiti motivaciju zaposlenika, uzrokovati pospanost i glavobolju što ima očite izravne učinke na produktivnost. Imajući ove probleme na umu, neophodno je da poslodavci potraže načine za poboljšanje osvijetljenja u svojoj tvrtci i samim time osiguraju zadovoljstvo svojih zaposlenika.

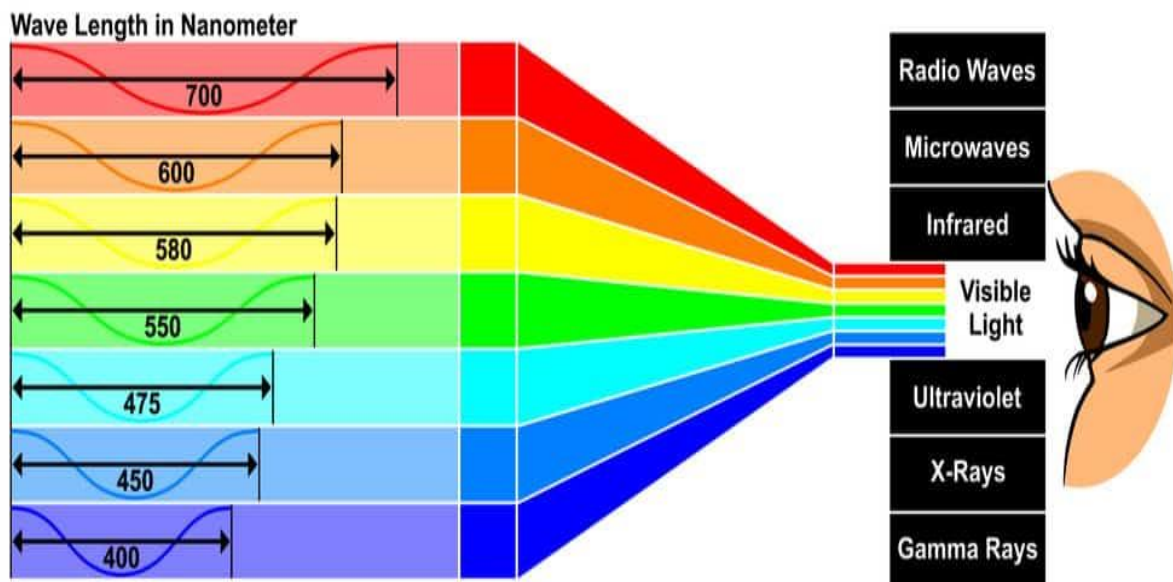
## 2. SVJETLOST

Svjetlost je relativno uzak opseg elektromagnetskog zračenja na koje je oko osjetljivo. Spektar svjetlosti proteže se od 380 nanometara (nm) do 780 nanometara (nm) kao što je prikazano na slici (slika 1.). Svaka valna duljina prikazuje različitu boju, a to znači da se povećanjem valne duljine, pridružena boja kontinuirano mijenja kroz vidljivi spektar, od ljubičaste, preko plave, zelene, žute, narančaste pa do završne crvene (slika 2.) u najdužim valnim duljinama (oko 710 do 780 nm). Ispod vidljivog spektra zračenja nalazi se ultraljubičasto područje, dok se iznad nalazi infracrveno područje koje obuhvaća valnu duljinu od 780 nm do 1400 nm te samim time to područje nije vidljivo oku.



Slika 1 : Elektromagnetski spektar [1]

Oko je osjetilni organ s izvanrednim mogućnostima čije se optičke komponente nadopunjuju kako bi zajedno stvorile izvanredan vizualni instrument koji se može usporediti sa fotografskom kamerom. Naime, postoje dvije vrste fotoreceptora unutar oka, štapići i čunjevi, koji ovisno o razini osvjetljenja pretvaraju zračenje unutar tog raspona u signal u mozgu. Štapići su vrlo osjetljivi na svjetlinu ali relativno neosjetljivi na boje, što znači da su najaktivniji pri slabom osvjetljenju. Njihova maksimalna spektralna osjetljivost pozicionirana je u plavo-zelenom području, odnosno na nekih 507 nm valne duljine. S druge strane, čunjići su za razliku od štapića puno osjetljiviji na boju, čija je zadaća da pretvaraju svjetlost u boju ovisno o valnoj duljini svjetlosti. Postoje tri vrste čunjića, svaki s različitom spektralnom osjetljivošću (crvena, zelena, plava) koji se spajaju kako bi stvorili dojam boje. Njihova maksimalna spektralna osjetljivost leži u žuto-zelenom rasponu pri 555 nanometara (nm).



Slika 2: Vidljivi spektar zračenja [2]

### 3. FOTOMETRIJSKE ILI SVJETLOTEHNIČKE VELIČINE

Fotometrijske veličine kvantitativno opisuju svjetlost kao zračenu energiju koju percipira ljudsko oko. U fotometrijske veličine, koje su prikazane u tablici (tablica 1.), ubrajamo jakost svjetlosti, svjetlosni tok, sjajnost, rasvijetljenost, svjetlosnu iskoristivost, svjetlosnu izloženost.

Svjetlosni tok - opisuje ukupno zračenje koje emitira izvor svjetlosti kako ga percipira ljudski vizualni sustav. Svjetlosni tok, koji se još naziva i svjetlosna snaga, mjeri se u lumenima (lm)

Svjetlosna jakost – općenito, izvori svjetlosti ne emitiraju svjetlost homogeno u svim smjerovima. Svjetlosni intenzitet opisuje svjetlosni tok emitiran unutar određenog kuta u trodimenzionalnom prostoru (prostorni kut  $\Omega$ , izmjeren u steradianima (sr)). Stoga se njegova jedinica kandela (cd) može zamijeniti lumenima po steradianu (lm/sr)

Osvjetljenje/sjajnost – količina svjetlosnog intenziteta koja prolazi kroz (ili je emitira) određeno područje iz određenog kuta opisuje se osvjetljenjem. Jedinica osvjetljenja je kandela po kvadratnom metru ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ), ali ponekad se koristi i jedinica „nit“ ( $1\text{nit} = 1\text{cd}/\text{m}^2$ )

Rasvijetljenost – opisuje količinu ukupne svjetlosne energije opterećene funkcijom osjetljivosti oka koja pada na određeno područje. Mjeri se lumenima po kvadratnom metru ili luksima (lx)

Svjetlosna izloženost – opisuje akumulirani svjetlosni intenzitet primijenjen na određeno područje (npr. senzor kamere) u određenom vremenskom razdoblju. Drugim riječima, to je osvjetljenje u jedinici vremena. Mjerna jedinica svjetlosne izloženosti je luks-sekunda ( $\text{lx}\cdot\text{s}$ )

Svjetlosna iskoristivost – mjera koja pokazuje koliko dobro izvor svjetlosti stvara vidljivu svjetlost. Svjetlosna iskoristivost je zapravo omjer svjetlosnog toka i snage. [3]

Tablica 1: Fotometrijske veličine [3]

FOTOMETRIJSKE VELIČINE	SIMBOL	MJERNA JEDINICA	FORMULA
Svjetlosni tok	$\phi$	Lumen (lm)	$\phi = I * \Omega$
Svjetlosna jakost	I	Candela (cd) 1cd = 1lum/1sr	$I = \phi / \Omega$
Osvjetljenje/sjajnost	L	Candela po metru kvadratnom (cd/m <sup>2</sup> )	$L = I / A$
Rasvjetljenost	E	Lux (lx)	$E = \phi / A$
Svjetlosna izloženost	H	Lux sekunda (lx*s)	$H = E * t$
Svjetlosna iskoristivost	$\eta$	Lumen po Watu (lm/W)	$\eta = \phi / P$

### 3.1. Primjeri fotometrijskih veličina

U ovom dijelu, u tablicama (tablica 2., 3. i 4.) su navedeni primjeri za rasvijetljenost, osvjetljenje kao i svjetlosnu iskoristivost određenih izvora svjetla.

Tablica 2: Primjer rasvijetljenosti [4]

<b>PRIMJER</b>	<b>RASVIJETLJENOST (lx)</b>
<b>Rasvjeta operacijskog stola</b>	20.000 – 120.000
<b>Sunčani ljetni dani</b>	60.000 – 100.000
<b>Oblačan ljetni dan</b>	20.000
<b>Oblačan zimski dan</b>	3.000
<b>Dobro rasvijetljeno radno mjesto</b>	500 - 750
<b>Pješačka zona</b>	5 - 100
<b>Noć s punim mjesecom</b>	0,25
<b>Noć s mladim mjesecom</b>	0,01

Tablica 3: Primjer svjetlosne iskoristivosti za pojedine izvore svjetlosti [5]

<b>IZVOR SVJETLOSTI</b>	<b>SVJETLOSNA ISKORISTIVOST (lm/W)</b>
<b>Fluorescentna žarulja</b>	45 – 75
<b>Halogena žarulja</b>	16 – 24
<b>Žarulja s natrijevim parama pod visokim tlakom</b>	85 – 150
<b>LED žarulja</b>	30 – 90
<b>Žarulja sa živinim parama</b>	35 – 65
<b>Metal halogena žarulja</b>	75 – 100
<b>Žarulja sa wolframovom žarnom niti</b>	12 - 18

Tablica 4: Primjer prosječne osvijetljenosti za pojedine izvore svjetla [4]

IZVOR SVJETLA	PROSJEČNA OSVJETLJENOST (cd/m <sup>2</sup> )
Sunce u podne	1,6 x10 <sup>9</sup>
Xenon kino žarulja	0,2 – 5 x10 <sup>9</sup>
Bistra standardna žarulja	2 x10 <sup>6</sup> – 2 x10 <sup>7</sup>
Fluorescentna cijev	1,2 x10 <sup>4</sup>
Bijeli oblak	1 x10 <sup>4</sup>
Svijeća	7.500
Vedro nebo	3.000 – 5.000
Mjesec	2.500
Ugodna unutarnja rasvjeta	50 – 500
Bijeli papir pri 500 lx	100
Bijeli papir pri 5 lx	1
Noćno nebo	10 <sup>-3</sup>

Fotometrijske veličine, zapravo nam služe za proučavanje prijenosa energije u obliku svjetlosti. Određuju se s obzirom na prilagođenost ljudskog oka svjetlu, odnosno fotometrijske su veličine prilagođene i specijalizirane kako bi predočile na koji način ljudsko oko reagira na njih.

Fotometrijske veličine nam koriste u istraživanju mnogih relevantnih područja u fotometriji, koji uključuju:

- Kalibracijske standarde
- Životni vijek LED žarulja
- Kvalitetu boje
- Percepciju treperenja [6]



## 4.RASVJETA

Rasvjeta je namjerna upotreba svjetlosti za postizanje praktičnih ili estetskih učinaka. Rasvjeta ili osvjetljenje uključuje upotrebu i umjetnih izvora svjetlosti poput svjetiljki i rasvjetnih tijela, kao i prirodnog osvjetljenja koje se postiže dnevnom svjetlošću. Dnevno osvjetljenje (pomoću prozora ili krovnih prozora) ponekad se koristi kao glavni izvor svjetlosti tijekom dana u kućama ili zgradama. Na taj način može se uštedjeti energija umjesto da se koristi umjetna rasvjeta, koja predstavlja glavnu komponentu potrošnje energije. Ispravno osvjetljenje može poboljšati izvršenje radnog zadatka, poboljšati izgled određenog područja, a isto tako ispravno osvjetljenje može imati i pozitivne psihološke učinke na ljude.

Teoretski rasvjeta mora udovoljavati sljedećim zahtjevima:

- Osvjetljenje treba osigurati precizan i dobar vid radniku koji je potreban za obavljanje određenog zadatka
- U pogledu preciznosti, detalji na predmetu, kao i boja i prostorni položaj tih detalja, moraju se vidjeti jasno na način kako nalaže određeni zadatak
- Vizualna nelagoda uzrokovana osvjetljenjem mora biti ograničena na prihvatljiv stupanj
- U slučajevima kada rasvjeta i ispunjava zahtjeve vizualnog zadatka, ona mora biti isplativa [7]

Svjetlost u prostoru može potaknuti psihološki odgovor (tablica 5.). Na primjer, svijetla ujednačena rasvjeta, sa osvjetljenjem koje je postavljeno na zidovima, pa čak i na stropu, može doprinijeti da se osvjetljeni prostor doima vizualno većim i pristupačnijim. Suprotno tome, osvjetljenje slabijeg intenziteta, manjeg opsega može stvoriti osjećaj privatnosti ili bliskosti primjerice u nekom finom restoranu. [8]

Tablica 5: Psihološki utjecaj svjetlosti [8]

<b>PSIHOLOŠKI UTJECAJ</b>	<b>EFEKT RASVJETE</b>	<b>DISTRIBUCIJA SVJETLA</b>
Napetost	Intenzivno izravno svjetlo odozgo	Neujednačeno
Opuštenost	Rasvjeta odozgo sa manjim opsegom osvjetljenja u sobi s toplijim tonovima svjetla	Neujednačeno
Jasnoća vida / rada	Intenzivnije svjetlo u radnom prostoru, a manje intenzivnije oko radnog prostora s hladnijim tonovima boja	Ujednačeno
Prostranost	Intenzivnije svjetlo s osvjetljenjem na zidovima i eventualno na stropu	Ujednačeno
Privatnost / Intimnost	Slabija svjetlost s manjim opsegom osvjetljenja prostora s tamnijim područjima u ostatku prostora	Neujednačeno

#### 4.1. Vrste rasvjete

Ovisno o izvoru svjetla, rasvjeta može biti umjetna, prirodna ili kombinacija umjetne i prirodne rasvjete.

Prirodno svjetlo definirano je kao svjetlost koju nam pruža Sunce, Mjesec, nebo, zvijezde na nebu, a može se također dobiti i iz kamina i svijeća. Rasvijetljenost pojedinih prirodnih izvora svjetlosti prikazana su u tablici (tablica 6.). Prirodno svjetlo, koje obično dopire u zgradu kroz bočne ili krovne prozore, može se koristiti kao jedini izvor osvjetljenja unutarnjeg prostora ili se može kombinirati s umjetnim svjetlom. Kako bi se osiguralo prirodno osvjetljenje zgrade mora se uzeti u obzir pitanje umjetne rasvjete, grijanja i ventilacije.

O količini prirodnog svjetla u prostoriji ovise sljedeći čimbenici:

- Prirodni i svjetlosni čimbenici neba
- Veličina, oblik i položaj prozora
- Refleksije s površina unutar prostorije
- Refleksija i prepreka od strane predmeta koji se nalaze izvan prostorije [9]

Analizom ovih čimbenika moguće je numerički opisati dnevnu svjetlost i predvidjeti njene učinke u prostoriji.

Tablica 6: Rasvijetljenost prirodnih izvora svjetlosti [10]

IZVOR	RASVJETLJENOST (lx)
Sunce	130 000
Dnevno nebo	10 – 25 000
Puni, visoki Mjesec	0, 267
Sve zvijezde na nebu	$2 \cdot 10^{-4}$
Venera	$1,4 \cdot 10^{-4}$
Zvijezda $m=0$	$2,5 \cdot 10^{-6}$
Zvijezda $m=1$	$1 \cdot 10^{-6}$
Zvijezda $m=6$	$1 \cdot 10^{-8}$

## 4.2. Prednosti i nedostaci prirodne rasvjete

Postavlja se pitanje zašto je, ponajprije prirodna svjetlost važna za nas. Jedan od razloga važnosti prirodnog svjetla odnosi se na naše zdravlje i to u pogledu:

- Vitamina D – u trenutku izloženosti naše kože Suncu, dolazi do apsorpcije vitamina D koji pomaže u sprečavanju bolesti srca, debljanje i razvoj raznih karcinoma
- Mentalnog zdravlja – prirodno svjetlo uvelike pomaže u prevenciji depresije
- Boljeg sna – brojna istraživanja su pokazala da veće izlaganje sunčevoj svjetlosti rezultira boljim spavanjem [11]

Od ostalih prednosti koje se odnose na prirodnu svjetlost, svakako moramo spomenuti i smanjene troškove električne energije kao i da prirodna svjetlost isto tako smanjuje naprezanje očiju i glavobolju.

Osim prednosti koje nam omogućuje, postoje i nedostaci, odnosno negativne strane prirodnog svjetla:

- Odsjaj – izravnom sunčevom svjetlošću na sjajnim površinama, dokazi do odbijanja jake svjetlosti koja nam otežava vid ili rad
- Iako, možemo reći da nam „oživljava“ domove, sunčeva će svjetlost s vremenom izbljedjeti boje namještaja, sagova, umjetničkih djela, zapravo svega što „dotakne“
- Toplina – u slučajevima loše isplaniranosti, ponajprije kod postavljanja prozora, prirodno osvjetljenje može rezultirati neželjenim i skupim troškovima hlađenja u ljetnim danima [12]

Studije pokazuju kako prirodno osvjetljenje stvara mirnije i manje stresno unutarnje okruženje, za razliku od umjetne rasvjete, koja je uvelike napredovala, ali se može osjećati sumorno zbog nedovoljne svjetline na zidovima i stropovima. Prirodno svjetlo koje dopire kroz krovne prozore ili ostale prozore u kući, stvara ugodno okruženje, a također može i upotpuniti izgled kuće.

## 5. UMJETNA RASVJETA

Umjetna svjetlost je vidljiva svjetlost generirana od strane umjetnih izvora svjetlosti koja sadrži vrlo malo IR i UV zračenja, za razliku od prirodne dnevne svjetlosti (većina LED žarulja ne sadrži IR i UV). Umjetno svjetlo, za razliku od prirodnog, odnosi se na bilo koji izvor svjetlosti koji se proizvodi električnim putem. Umjetna rasvjeta ima mnogo različitih primjena pa se tako osim najčešćeg korištenja za osvjetljenje unutarnjih prostorija kuća ili zgrada, koristi i u komercijalne svrhe. Dostupna nam je u raznim oblicima, veličinama, bojama svjetlosti koje emitiraju i razinama osvjetljenja. Potreba za umjetnim svjetlom u svakodnevnom životu je velika jer nam uvelike pomaže da obavljamo određene radnje u vrijeme slabog osvjetljenja i noći. Većina današnje tehnologije u velikoj se mjeri oslanja upravo na umjetno svjetlo, kao na primjer pametni telefoni, televizori, prijenosna računala, svjetla za automobile itd.

Neki od osnovnih zahtjeva koje mora ispunjavati umjetna rasvjeta su:

- Mora biti dovoljna, ponajprije na mjestima rada, da omogući ugodno radno okruženje, a isto tako i odgovarajuću razinu osvjetljenja za funkcioniranje osjeta vida
- Da osigura sigurnost tijekom rada, odnosno da spriječi nastajanje bilo kakvih ozljeda ili nesreća
- Ne smije biti osjetljiva za čovjeka, mora doprinijeti adekvatnom psihičkom stanju čovjeka te mora biti ravnomjerno raspoređena i dovoljna u bilo koje doba dana
- Da ispunjava zahtjeve energetske učinkovitosti [13]

Osim osnovnih zahtjeva koje umjetna rasvjeta mora ispuniti, također moraju biti zadovoljeni i određeni faktori pažljivog planiranja i izvršenja kako bi se osvjetljenje uklopilo u prostor odnosno kako bi umjetna rasvjeta bila kvalitetna:

- Osigurati odgovarajuće osvjetljenje
- Omogućiti što ravnomjerniju raspodjelu svjetlosti po cijelom prostoru
- Osigurati svjetlost odgovarajuće boje koja će omogućiti da prostor izgleda što prirodnije
- Izbjeći odsjaj i sjene, koje mogu uzrokovati nelagodu i umor u očima, što je više moguće

- Osigurati odgovarajući razmak i visinu montiranja rasvjetnih tijela kao i odgovarajuću boju okolnih zidova, što će omogućiti ravnomjerno osvjetljenje cijelog prostora ali i ovisno o boji zidova, održavanju viših razina svjetlosti
- Rasvjeta na radnom mjestu mora bit prikladno postavljena kako bi se mogla pravilno održavati i zamijeniti
- Po potrebi osigurati i rasvjetu u nuždi [14]

Ujednačenost osvjetljenja u prostoru od iznimne je važnosti jer ono utječe na našu percepciju okoliša i našu sposobnost orijentacije te uvelike utječe na odabir rasvjetnih tijela i njihovog razmještaja u prostoru kod projektiranja unutarnje rasvjete. Ujednačena nam rasvjeta omogućuje kontinuirano opažanje okoline i bez naglih prekida uzrokovanih padom razine osvjetljenja. Ovaj faktor povećava oštrinu vida te smanjuje zamor oka.

Ujednačenost osvjetljenja je omjer između najniže ( $E_{min}$ ) i srednje razine ( $E_{sr}$ ) osvjetljenosti u prostoru prikazano u tablici (tablica 7.)

Tablica 7: Ujednačenost osvjetljenja [15]

<b>Vidni zahtjev</b>	<b>Ravnomjernost osvjetljenosti</b> <i><math>E_{min}:E_{sr}</math></i>
Vrlo mali	1 : 6 do 1 : 3
Mali	1 : 3
Srednji	1 : 2,5
Veliki Vrlo veliki Izvanredno veliki	1 : 1,5

## 5.1. Prednosti i nedostaci umjetne rasvjete

Lako je za pretpostaviti da je prirodno svjetlo uvijek poželjnije od umjetnog iz razloga jer nemamo uvijek luksuz prirodnog svjetla. Stoga kod nedostatka prirodnog svjetla, umjetna je rasvjeta ta koja može nadoknaditi njegove prednosti.

Prednosti umjetne rasvjete su:

- Umjetno svjetlo omogućuje nam dodatno vrijeme za obavljanje poslova, učenje i slobodno vrijeme
- Služi nam i kao izvrstan alat za dizajn interijera ili eksterijera
- Povećava našu sigurnost, jer bez odgovarajuće rasvjete, šanse za nesrećom ili nezgodom su puno veće
- Dodatne mogućnosti poput uzgajanja različitih biljaka u zatvorenom, što je izvrsna prilika za ljude koji žive na mjestima gdje su ljeta vrlo kratka [16]

Od nedostataka, možemo izdvojiti mogućnost negativnog utjecaja na spavanje u pogledu nedostatka sna, mogućnost glavobolje, stresa, tjeskobe. Naime, iako prigušena rasvjeta stvara opuštajući ambijent u prostorima stvorenim za tu svrhu, ista bi rasvjeta mogla utjecati na vid i zdravstvene probleme ukoliko se koristi u radnim okruženjima.

Umjetna rasvjeta odnosno njezino zračenje može imati utjecaja na zdravlje ukoliko je izrazito intenzivno i ako se koristi u neposrednoj blizini. Prekomjerno izlaganje UV zračenju može uzrokovati kratkotrajne opekline, a tijekom dužih razdoblja doprinijeti i riziku od razvoj raka kože. [17]

## 5.2. Osnovne vrste umjetne rasvjete

Odabir vrste umjetnog izvora svjetlosti ovisit će o vrsti prostora za koje je rasvjeta namijenjena (ured, dnevni boravak, kupaonica, itd.). Takvi prostori nam služe za opuštanje, za rad na računalu, kuhanje, itd. i upravo iz tog razloga, značajke osvjetljenja moraju odgovarati postavkama ili primjeni prostorije.

Postoje tri osnovne vrste umjetne rasvjete, gdje svaka od njih ima određenu funkciju da udovolji određenim potrebama , a to su:

- Opća/Ambijentalna rasvjeta
  - Ambijentalna unutarnja rasvjeta
  - Ambijentalna vanjska rasvjeta
- Rasvjeta kod obavljanja određenih zadataka (Task lighting)
- Naglašena rasvjeta (Accent Lighting) [18]

Ambijentalna unutarnja ili opća rasvjeta namijenjena je prvenstveno osvjetljavanju prostorije u cijelosti. Ovaj tip rasvjete pruža nam jednoliku razinu osvjetljenja cijelog prostora neovisno o ostalim izvorima svjetlosti. Ambijentalno svjetlo se „odbija“ od zidova kako bi osvijetlilo što više prostora te osiguralo ugodnu razinu osvjetljenja bez previše odsjaja.

Vrste rasvjetnih tijela koje osiguravaju ambijentalno unutarnje osvjetljenje su:

- Luster
- Tradicionalni ugradbeni elementi i/ili LED svjetiljke
- Stolna svjetiljka
- Podna svjetiljka
- Stropni ili zidni ugradbeni uređaji koji usmjeravaju svjetlost prema dolje [18]

Vanjska rasvjeta se provodi kako bi se osigurala vidljivost i povećala sigurnost na prometnicama, a isto tako oko zgrada ili kuća kako bi se smanjio i eliminirao rizik od ozljeda koje mogu nastati prilikom ulaska i izlaska.



Vrste rasvjetnih tijela za vanjsku rasvjetu:

- Reflektor
- Osvjetljenje garaže ili nadstrešnice
- Zidna rasvjeta
- Rasvjetni stupovi
- Vrtne rasvjeta
- Rasvjetna tijela postavljena u nizu [18]

Task lighting ili rasvjeta potrebna kod obavljanja određenih zadataka, poput čitanja, pisanja, pripreme hrane, je rasvjeta koja je namijenjena da bude usredotočena na određeno područje na kojem se zadatak izvodi i u pravilu je njezin izvor svjetlosti svjetliji od ambijentalne rasvjete. Ova rasvjeta mora osigurati učinkovito osvjetljenje bez odsjaja, odnosno osvjetljenje koje ne baca problematične sjene i koje je dovoljno snažno da spriječi naprezanje očiju.

U ovu vrstu rasvjete ulaze:

- Prijenosna ili stolna svjetiljka
- Rasvjeta ispod ormarića u kuhinji
- Viseća rasvjeta
- Rasvjeta iznad umivaonika u kupaonicama
- Usmjereni ugradbeni uređaji ili stropno osvjetljenje [18]

Naglašena rasvjeta (Accent Lighting) namijenjena je za isticanje određenih objekata ili područja, a razlikuje se od ostalih vrsta rasvjete po tome što je njezin primarni cilj estetski. Ona zapravo skreće pozornost na posebne značajke, poput umjetničkih djela, namještaja ili nekih arhitektonskih detalja. Za ovu vrstu rasvjete poželjna su prilagodljiva rasvjetna tijela koja omogućuju fokusiranje na male površine ili predmete. Naglašena rasvjeta obično je tri puta svjetlija od ambijentalne, a rasvjetna tijela koja nam omogućuju ovakvo osvjetljenje su:

- Zidna rasvjeta
- Zidna rasvjeta za osvjetljenje slika
- Reflektori
- Ugradbena svjetla
- Rasvjetna tijela za osvjetljenje staza [18]

### 5.2.1. Opća/ambijentalna rasvjeta prema emisiji svjetlosti

Opće ili ambijentalno osvjetljenje u pravilu spada u jednu od tri kategorije rasvjete na temelju emisije svjetlosti:

- Direktno
  - Poludirektno
- Indirektno
  - Poluindirektno
- Kombinacija Direktno/Indirektno

Direktno osvjetljenje distribuira svu ili gotovo svu svjetlost prema dolje te se takva svjetlost može koncentrirati na neko područje ili se širiti, ovisno o korištenoj optici. Vrlo je učinkovito, ali predstavlja rizik od izravnog odsjaja i pojave izraženih sjena.

Indirektno osvjetljenje distribuira svu ili gotovo svu svjetlost prema stropu i zidovima u blizini pri čemu dolazi do refleksije na ostatak prostorije. Pruža vrlo blagu raspodjelu svjetlosti, što može izazvati vizualnu udobnost, ali i riskira da prostor izgleda vizualno „ravniji“.

Mnoga rasvjetna tijela emitiraju svjetlost u oba smjera. Poludirektna rasvjeta emitira 60-90% svog izlaznog osvjetljenja prema dolje, a 10-40% prema gore, dok je kod poluindirektna rasvjete situacija obrnuta. Ona 60-90% svog osvjetljenja emitiraju prema gore, a 10-40% odlazi prema dolje.

Kombinacija direktno – indirektna rasvjete emitira svoje osvjetljenje, otprilike jednako u oba smjera, što znači da je energetska učinkovitija. [19]

Kod odabira vrste osvjetljenja s obzirom na emisiju svjetlosti, u obzir se mora uzeti visina prostorije. Što je osvjetljenje indirektnije, treba se osigurati veća udaljenost između stropa i rasvjetnog tijela.

Preporučene visine prostorije s obzirom na emisiju svjetlosti osvjetljenja su:

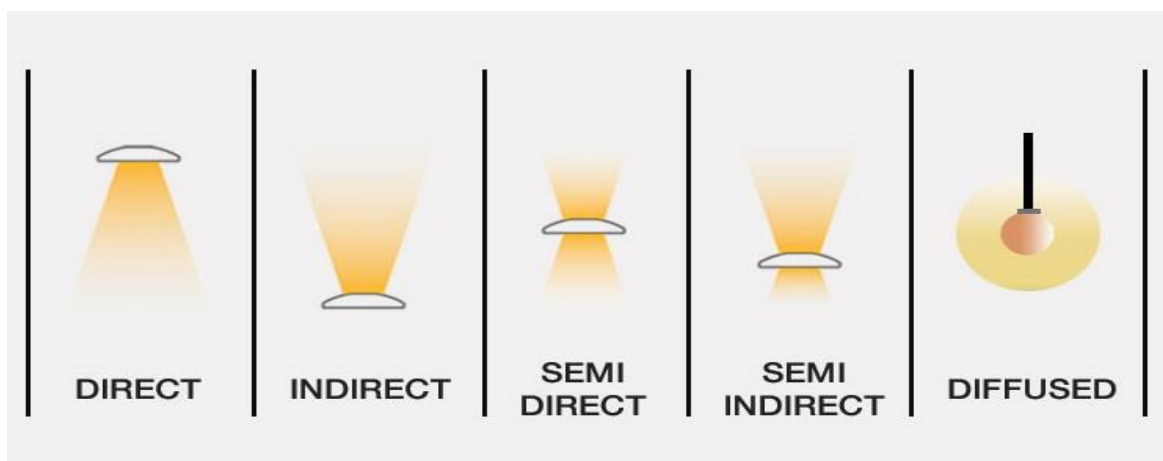
- |                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| • direktno osvjetljenje         | 2.5 m,    |
| • poludirektno osvjetljenje     | 2.6 m,    |
| • općenito difuzno osvjetljenje | 2.8 m,    |
| • poluindirektno osvjetljenje   | 3.0 m,    |
| • indirektno osvjetljenje       | 3.5 m [7] |

### 5.2.2. Kada i gdje te koji sustav osvjetljenja odabrati?

Primarni elementi koji određuju odluku o tome koji sustav osvjetljenja odabrati su dizajn i funkcija prostora. Vrste materijala, boje, teksture i koeficijent odraza svjetlosti, također igraju presudnu ulogu u odluci. Direktno osvjetljenje potrebno je osigurati na mjestima rada, kao što su uredi, komercijalni i industrijski objekti, bolnice, izložbeni prostori, kao i u smislu zaštite na radu, performansi zaposlenika i udobnosti. Uz ispravan snop i razmak svjetlosti, direktna rasvjeta može pružiti uravnoteženo ili naglašeno osvjetljenje usmjeravanjem svjetlosti na određeni objekt ili površinu.

Ključno pitanje kod indirektno rasvjete je energetska učinkovitost. Najčešće se koristi u svrhu ambijentalne rasvjete jer je odličan izvor za dobivanje veće razine osvjetljenja u sobi bez stvaranja oštih efekata, neugodnih sjena i odsjaja te samim time pruža ugodan ambijent. Kao i direktno, indirektno osvjetljenje isto tako je važno u uredima, školama, skladištima ili bolnicama posebno iz razloga kako bi se održala koncentracija tijekom dana.

Direktno osvjetljenje može biti praktičnije, ali može isto tako stvoriti oštar kontrast između svjetla i sjene, dok će s druge strane indirektno osvjetljenje osvjetljivati zidove i strop, ali za neke će zadatke imati nedovoljnu razinu osvjetljenja. Stoga nam dobra uravnotežena kombinacija direktnog i indirektnog izvora svjetlosti omogućuje postizanje energetski štedljivijih rasvjetnih sustava kao i živahnog, atraktivnog i ugodnog okruženja.



Slika 3: Opća/ambijentalna rasvjeta prema emisiji svjetlosti [20]

### 5.3. Osnovni svjetlotehnički zahtjevi za unutarnju rasvjetu

Umjetna unutarnja rasvjeta mora ispunjavati uvjete u pogledu jakosti i ravnomjernosti osvjetljenja kao i uvjete kojima se sprječava direktno bliještanje u skladu s normama.

Osnovni svjetlotehnički zahtjevi u sklopu unutarnje rasvjete, a prema normama EN 12464-1 i EN 12464-2, te europske norme EN 15193:2007, su sljedeći:

- Hodnici – 200 Lx
- Sobe boravaka – 300 Lx
- Uredi – 500Lx
- Tehnički prostori – 300 Lx
- Spremišta – 100 Lx
- Sanitarni prostori – 200 Lx

Područja montaže u tvornicama:

- Grubi poslovi – 300 Lx
- Umjereni poslovi – 500 Lx
- Precizni poslovi – 750 Lx

Vrlo precizni poslovi:

- Montaža – 1000 Lx
- Montaža/popravci nakita – 1500 Lx
- Bolničke operacijske dvorane – 50000 Lx

Osvjetljenje svih površina prostora je važno, a odredit ćemo ga refleksijom i osvjetljenjem na površinama. Raspon korisnih refleksija za glavne unutarnje površine su:

- Strop: 0,6 – 0,9
- Zidovi: 0,3 – 0,8
- Radne površine: 0,2 – 0,5
- Pod: 0,1 – 0,5 [21]

## 6. IZVORI UMJETNE SVJETLOSTI

Razvoj umjetne svjetlosti temeljene na izvorima električne energije, pri čemu se električna energija u žarulji pretvara u svjetlost i toplinu, započeo je krajem 19. i početkom 20. stoljeća. U razvoju umjetnih izvora svjetlosti, tehnološki je napor usmjeren na stvaranje svjetlosti koja će nalikovati prirodnoj dnevnoj svjetlosti (sunčevoj svjetlosti), a možemo ga svrstati u tri glavna izvora u skladu s razvojnom generacijom i tehnologijom koja je omogućila njegovo postojanje.

- Prva generacija – žarulje sa žarnom niti
- Druga generacija – žarulje na izboj
- Treća generacija – LED žarulje [22]

Kvalitetu svjetlosti koju proizvodi svaki od ovih izvora karakterizira njegov utjecaj na osjet vida u ljudskom oku, a mjeri se na jedan od dva načina: specifičnim rasponom frekvencija svakog izvora svjetlosti i jačinom osvjjetljenja.

Svaki od ovih izvora svjetlosti mogu se usporediti na temelju sljedećih karakteristika koje su prikazane u tablici (tablica 8.), a odnose se na svjetlosnu efikasnost, životni vijek žarulje, operativni trošak i trošak instalacije te indeks prikaza boje (CRI).

Tablica 8: Karakteristike različitih vrsta žarulja [23]

TIP ŽARULJE	SVJETLOSNA EFIKASNOST (lm/W)	ŽIVOTNI VIJEK ŽARULJE	INDEKS PRIKAZA BOJE (CRI)	TROŠAK INSTALACIJE	OPERATIVNI TROŠAK
Žarulja s žarnom niti	12 - 35	2000 - 4000	100	Mali	Veliki
Fluorescentna žarulja	50 - 100	10000 - 16000	90	Srednji	Srednji
Kompaktne fluorescentne žarulje	40 - 75	6000 - 12000	80	Srednji	Srednji
LED žarulje	20 - 150	20000 - 100000	80	Veliki	Mali

## 6.1. Prva generacija – žarulje sa žarnom niti

Standardna moderna žarulja sa žarnom niti sastoji se od staklene žarulje koja sadrži žarnu nit od wolframa u vakumu. Radi na principu prolaska struje kroz žarnu nit, pri čemu dolazi do sudaranja između elektrona i atoma žarne niti što rezultira stvaranjem svjetlosti. Budući da s vremenom, zbog velikih temperatura dolazi do takozvanog isparavanja velikog broja atoma žarne niti, kako bi se produžio vijek trajanja žarulje i sačuvala kvaliteta svjetlosti, svjetiljka se puni plemenitim plinom (na primjer argonom) što smanjuje upravo to isparavanje. Ove žarulje su vrlo neučinkovite jer svega 4% utrošene energije odlazi na stvaranje svjetlosti, a ostatak na nevidljivo infracrveno neionizirajuće zračenje koje se osjeća kao toplina te u ultraljubičasto zračenje ukoliko se radi o ekstremnim uvjetima vrlo velikih snaga.



Slika 4: Žarulja sa žarnom niti [24]

### 6.1.1. Halogena žarulja

Halogena žarulja je poboljšani tip žarulje sa žarnom niti koja obično sadrži wolframovu žarnu nit unutar kvarcne ovojnice ispunjene halogenim plinom poput joda ili broma. Halogeni plin smanjuje količinu para plinova wolframa koje emitira žarna nit, produžujući tako vijek trajanja žarulje i poboljšavajući kvalitetu svjetlosti. Žarulja stoga može raditi na višoj temperaturi od standardne žarulje sa žarnom niti, povećavajući tako svoju učinkovitost (za čak 10% ili više) i pružajući bolje osvjetljenje te učinkovitiju upotrebu električne energije.

Nedostatak ovih žarulja je što povremeno mogu eksplodirati kada dosegnu visoke temperature. Stoga, kod korištenja takvih žarulja postoji opasnost od požara u blizini zapaljivih materijala. [22]



Slika 5: Halogena žarulja [25]

## 6.2. Druga generacija – žarulje na izboj

Žarulje na izboj generiraju svjetlost električnim pražnjenjem kroz ionizirani plin. Takve žarulje koriste plemeniti plin poput argona, neona, kriptona i ksenona ili smjesu tih plinova. Tijekom rada dolazi do ionizacije plina, pri čemu se elektroni, ubrzani električnim poljem u cijevi, sudaraju s atomima plina i metala. Neki se elektroni u orbitalama tih atoma pobude te prijeđu u više energetske stanje. U trenutku kad se pobuđeni atom vrati u niže energetske stanje, on emitira foton karakteristične energije, što rezultira infracrvenim, vidljivim svjetlom ili ultraljubičastim zračenjem.

Postoje tri vrste žarulja na izboj:

- Niskotlačne žarulje
- Visokotlačne žarulje
- Žarulje s pražnjenjem visokog intenziteta [26]

### 6.2.1. Fluorescentne žarulje

Svjetlost koju stvara fluorescentna žarulja ili cijev uzrokovana je električnom strujom koja se provodi kroz živu i inertne plinove u cijevi. Plin u cijevi svijetli ultraljubičastom svjetlošću koja je nevidljiva, a također i štetna za žive organizme. Zbog toga je cijev obložena premazom od fosfornog materijala s unutarnje strane cijevi koji se usred ultraljubičaste svjetlosti pobuđuje te tada dolazi do emitiranja vidljive svjetlosti.

Kako se fluorescentna žarulja zagrijava, potreban joj je veći napon za rad od mrežnog napona, što se kontrolira prigušnicom odnosno magnetnim uređajem koji regulira napon i struju i bez kojeg fluorescentna žarulja ne bi svijetlila.

Fluorescentne žarulje ili cijevi vrlo su učinkoviti način osvjetljenja na velikom području, a isto tako su i učinkovitije pa samim time i troše manje energije i traju dulje (oko 13 puta dulje) od žarulja sa žarnom niti. Troše 25 – 35% manje energije od običnih žarulja sa žarnom niti kako bi osigurale jednaku količinu osvjetljenja.

Postoje dvije vrste fluorescentnih žarulja:

- Fluorescentne cijevne i kružne žarulje
- Kompaktne fluorescentne žarulje (CFL) [26]

Primarna razlika između njih je veličina i primjena. Naime, većina kompaktnih fluorescentnih žarulja dolazi u posebnim oblicima koji im omogućuju da se uklope u standardno kućište u kućanstvu, za razliku od fluorescentnih cijevi koje se koriste najčešće za osvjetljenje garaža, te za osvjetljenje velikih površina primjerice nekog industrijskog postrojenja.

Za usporedbu učinkovitosti, u tablici (tablica 9.), prikazani su svjetlosna efikasnost, životni vijek, indeks prikaza boje, temperatura te mjesto ugradnje pojedinih vrsta fluorescentnih žarulja.



Tablica 9: Karakteristike pojedinih vrsta fluorescentne žarulje [26]

Tip fluorescentne rasvjete	Efikasnost (lm/W)	Životni vijek (h)	Indeks prikaza boje (CRI)	Temperatura (K)	Mjesto ugradnje
Ravna cijev	30 - 100	7000 - 24000	50 - 90	2700 – 6500	U zatvorenom / na otvorenom
Kompaktna fluorescentna žarulja	50 - 70	10000	65 - 88	2700 - 6500	U zatvorenom / na otvorenom
Fluorescentna žarulja u obliku kružnice	40 - 50	12000			U zatvorenom



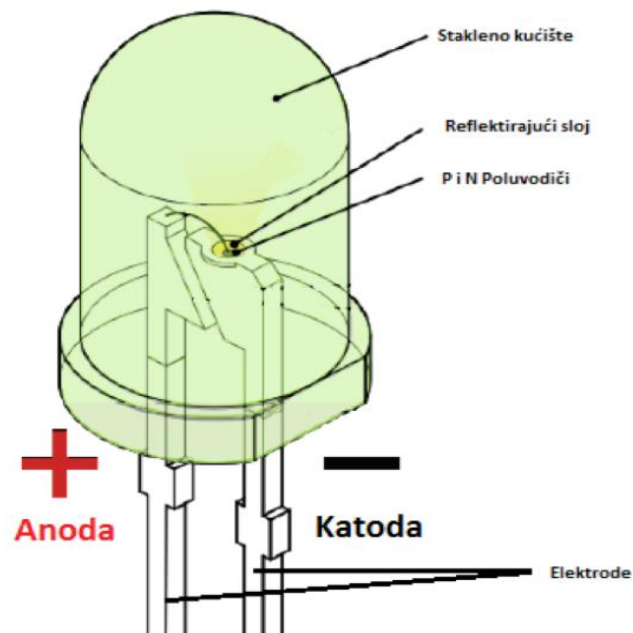
Slika 6: Dijelovi CFL žarulje [27]

### 6.3. Treća generacija – LED žarulje

Diode koje emitiraju svjetlost ili LED žarulje su poluvodičke komponente posebno projektirane da emitiraju vidljivu svjetlost određene valne duljine koja daje određenu boju. LED diode, sastavljene od pozitivne (anode) i negativne (katode) elektrode, stvaraju svjetlost elektroluminiscencijom u poluvodičkom materijalu, što znači da će do pojave svjetlosti doći kada kroz poluvodički materijal, poput germanija ili silicija, prođe električna struja ili električno polje. Drugim riječima, elektroni koji prolaze kroz poluvodički materijal popunjavaju šupljine pri čemu dolazi do emitiranja fotona odnosno svjetlosti.

Prednosti LED žarulja:

- Visoka razina osvjetljenja i snage
- Visoka efikasnost
- Upotreba struja niskog napona
- Niska emisija topline
- Visoka pouzdanost
- Nema UV zračenja
- Dugi životni vijek [22]



Slika 7: Dijelovi LED žarulje [28]

## **7. PRAVILNIK O ZAŠTITI NA RADU ZA MJESTA RADA, ZA PRIRODNU I UMJETNU OSVJETLJENOST**

Propisuje pravila:

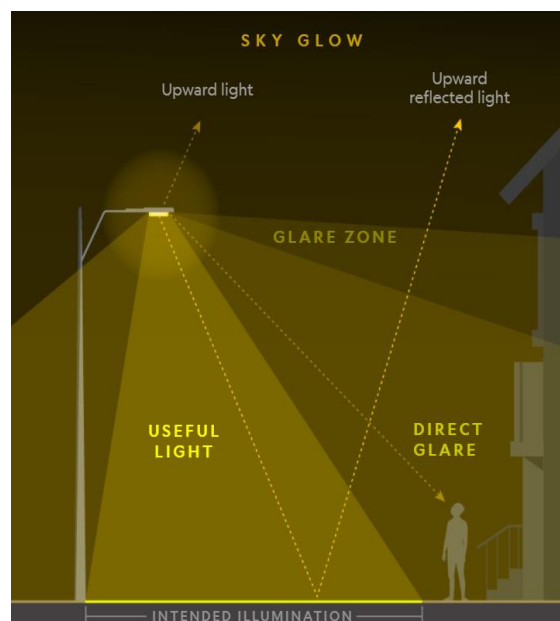
- 1) Na mjestima rada se mora osigurati prvenstveno prirodno osvjetljenje odnosno opskrbljenost umjetnom rasvjetom koja je primjerena zahtjevima za sigurnost i zaštitu zdravlja radnika.
- 2) Osvjetljenje mjesta rada mora biti u skladu sa važećim normama.
- 3) Površine za dovod prirodnog svjetla moraju biti raspoređene tako da osiguravaju ravnomjerno osvjetljavanje svih dijelova radne prostorije, a njihova ukupna površina mora iznositi najmanje 1/8 površine poda radne prostorije.
- 4) Mjesta rada na kojima zbog tehnološkog procesa nije moguće ili nije dozvoljeno prirodno osvjetljenje, umjetno osvjetljenje mora biti u skladu s prirodom tehnološkog procesa.
- 5) Otvore za prirodno osvjetljavanje treba raspoređivati tako da se spriječi direktno upadanje sunčeve svjetlosti na mjesta rada.
- 6) Ako se ne može spriječiti upad direktne svjetlosti na mjesta rada onda je potrebno primijeniti sredstva za zasjenjivanje kao što su: podesne vrste stakla, brisoleji, zastori, zavjese, premazivanje staklenih površina, nadstrešnice, itd.
- 7) Umjetno osvjetljenje potrebno je osigurati kao opće, a u ovisnosti o zahtjevima pojedinih djelatnosti i kao dopunsko osvjetljenje na mjestima rada.
- 8) Instalacije rasvjete na mjestima rada i prolazima moraju biti izvedene tako da ne predstavljaju rizik za radnike i druge osobe s obzirom na vrstu rasvjete koja je postavljena.
- 9) Mjesta rada na kojima su radnici u slučaju kvara umjetne rasvjete izloženi opasnostima moraju biti opskrbljena nužnom rasvjetom odgovarajuće jačine. [29]

## 8. SVJETLOSNO ONEČIŠĆENJE

Svjetlosno onečišćenje je prisutnost umjetne svjetlosti u noćnom okruženju koje je izraženo pretjeranom, pogrešno usmjerenom ili nametljivom upotrebom izvora svjetlosti. Izvori onečišćenja uključuju vanjsku i unutarnju rasvjetu zgrada, vanjsku rasvjetu parkirališta ili uličnu rasvjetu, osvjetljenje ureda, tvornica i sportskih mjesta koji, možemo reći, pretvaraju noć u dan za ljude koji rade i nakon zalaska Sunca. Svjetlosno onečišćenje postalo je globalno pitanje, jer činjenica je da je vanjska rasvjeta koja se koristi noću, u velikom postotku neučinkovita, pretjerano svijetla, loše usmjerena, nepropisno zaštićena i u mnogim slučajevima potpuno nepotrebna. Takva svjetlost kao i električna energija koja se koristi za njezino stvaranje, prosipa se prema nebu, umjesto da je fokus na usredotočenost na stvarne objekte i područja koja trebaju biti osvijetljena.

Svjetlosno onečišćenje uključuje sljedeće komponente:

- Odsjaj, koji predstavlja prekomjernu svjetlinu koja uzrokuje vizualnu nelagodu
- Prijestup svjetlosti, što znači da svjetlost pada tamo gdje nije namijenjena
- Svjetlosni nered predstavlja zbunjujuće i pretjerano grupiranje izvora svjetlosti
- Skyglow ili osvjetljenje noćnog neba nad naseljenim područjima [30]



Slika 8: Svjetlosno onečišćenje uličnom rasvjetom [30]

## 8.1. Posljedice svjetlosnog onečišćenja

S obzirom na štetne učinke na zdravlje, mnoge vrste, posebno ljudi, ovise o prirodnim ciklusima i proizvodnji melatonina koji se reguliraju svjetlom i tamom. Naime, ako su ljudi izloženi prekomjernim svjetlom prije spavanja, proizvodnja melatonina može se zaustaviti što može rezultirati poremećajem spavanja i drugih zdravstvenih problema poput glavobolje, umora, stresa i povećane tjeskobe.

Onečišćenje nepovoljno utječe i na astronome, kao i na slučajne promatrače noćnog neba, jer u velikoj mjeri smanjuje vidljivost zvijezda i drugih nebeskih objekata. Naime, ovakva se svjetlost raspršuje i reflektira u atmosferi, što otežava pogled na noćno nebo. Na nekim izuzetno, svjetlom onečišćenim mjestima, poput manjih zemalja kao što je Kuvajt, Singapur i San Marino, nebo je toliko ispunjeno svjetlošću da je 99,5 % svih zvijezda koje ljudi mogu vidjeti, potpuno nevidljivo bez optičke pomoći.

Studije pokazuju da svjetlosno onečišćenje utječe i na ponašanje životinja. Može izazvati dezorijentaciju u vremenu u noćnim uvjetima sa previše umjetne svjetlosti, što utječe na cikluse hranjenja, spavanja, parenja i migracije. Primjerice morske kornjače koje su vođene mjesecinom koja se odbija od vrhova valova te im služi kao vodič do mora, postaju dezorijentirane zbog primamljive ili „lažne mjeseečeve“ svjetlosti koja dolazi sa visokih zgrada, odmarališta, restorana ili trgovačkih centara i u velikom broju zalutaju na ceste ili imanja gdje često i umiru. [31]

Isto tako i veliki broj kukaca, koji su primarni izvor hrane za ptice i druge životinje, privlači umjetna svjetlost koja ih ubija ubrzo nakon neposrednog kontakta.

Osim štetnih utjecaja na ljude i životinje, svjetlosno onečišćenje utječe i na troškove električne energije. Rasvjeta je odgovorna za najmanje  $\frac{1}{4}$  ukupne potrošnje električne energije u svijetu.

Studija su pokazala da se troši 30% ukupne svjetlosti koju emitiraju vanjska javna rasvjetna tijela, što iznosi 22 teravat sata (TWh) godišnje, izgubljene električne energije. A upravo ta ukupna količina izgubljene električne energije dovoljna je za osvjetljenje preko 11 milijuna domova i napajanje više od 777 000 automobila. [32]

## 8.2. Rješenja za svjetlosno onečišćenje

Dobra je vijest da se svjetlosno onečišćenje može prilično lako smanjiti pravilnim korištenjem preporuka koje su predložili Međunarodna udruga Dark – Sky i drugi stručnjaci. Preporuke se odnose na vlasnike kuća i druge ljude koji su odgovorni za infrastrukturu, a koji mogu pomoći u suzbijanju svjetlosnog onečišćenja, smanjiti potrošnju energije i zaštititi zdravlje ljudi i životinja.

Te preporuke su:

- Korištenje energetski učinkovitijih žarulja (LED i kompaktne fluorescentne žarulje)
- Korištenje prigušivača, senzora pokreta i tajmera na vanjskoj rasvjeti
- Korištenje vanjskih rasvjetnih tijela sa zaštitom oko izvora svjetlosti kako bi se minimizirali odsjaj i svjetlosni prijestup
- Isključiti nepotrebnu unutarnju rasvjetu, posebno noću
- Isključiti uređaje sat vremena prije spavanja. Koristiti aplikacije koje filtriraju plavu svjetlost koju emitiraju na primjer mobiteli
- Ako živite u visokoj zgradi, koristite zavjese kako bi smanjili sudare ptica koje su privučene svjetlom
- Održavajte što više mraka preko noći, što znači da ostavite isključeno svjetlo u kupaonici ako morate ustati ili koristite prigušeno crveno svjetlo koje neće poremetiti vašu noćnu fiziologiju. [31]



Slika 9: Vrlo loš, bolji i najbolji primjer izvora umjetnog svjetla [33]

## 9. MJERE ZAŠTITE OD SVJETLOSNOG ONEČIŠĆENJA

Mjere zaštite od svjetlosnog onečišćenja obuhvaćaju zaštitu od nepotrebnih i štetnih emisija svjetlosti u prostor, u zoni i izvan zone koju je potrebno rasvijetliti te mjere zaštite noćnog neba i prirodnih vodnih tijela i zaštićenih prostora od umjetne rasvjete, vodeći računa o zdravstvenim, biološkim, ekonomskim, kulturološkim, pravnim, sigurnosnim, astronomskim i drugim uvjetima i potrebama. Ne smiju ugroziti sastavnice okoliša, kvalitetu življenja sadašnjih i budućih naraštaja te ne smiju biti u suprotnosti s propisima u području zaštite na radu i zaštite zdravlja ljudi.

1) Mjere zaštite od svjetlosnog onečišćenja određuju se radi:

- sprječavanja nastajanja prekomjernih emisija svjetlosti
- smanjivanja postojeće rasvijetljenosti okoliša na dopuštene vrijednosti
- udovoljavanja osnovnim zahtjevima za zaštitu koja se odnose na rasvjetna tijela, režim rada rasvjetnih tijela i način postavljanja rasvjetnih tijela
- osiguranja dostupnosti javnosti informacija planova rasvjete i akcijskih planova gradnje i/ili rekonstrukcije vanjske rasvjete (u daljnjem tekstu: akcijski plan).

2) Obvezna mjera zaštite od svjetlosnog onečišćenja pri ugradnji novih izvora rasvjete je planiranje, projektiranje i gradnja rasvjete u skladu s ovim Zakonom.

3) Obvezna mjera zaštite od svjetlosnog onečišćenja je smanjenje emisije svjetlosti valnih duljina ispod 500 nm u okoliš koje izrazito nepovoljno utječu na ljudsko zdravlje, ekosustav te sigurnost u prometu u lošim vremenskim uvjetima.

4) Obvezna mjera zaštite kod postojeće vanjske rasvjete je sanacija izvora svjetlosti kod kojih je svjetlosni tok usmjeren iznad horizontale tijekom redovitog održavanja.

5) Obvezna mjera zaštite kod vanjske rasvjete je redovito održavanje vanjske rasvjete i rekonstrukcija u skladu s akcijskim planovima iz članka 13. ovoga Zakona.

6) Primijenjene mjere zaštite od svjetlosnog onečišćenja moraju biti usklađene s ovim Zakonom i zakonskim propisima u području zaštite okoliša i energetske učinkovitosti. [34]

## 10. PROJEKTIRANJE I PRORAČUN UNUTARNJE RASVJETE

Kod projektiranja unutarnje rasvjete moramo uzeti u obzir okolišne uvjete u prostoriji te koji će se radni procesi odvijati kao i koja je potrebna razina osvjetljenja u toj prostoriji. Prilikom svakog projektiranja koriste se suvremeni alati za izradu svjetlotehničkih proračuna pri čemu se uvažavaju europske norme i preporuke za rasvjetu. Propisane norme, koje se koriste, određuju ograničenje bliještanja, prosječnu rasvijetljenost, minimalni uzvrat boje i ostale zahtjeve koji proizlaze iz specifičnosti prostora. Konačni će nam proračun nivoa rasvijetljenosti dati informacije koliko će se rasvjetnih tijela u konačnici koristiti te samim time i osigurati najveću energetska učinkovitost i optimalni vizualni komfor.

Ključni koraci u procesu projektiranja su:

- Utvrditi zahtjeve
- Odrediti način osvjetljenja
- Odabrati rasvjetnu opremu
- Izračunati parametre osvjetljenja i prilagoditi dizajn prema potrebi
- Odrediti sustav upravljanja
- Izbor rasvjetnog tijela
- Po završetku pregledati instalaciju [35]

Kod utvrđivanja zahtjeva projektiranja stječe se potpuno razumijevanje onoga što se želi postići instalacijom rasvjete, a to uključuje:

- Zahtjeve zadatka
  - Osvjetljenje
  - Odsjaj
- Atmosferu prostora
- Stvari koje treba naglasiti
- Stvari koje treba sakriti
- Smjer svjetlosti
- Interakciju dnevnog svjetla
- Odnos prema obliku prostora
- Refleksija okolnih površina [35]



U fazi određivanja načina osvjjetljenja, zapravo se razmatra način isporuke svjetlosti. Na primjer, vodi se računa o tome hoće li rasvjeta biti ugradbena, montirana na površinu zida ili stropa, izravna ili neizravna. U ovoj se fazi treba i razmotriti upotreba dnevnog svjetla kako bi se smanjila potreba za umjetnim svjetlom.

Nakon odabira načina osvjjetljenja, dolazimo do odabira najprikladnijeg izvora svjetlosti odnosno rasvjetnog tijela.

Kod odabira izvora svjetlosti treba biti upućen u sljedeće parametre:

- Izlazno osvjjetljenje
- Ukupna ulazna snaga
- Učinkovitost
- Životni vijek
- Dimenzije
- Karakteristike boja
- Električne karakteristike
- Kompatibilnost sa postojećim električnim sustavom
- Prikladnost za radno okruženje [35]

### **10.1. Proračun unutarnje rasvjete**

Nakon što su utvrđeni svi zahtjevi kod projektiranja unutarnje rasvjete, na temelju njih, dolazimo do proračuna unutarnje rasvjete. Kod projektiranja unutarnje rasvjete najvažniji nam je proračun razine osvjjetljenja. Na temelju prethodnih zahtjeva za projektiranje rasvjete, postavlja se pitanje koliki broj rasvjetnih tijela nam je potrebno da se postigne određena razina osvjjetljenja.

Metode izračuna rasvjete mogu se podijeliti u tri velike kategorije:

- Ručne metode izračuna
  - Metoda korisnosti (Lumen metoda)
  - Izračun osvjjetljenja u točki (Metoda točke)
  - Metoda Isolux krivulje
- Trodimenzionalno modeliranje

- Vizualizacija [35]

Postoji širok raspon metoda ručnog izračuna za izračunavanje različitih aspekata osvjetljenja, uključujući i složene metode za izračunavanje osvjetljenosti iz širokog spektra oblika rasvjetnih tijela. Većinu njih sada su zamijenili računalni programi. Naime, do pojave računala, lumen metoda bila je glavni oslonac za unutarnju rasvjetu i ostala je u upotrebi kao brza i relativno točna metoda izračuna osvjetljenja unutrašnjosti.

U svom radu, za izračun unutarnje rasvjete, koristio sam Lumen metodu iz razloga jer sam sa njome upoznat tijekom svog studiranja. Lumen metoda je najjednostavnija metoda koja izračunava osvjetljenost na određenoj razini u prostoru, a isto je tako moguće za željenu razinu osvjetljenosti izračunati potreban broj rasvjetnih tijela.

U sljedećim poglavljima biti će prikazan primjer proračuna broja rasvjetnih tijela za željenu razinu osvjetljenosti, Lumen metodom. Kao i proračun u jednom od dostupnih računalnih programa za projektiranje unutarnje rasvjete.

Za projektiranje rasvjete mogu se koristiti programi poput AGI 32, CalcuLux, DIALux, Radiance, Microlux, LightCalc, Visual 3D ili program koji sam koristio za primjer proračuna i projektiranja, Relux Desktop.

## 10.2. Primjer proračuna broja rasvjetnih tijela Lumen metodom

Podaci koji su nam potrebni za proračun možemo svrstati u tri grupe:

- Kao prvo potrebne su nam informacije o prostoriji, koje uključuju namjenu sobe, njezine dimenzije (duljina, širina, visina), faktor prostora kojeg moramo izračunati, faktor korisnosti prostora, visinu radne plohe (najčešće 0.85 m), kao i faktor refleksije (tablica 10.) okolnih ploha (zida, stropa i poda) koji ovisi o boji i vrsti materijala.

Tablica 10: Faktor refleksije u ovisnosti o boji površine [14]

BOJA POVRŠINE	FAKTOR REFLEKSIJE (P – ro)
Bijela ili jako svijetla	0.7
Svijetla	0.5
Tamna	0.3
Jako tamna	0.1

- Potrebne su nam informacije o rasvjetnom tijelu, koje uključuju pogonsku korisnost kao i svjetlosni tok jedne svjetiljke koje uzimamo iz kataloga proizvođača svjetiljke, treba uzeti u obzir i vrtu rasvjete (direktna ili indirektna)
- I na kraju potrebni su nam faktor planiranja ili održavanja (uzimamo 1.25) i ukupni svjetlosni tok svih izvora u nekom prostoru, kojeg moramo izračunati [36]

### **Primjer proračuna:**

Potrebno je proračunati potreban broj svjetiljki za rasvjetu uredskog prostora sljedećih dimenzija: duljine (a) = 15 m, širine (b) = 8 m, visine (h) = 3,4 m. Poznata je refleksija plohe u prostoru: strop - P = 0,8, zidovi - P = 0,5 i radna ploha - P = 0,3. Potrebno je postići rasvijetljenost od 300 Lx. Za rasvjetu je izabrana svjetiljka OSRAM DULUX L 2x24 W, temperature boje od 3100 K i svjetlosnim tokom jedne svjetiljke, prema katalogu , od 2x1800 Lm.

---


$$a = 15 \text{ m}$$

$$b = 8 \text{ m}$$

$$h = 3,4 \text{ m}$$

$$P_{\text{stropa}} = 0,8$$

$$P_{\text{zida}} = 0,5$$

$$P_{\text{radne plohe}} = 0,3$$

$$E = 300 \text{ Lx}$$

FORMULE ZA IZRAČUN:

$$\phi = \frac{f \times E \times A}{\eta_p \times \eta_s} \quad (1)$$

$$n = \frac{\phi}{\phi_i} \quad (2)$$

$$k = \frac{a \times b}{(a + b) \times h} \quad (3)$$

## POJAŠNJENJE SIMBOLA:

a – duljina prostorije

b – širina prostorije

h – visina prostorije

$\Phi$  – ukupni svjetlosni tok svih izvora u nekom prostoru

f – faktor planiranja (održavanja) – obično se uzima 1,25

E – normom određena min. srednja rasvjetljenost

A – površina rasvjetljenog prostora

$\eta_s$  – pogonska korisnost svjetiljke (iz kataloga proizvođača svjetiljke)

$\eta_p$  – faktor korisnosti prostora (iz tablice)

n – broj rasvjetnih tijela

$\Phi_i$  – svjetlosni tok samo jednog rasvjetnog tijela

k – faktor prostora

$P_{\text{stropa, zida, radne plohe}}$  – faktor refleksije

hk – udaljenost od svjetiljke do radne površine –  $hk = h - 0,85 \text{ m}$

0,85 – najčešća visina radne plohe

Ukoliko koristimo svjetiljke koje su spuštene od razine stropa, tada moramo uzeti u obzir i udaljenost svjetiljke od stropa (hd).

Tada slijedi da je:

$$hk = h - hd - 0,85 \text{ m}$$

IZRAČUN:

$$A = a \times b = 15 \times 8 = 120 \text{ m}^2$$

$$hk = h - 0,85 = 2,55 \text{ m}$$

$$k = \frac{a \times b}{(a + b) \times hk} = \frac{15 \times 8}{(15 + 8) \times 2,55} = 2,05 \approx 2$$

$$f = 1,25$$

$$\eta_p = 0,91 \text{ (Slika 10)}$$

$$\eta_s = 0,58 \text{ (iz kataloga)}$$

Tablica 11: Tablica faktora korisnosti prostora s obzirom na faktor refleksije okolnih ploha i faktor prostora [37]

Luminaries ceiling mounted Reflectances, $\rho$										
Ceiling	0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	0.8	0.8	0.5	0.5	0.3
Wall	0.8	0.5	0.3	0.5	0.3	0.8	0.3	0.5	0.3	0.3
Surface	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Room factor k	Room utilization factor in %									
	0.6	73	46	37	44	36	66	36	42	35
0.8	82	57	47	54	46	74	45	51	44	44
1.0	91	66	56	62	54	80	53	59	52	51
1.25	98	75	65	70	62	85	61	66	60	59
1.5	103	82	73	76	69	89	67	72	66	65
2.0	109	91	82	84	78	94	75	78	73	72
2.5	114	98	90	90	84	97	81	83	79	77
3.0	117	103	96	95	90	99	86	87	83	82
4.0	120	109	103	100	95	101	91	91	88	86
5.0	122	113	107	103	98	103	93	93	91	89

$$\phi = \frac{f \times E \times A}{\eta_p \times \eta_s} = \frac{1,25 \times 300 \times 120}{0,91 \times 0,58} = 85260 \text{ Lm}$$

$$\phi_i = 2 \times 1800 \text{ Lm (iz kataloga)}$$

$$n = \frac{\phi}{\phi_i} = \frac{85260}{2 \times 1800} = 23,7 \approx 24 \text{ svjetiljke}$$

### 10.3. Proračun broja rasvjetnih tijela u Relux Desktop-u

Relux Desktop nudi niz različitih postavki za izračun rasvjete za unutarnje i vanjske instalacije, uključujući ulice i tunele, kao i izračun izravnog i neizravnog svjetla. Relux Desktop aplikacija omogućuje nam vrlo brzu podršku kao i učinkovitost u pogledu raznih aspekata velikih i malih projekata.

U pogledu projektiranja unutrašnjosti, aplikacija koristi sljedeće standarde:

- EN1838
- ASR A3.4
- EN12364 – 1
- DIN 5034 [38]

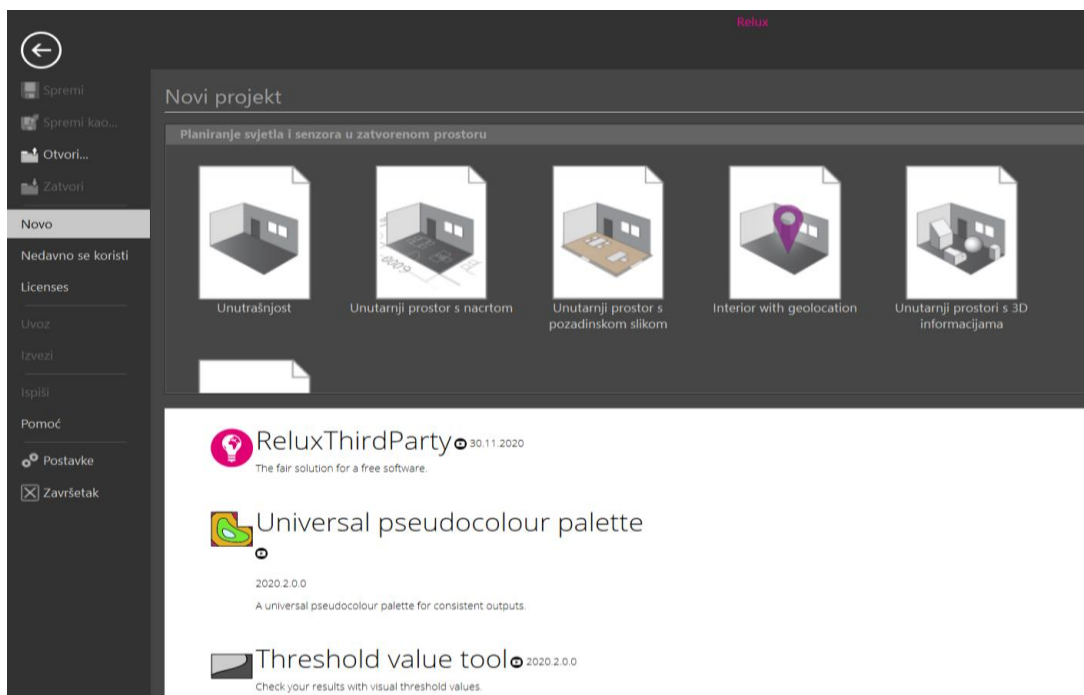


Slika 10: ReluxDesktop logo [38]

#### 10.3.1. Primjer projektiranja i proračuna

Za primjer projektiranja i proračun unutrašnjosti (uredskog prostora) u Relux Desktopu koristio sam primjer prethodnog zadatka.

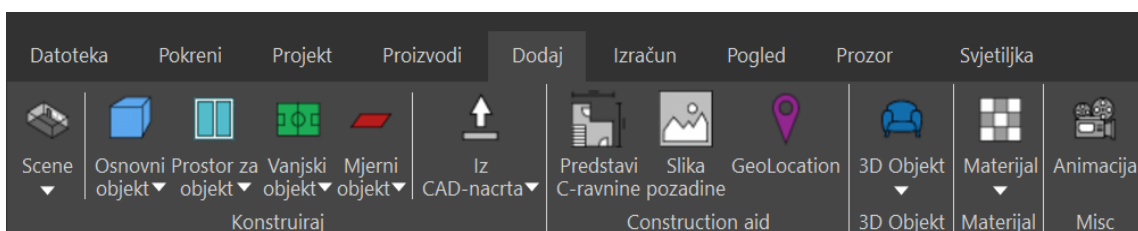
Kod otvaranja Relux Desktop programa, otvara se početni prozor (slika 12.) u kojem nam se nudi mogućnost odabira izrade novog projekta, gdje možemo birati između planiranja osvjetljenja i senzora u zatvorenom prostoru (unutrašnjosti) ili na otvorenom. Za zatvoreni prostor imamo mogućnost odabira unutrašnjosti, unutarnjeg prostora s nacrtom, unutarnjeg prostora sa pozadinskom slikom, unutrašnjost s geolokacijom, unutarnjeg prostora s 3D informacijama ili unutarnjeg prostora s Relux expressom. Dok nam se za projektiranje svjetla i senzora na otvorenom nudi mogućnost odabira između vanjske instalacije, vanjskog prostora sa slikom pozadine, ceste, tunela ili vanjskog prostora s geolokacijom.



Slika 11: Početni prozor Relux Desktop-a [39]

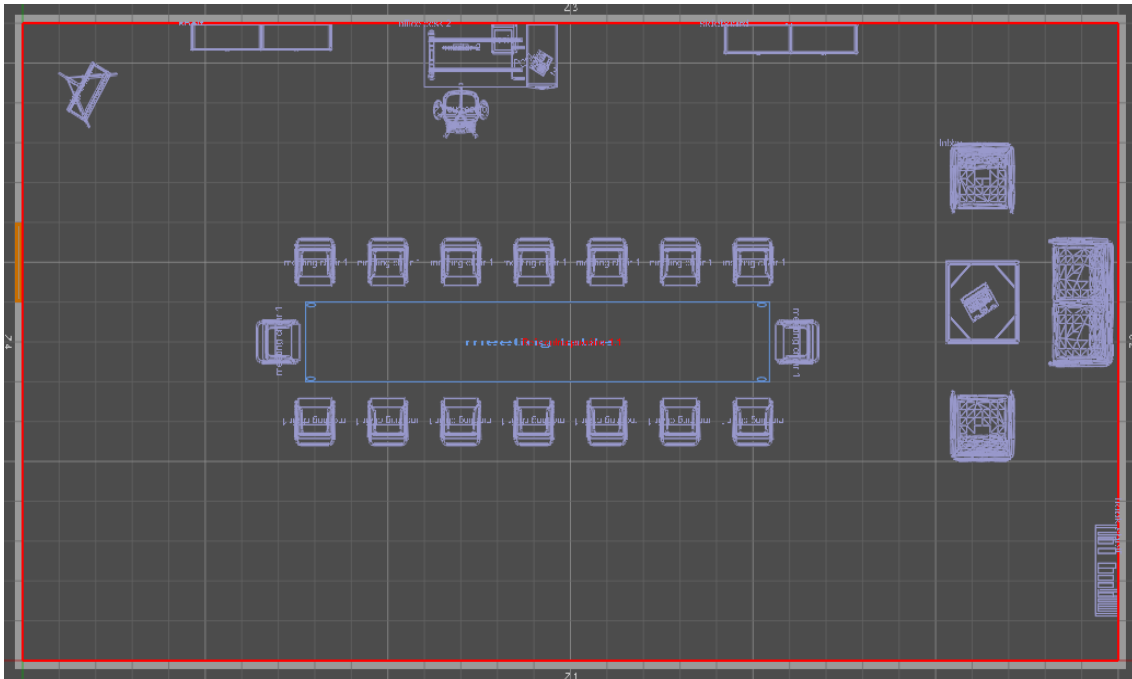
Nakon što smo odabrali novi projekt za unutrašnjost, otvara nam se prozor u kojem unosimo podatke o dimenziji prostorije (duljina, širina, visina), visini referentne površine te pomak do zida. Isto tako imamo mogućnost odabira materijala za zidove, podove i stropove ili jednostavnog upisa refleksije pojedinih ploha u prostoru.

Nakon unešenih svih potrebnih podataka iz prethodnog primjera proračuna Lumen metodom, počelo se sa odabirom umjetne rasvjete i 3D objekata odnosno namještaja za uredski prostor (slika 13.). Postoje tu još i mnoge druge mogućnosti za postavljanjem osnovnih oblika (poput kvadra, prizme, pravokutnika, itd.), raznih oblik prozora ili vrata, vanjskih objekata te mjernih objekata.



Slika 12: Kartica za dodavanje objekata [39]

U svom primjeru dodao sam razne vrste namještaja kako bi što bolje dočarao uredski prostor (slika 14.). Za razliku od stolova i stolica i ostalog namještaja kojeg sam dodao u prostor, dodavanje prozora utječe na proračun jer nam oni služe za dobivanje prirodnog svjetla, stoga sam ih izostavio kako bi dobio što preciznije podatke kao i kod proračuna Lumen metodom. Za svaki dodani objekt nudi nam se mogućnost promjena njegovih karakteristika poput pozicije, rotacije i veličine samog objekta, ali i mogućnost odabira materijala.

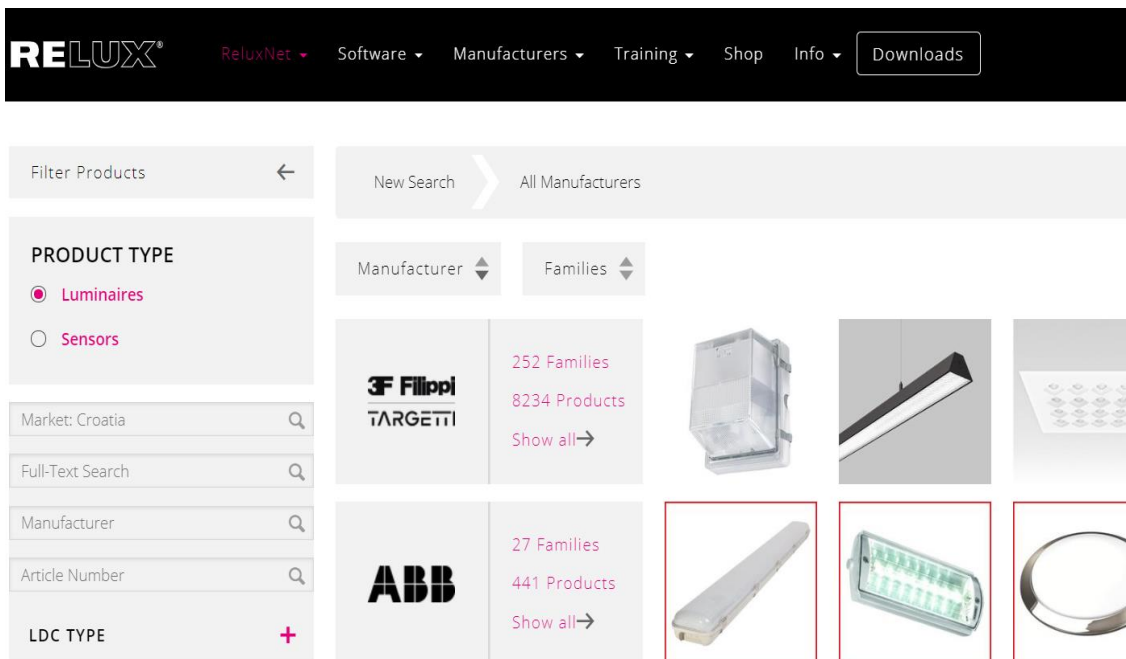


Slika 13: Tlocrt uredskog prostora [39]

### 10.3.2. Način postavljanja rasvjetnih tijela

Kako bi proračunali unutarnju rasvjetu, sljedeći je korak odabir i postavljanje svjetiljki. Svjetiljke odabiremo u kartici „Proizvodi“ gdje možemo odabrati i različite vrste senzora ukoliko su nam potrebni. Pritiskom na „Relux Net“ otvara nam se, na stranici Reluxa, katalog (slika 15.) sa raznim proizvođačima svjetiljki i mogućnošću namještanja filtera, gdje možemo birati: način raspršivanja svjetlosti, radi li se o vanjskoj ili unutarnjoj rasvjeti, oblik svjetiljke, tip ugradnje (zid, stop, pod), tip žarulje, iznos svjetlotehničkih veličina (snaga žarulje, korisnost i svjetlosni tok) te još određenih filtera kako bi mogli što bolje odabrati odgovarajuće rasvjetno tijelo za naš prostor.



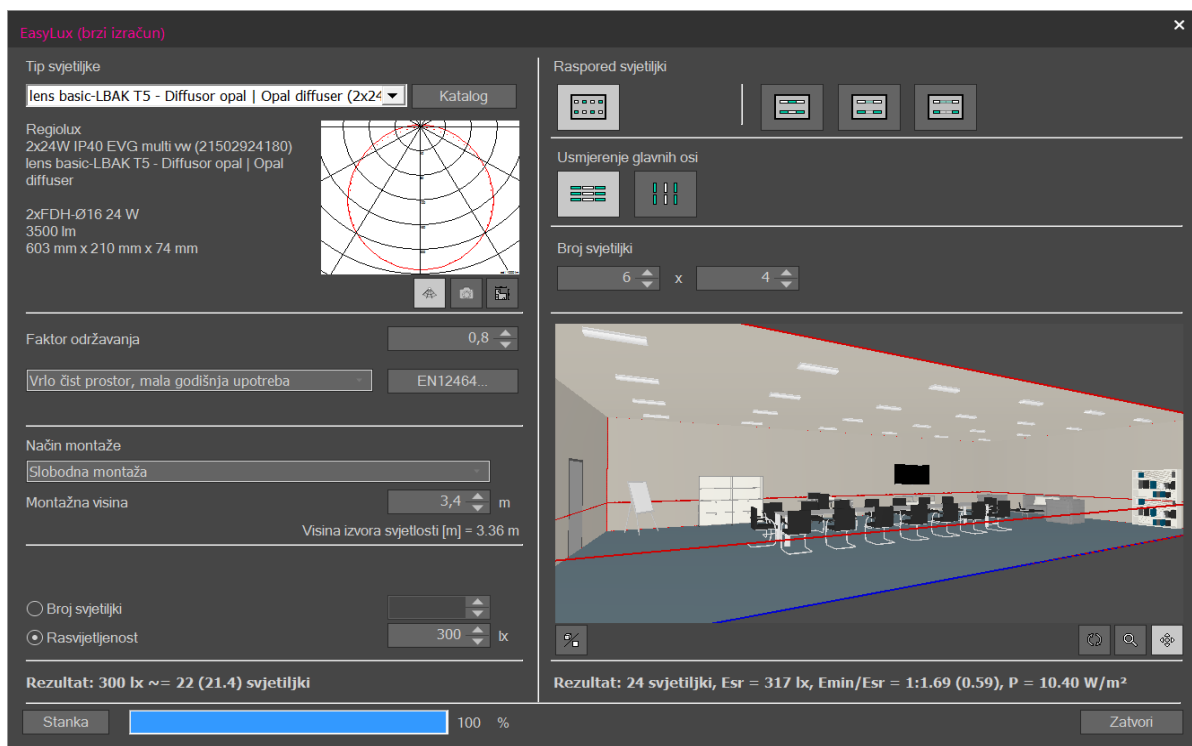


Slika 14: Relux Net katalog svjetiljki [39]

U ovom primjeru odabran je tip svjetiljke Regiolux 2x24W IP40 EVG multi vw sa ukupnim svjetlosnim tokom od 3500 Lm kako bi kod izračuna broja svjetiljki za zadanu rasvjetljenost dobili isti broj kao i kod proračuna Lumen metodom.

Način na koji možemo postavljati svjetiljke je ručno tako da kliknemo na mjesto gdje je želimo postaviti ili na jednostavniji način, pomoću „asistenta razmještaja“, koji nam omogućuje postavljanje određenog broja svjetiljki za rasvjetljenost koju želimo postići, postavljanje faktora održavanja, načina montaže te raspored rasvjete kako bi zadovoljili normu.

Rezultati dobiveni nakon postavljanja potrebnog broja svjetiljki za rasvjetu uredskog prostora, potrebne rasvjetljenosti od 300 Lx, prikazani su na slici (slika 16.).

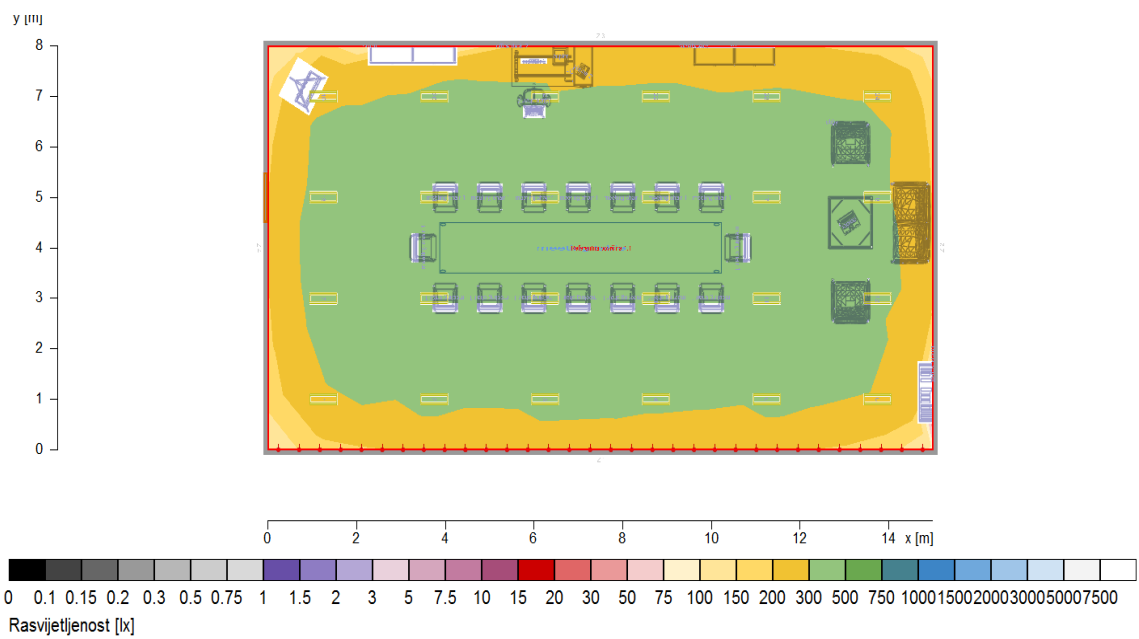


Slika 15: Izračun broja svjetiljki u Relux Desktop-u [39]

### 10.3.3. Relux izračun

Kako bi dobili rezultate izračuna, moramo otići na karticu „izračun“ i nakon toga pritiskom na „Izvedi Relux izračun“, program računa prosječnu, minimalnu i maksimalnu rasvjetljenost referentne površine, zidova i poda.

Klikom na karticu „rezultati“ imamo mogućnost, u ispisanom obliku, pregleda dobivenih izračuna za ukupni svjetlosni tok žarulja, ukupnu snagu, te ukupnu snagu po površini (120 m<sup>2</sup>) prema zadanim podacima. Nakon dobivenog izračuna možemo vidjeti, u 3D prikazu kako je naš prostor sada osvijetljen (slika 18.), klikom na „3D-sjajnost“. Osim toga postoji i mogućnost prikaza pseudo boja odnosno razine rasvjetljenosti pojedinih elemenata u prostoru (slika 17.), u 2D, 3D ili tabličnom prikazu rasvjetljenosti.



Slika 16: Prikaz rasvjetljenosti nakon izračuna [39]



Slika 17: 3D prikaz osvjetljenog prostora [39]

## 11. ZAKLJUČAK

Osvjetljenje može biti prirodno, umjetno ili kombinacija prirodnog i umjetnog svjetla. Dobra rasvjeta stvorit će vizualno okruženje koje omogućava ljudima da vide, da se kreću bez straha i izvršavaju vizualne zadatke učinkovito, precizno i sigurno, bez izazivanja neprimjerenog umora i nelagode. Isto tako dobra rasvjeta zahtijeva jednaku pozornost na količinu i na kvalitetu osvjetljenja. U mnogim slučajevima vidljivost ovisi o načinu na koji se svjetlost isporučuje, karakteristikama boje izvora svjetla i površinama, kao i razini bliještanja iz sustava.

Stoga možemo zaključiti da u današnje vrijeme ljudi većinu vremena provode u zatvorenom, u osvjetljenju koje se najčešće kreće između 50 i 500 luksa (lx) te je iz tog razloga bitno da se osvjetljenju pristupi s dovoljno pažnje. Drugim riječima, od velike je važnosti da se na mjestima gdje ljudi provode većinu vremena, a to su najčešće mjesta na kojima ljudi rade, osigura ponajprije prirodna svjetlost prvenstveno iz razloga da omogući udobnost, učinkovitost, zdravlje, sigurnost i kako bi, smanjenjem potrebe za umjetnim svjetlom, uštedjeli energiju. A nedostatkom iste, ovisno o vrsti posla, dolazimo do potrebe za ugradnjom adekvatne umjetne svijetlosti koja mora zadovoljavati propisane norme i pravilnike. Posljedice loše izvedenog osvjetljenja rezultirat će umorom, problemima sa snom, nedostatkom energije, padom produktivnosti pa čak i depresijom, dok će s druge strane dobro osvjetljenje utjecati na to kako se osjećamo i na taj nam način pomoći oblikovati našu kvalitetu života.

## 12. LITERATURA

- [1] Taylor E. F. Alma: Illumination Fundamentals, Lighting Research Center, Rensselaer Polytechnic Institute, (2000.)
- [2] <https://www.shutterstock.com/search/visible+light+spectrum>
- [3] <https://www.image-engineering.de/library/technotes/747-common-photometric-quantities-and-units>
- [4] <https://korak.com.hr/korak-051-svjetlost-1-dio-svjetlotehnicke-velicine-mjerne-jedinice-vrste-rasvjetnih-tijela/>
- [5] [https://www.engineeringtoolbox.com/luminous-efficacy-d\\_1932.html](https://www.engineeringtoolbox.com/luminous-efficacy-d_1932.html)
- [6] <https://www.nist.gov/programs-projects/photometry>
- [7] Majoros A. : Artificial lighting, Faculty of Architecture, Budapest Univeristy of Technology and Economics, (2011.)
- [8] <https://www.lightnowblog.com/2016/03/introduction-to-lighting-design/>
- [9] McMullan R. : Natural Lighting. In: Environmental Science in Building, Macmillan Building and Surveying Series. Palgrave, London, (1992.), ISBN 978-0-333-57676-2
- [10] <http://gim.gimpoz.hr/repos/files/1351250615fotometrijske-velicine-i-jedinice.pdf>
- [11] <https://lightjourney.com.sg/importance-of-lighting/>
- [12] <https://maintenx.com/natural-light-vs-artificial-light-pros-cons/>
- [13] <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg38.pdf>
- [14] <https://www.engineeringenotes.com/illumination-engineering/lighting-schemes/design-of-lighting-schemes-8-factors-illumination-engineering/37265>
- [15] [https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog\\_22703/objava\\_31147/fajlovi/ELEKTROINST3.pdf](https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_22703/objava_31147/fajlovi/ELEKTROINST3.pdf)
- [16] <https://www.ledwatcher.com/natural-vs-artificial-lighting/>
- [17] <https://www.any-lamp.com/blog/natural-light-vs-artificial-light>

- [18] <https://www.standardpro.com/3-basic-types-of-lighting/>
- [19] <https://www.aydinlatma.org/en/what-is-direct-and-indirect-lighting.html>
- [21] ISO 8995 CIE S 008/E INTERNATIONAL STANDARD, Lighting of indoor work places
- [20] <https://www.teslashub.com/2019/07/891y43987.html>
- [22] <https://www.tnuda.org.il/en/physics-radiation/infrared-visible-light-and-soft-ultraviolet-radiation-%E2%80%93-introduction/artificial>
- [23] <https://radar.brookes.ac.uk/radar/file/a2d1265f-a58d-44e2-82c7-85285b11b22f/1/enongene2017energy.pdf>
- [24] <https://www.el-zap.hr/proizvod/zarulja-e27-zarna-nit-25w-200w/>
- [25] <https://www.svijet-svjetiljki.hr/halogenazarulja-e27-52w-prozirna/>
- [26] [http://my.ilstu.edu/~gjin/p2/Lighting\\_P2\\_in\\_Energy/Lighting\\_P2\\_in\\_Energy6.html](http://my.ilstu.edu/~gjin/p2/Lighting_P2_in_Energy/Lighting_P2_in_Energy6.html)
- [27] <https://insights.regencylighting.com/what-are-cfl-bulbs-and-where-should-they-be-used>
- [28] <https://hr.prodaja2021.com/category?name=gra%C4%91a%20led%20rasvjeta>
- [29] NN 29/2013 Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada
- [30] <https://www.darksky.org/light-pollution/>
- [31] <https://www.nationalgeographic.com/science/article/nights-are-getting-brighter-earth-paying-the-price-light-pollution-dark-skies>
- [32] <https://www.delmarfans.com/educate/basics/lighting-pollution/>
- [33] <https://www.slideshare.net/christian.reinboth/light-pollution-and-led-lighting>
- [34] NN 14/19 Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja
- [35] <https://electrical-engineering-portal.com/7-key-steps-in-lighting-design-process>
- [36] <https://www.cibse.org/getmedia/0276ac78-dc41-4694-9378-8f984ef924f2/GPG300-The-Installers-Guide-to-Lighting-Design.pdf.aspx>

[37] <https://slideplayer.com/slide/12350013/>

[38] <https://reluxnet.relux.com/en/relux-desktop.html>

[39] Izvor: Izrada autora

### 13. POPIS SLIKA

Slika 1 : Elektromagnetski spektar [1] .....	2
Slika 2: Vidljivi spektar zračenja [2].....	3
Slika 3: Opća/ambijentalna rasvjeta prema emisiji svjetlosti [20].....	18
Slika 4: Žarulja sa žarnom niti [24].....	21
Slika 5: Halogena žarulja [25].....	22
Slika 6: Dijelovi CFL žarulje [27].....	24
Slika 7: Dijelovi LED žarulje [28] .....	25
Slika 8: Svjetlosno onečišćenje uličnom rasvjetom [30] .....	27
Slika 9: Vrlo loš, bolji i najbolji primjer izvora umjetnog svjetla [33].....	29
Slika 10: ReluxDesktop logo [38].....	37
Slika 11: Početni prozor Relux Desktop-a [39] .....	38
Slika 12: Kartica za dodavanje objekata [39].....	38
Slika 13: Tlocrt uredskog prostora [39] .....	39
Slika 14: Relux Net katalog svjetiljki [39].....	40
Slika 15: Izračun broja svjetiljki u Relux Desktop-u [39] .....	41
Slika 16: Prikaz rasvijetljenosti nakon izračuna [39].....	42
Slika 17: 3D prikaz osvijetljenog prostora [39] .....	42



## 14. POPIS TABLICA

Tablica 1: Fotometrijske veličine [3] .....	5
Tablica 2: Primjer rasvijetljenosti [4].....	6
Tablica 3: Primjer svjetlosne iskoristivosti za pojedine izvore svjetlosti [5].....	6
Tablica 4: Primjer prosječne osvjetljenosti za pojedine izvore svjetla [4].....	7
Tablica 5: Psihološki utjecaj svjetlosti [8] .....	9
Tablica 6: Rasvijetljenost prirodnih izvora svjetlosti [10] .....	10
Tablica 7: Ujednačenost osvjetljenja [15].....	13
Tablica 8: Karakteristike različitih vrsta žarulja [23].....	20
Tablica 9: Karakteristike pojedinih vrsta fluorescentne žarulje [26] .....	24
Tablica 10: Faktor refleksije u ovisnosti o boji površine [14] .....	33
Tablica 11: Tablica faktora korisnosti prostora s obzirom na faktor refleksije okolnih ploha i faktor prostora [37].....	36