

VRSTE RASVJETE

Ćukušić, Angelina

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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:128:542013>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-25**



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

Angelina Ćukušić

VRSTE RASVJETE

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2020.

Karlovac University of Applied Sciences
Safety and Protection Department
Professional undergraduate study of Safety and Protection

Angelina Čukušić

TYPES OD LIGHTING

Final paper

Karlovac, 2020.

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Angelina Ćukušić

VRSTE RASVJETE

Završni rad

Mentor: dr.sc. Slaven Lulić

Karlovac, 2020.



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

Stručni studij: Sigurnost i zaštita

Usmjerenje: Zaštita od požara

Karlovac, rujan, 2020.

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Angelina Ćukušić

Matični broj: 0415617052

Naslov: Vrste rasvjete

Opis zadatka:

U završnom radu bit će govora unutarnjoj i vanjskoj rasvjeti, utjecaju na čovjeka kao i primjenama rasvjete u nekim aspektima ljudskog života.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:
obrane:

Predviđeni datum

04/2020

06/2020

09/2020

Mentor:
dr.sc. Slaven Lulić

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:
Ivan Štedul, prof.

PREDGOVOR

Zahvaljujem mentoru dr.sc. Slavenu Luliću koji mi je pomogao u izradi ovog završnog rada, usmjeravao me te stručnom literaturom pomagao u izradi, i svojim savjetima upotpunio ovaj rad kao jednu cjelinu.

Također, htjela bih se zahvaliti svojoj obitelji i prijateljima na podršci i pomoći koju su mi dali tijekom studija.

SAŽETAK

Tema završnog rada je vrsta rasvjete. Osvjetljenje je nužno za ljudski život te bez njega ljudi ne bi mogli nesmetano izvršavati svoje svakodnevne aktivnosti.

Na početku govorim općenito o svjetlosti, kako utječe na zdravlje i rad čovjeka te koji su problemi dugotrajnog izlaganja pojedinoj vrsti.

U nastavku govorim o prirodnoj svjetlosti i umjetnoj te o njihovim međusobnim podjelama.

SUMMARY

The topic of the final work is the type of lighting. Lighting is necessary for human life, and without it, people would not be able to carry out their daily activities without it.

At the beginning, I talk in general about light, how it affects human health and work, and what are the problems of long-term exposure to a particular species.

Below I talk about natural and artificial light and their mutual divisions.

KLJUČNE RIJEČI

Svjetlost, rasvjeta, žarulja, svjetiljke

KEYWORDS

Light, lighting, bulb, lamp

Sadržaj

1. UVOD	1
2. SVJETLOST	2
2.1. Prirodni izvori svjetlosti	3
2.2. Umjetni izvori svjetlosti	4
2.2.1. LED žarulja	4
2.2.2. Žarulja sa žarnom niti	5
2.2.3. Visokotlačne živine žarulje	6
2.2.4. Visokotlačna metalhalogena žarulja	7
2.2.5. Visokotlačne natrijeve žarulje	8
2.2.6. Niskotlačna natrijeva žarulja	9
2.2.7. Niskotlačna fluorescentna cijev	10
2.2.8. Fluokompaktna žarulja	10
3. UNUTARNJA RASVJETA	11
3.1. Faktori osvjetljenja prostorije	11
3.1.1. Nivo osvjetljenosti	12
3.1.2. Ravnomjernost osvjetljenosti	13
3.1.3. Ravnomjernost sjajnosti	13
3.1.4. Ograničavanje bliještanja	14
3.1.5. Smjer upada svjetlosti	15
3.1.6. Klima boja	16
3.1.7. Ograničenje stroboskopskog efekta	17
3.2. Utjecaj umjetne rasvjete na zdravlje čovjeka	17
4. VANJSKA RASVJETA	19
4.1. Cestovna rasvjeta i svjetlosno onečišćenje	20
4.2. Sustavi za upravljanje pametne javne rasvjete	24
4.3. ESCO model financiranja	26
5. ZAKLJUČAK	27
6. LITERATURA	28

1. UVOD

Rasvjeta je primjena svjetlosti koju dobijemo iz električne energije. Danas se bez nje ne može zamisliti život te je jedan od osnovnih uvjeta za njega. Kako čovjek najveći dio informacija dobiva vidom (čak 80%) potrebno je povoljno osvjetljenje radnih prostorija i radnoga mjesta.

U javnosti se s vremenom sve više povećava svijest o potrošnji energije trošila pa tako i kod rasvjetnih tijela, gdje je ekonomičnost danas najvažniji faktor jer što je veći trošak energije, veći su i novčani izdaci.

U rasvjeti je najvažnije dobiti što veći faktor svjetlosti za što manje utrošene energije zbog uštede novca, ali i zbog utjecaja na okoliš. Znamo da u Republici Hrvatskoj kao i u većini zemalja svijeta veliki dio električne energije se dobiva iz elektrana koje koriste neobnovljive izvore energije.

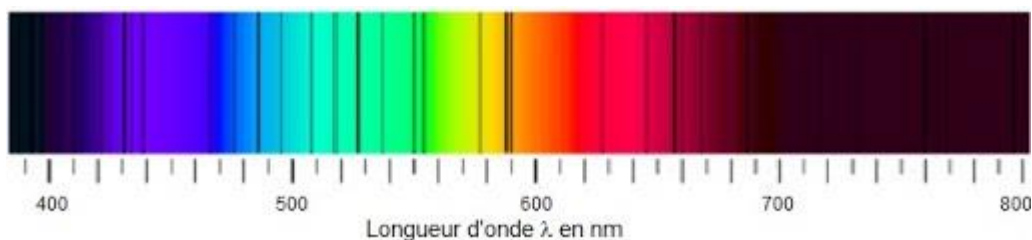
U ovom završnom radu definirat ću rasvjetu, opisati vrste rasvjete i zaključiti koja vrsta je danas najzastupljenija te je li današnja rasvjeta ekonomičnija u usporedbi sa prošlom.

2. SVJETLOST

Svjetlost je po definiciji elektromagnetsko zračenje koje je vidljivo našem oku. Za svjetlost možemo reći da je dualne prirode to jest sa fizikalnog stajališta je možemo opisati čestičnom (Planckovom) i valnom (Maxwellovom) teorijom [1].

U današnje vrijeme svjetlost je vrlo potrebna za obavljanje svakodnevnih aktivnosti i rada.

Ljudsko oko može vidjeti svjetlost u rasponu od 380 do 780 nm te u tom spektru ljudsko oko razliku boje (slika 1.) . Možemo reći kako je svjetlo podražaj koji dolazi u naše oko s pojedinih tijela koje nas okružuju, a tijelo s kojeg takav podražaj dolazi se naziva izvor svjetlosti.



Slika 1. Spektar boja

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9d/Fraunhofer_lines_FR.svg

Razlikujemo više izvora svjetlosti, a to su:

- Prirodni
- Umjetni

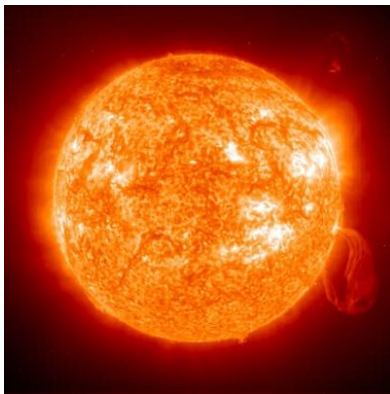
2.1. Prirodni izvori svjetlosti

Prirodne izvore svjetlosti dijelimo na primarne i sekundarne.

Primarni izvori svjetlosti se nazivaju još i termički izvori, a oni emitiraju stalno svjetlo koje ovisno o temperaturi varira od crvenog do plavog svjetla kao što je prikazano na slici br. 2. Postoje tri načina emitiranja svjetlosti:

- Putem uporabe električne energije kao izvora gdje se tijela zagrijavaju sve do usijavanja putem električne energije, a kao posljedica nastaje svjetlo. To su npr. Sve vrste normalnih i homogenih sijalica, grijači itd.
- Putem uporabe toplinske energije gdje dolazi do razvijanja topline i kao za posljedicu se stvara svjetlost, a to su npr. različite vrste goriva.
- Nuklearne reakcije koje su sve vrste atomskog zračenja, a najbolji primjer je Sunce [2].

Sekundarni izvori svjetlosti su sva tijela od koje se svjetlost reflektira, kao što je npr. Mjesec koji svijetli tako što se Sunčeva svjetlost odbija od njega.



Slika 2. Prirodni izvor svjetlosti

https://www.wikiwand.com/hr/Svjetlost#/Izvori_svjetlosti

2.2. Umjetni izvori svjetlosti

Umjetni izvori svjetlosti su sva tijela koja se zagrijevaju električnom strujom te na taj način daju svjetlost, kao što su različite žarulje i svijeće. Primjer umjetnog izvora svjetlosti prikazan je na slici br. 3.



Slika 3. Umjetni izvor svjetlosti

<https://rasvjeta-mea-futura.com/shop/cijena/stolna-lampa-led-faro-inviting>

2.2.1. LED žarulja

Led rasvjeta je relativno nova vrsta rasvjete. LED žarulje (slika 4.) su električna svjetla za uporabu u svjetiljkama koje proizvode svjetlost pomoću svjetleće diode. LED žarulja dobra je zamjena za halogene 3žarulje kao i zamjena za klasične i šparne žarulje kao štedljiviji i dugotrajniji proizvod. Karakteristike LED žarulja su mala potrošnja čak do 90% i njihov dugi vijek trajanja do 50.000 radnih sati. LED žarulje su ekološki proizvod jer nemaju nikakve štetne spojeve i dijelove. Otporne su na udarce i vibracije jer nemaju pokretne dijelove te ne zrače UV zrakama. Svjetlosne diode sadrže poluvodiče koji se sastoje od nekoliko slojeva poluvodičkog materijala koji pretvaraju električnu struju direktno u svjetlost. LED dioda je posebna vrsta diode koja zrači svjetlost kada je propusno polarizirana. LED dioda ima dvije elektrode anodu i katodu. Anoda je pozitivna elektroda dok je katoda negativna [3]. Ukoliko na LED diodu dovedemo takav napon da je anoda na pozitivnijem potencijalu od katode, ona će provesti struju i zasjati. Ako je napon suprotnog polariteta, LED neće svijetliti. LED daje samo određene boje, a da bi se

dobila bijela svjetlost, fosfor u LED-u se pobuđuje emisijom svjetla plave diode kako bi davao žuto svjetlo. Koncentracija fosfora se prilagođava na tu razinu, da se plavo i žuto svjetlo miješaju, kako bi se dobila bijela svjetlost sa indeksom uzvrata boje.



Slika 4. LED žarulja

<https://www.bauhaus.hr/commel-led-zarulja-e27-9-w.html>

2.2.2. Žarulja sa žarnom niti

Žarulja sa žarnom niti (slika 5.) koristi princip termičkog zračenja. To je uređaj za pretvaranje električne energije u svjetlost. Svjetlost nastaje tako što struja teče kroz tanku volframovu nit i zagrijava ju na temperaturu od 2.600 do 3.000 K te zrači energiju u obliku vidljive svjetlosti i toplinskog zračenja. Užarena nit zatim emitira elektromagnetsko zračenje u vidljivom dijelu spektra. Zbog visoke temperature velik dio zračenja otpada na infracrveni spektar, dok se većina snage ipak utroši u zagrijavanje niti te se time smanjuje efikasnost takvih izvora. Takva žarulja se često koristi u kućanstvima i osnova je za većinu prenosivih svjetiljki. Glavni nedostatak je niska energetska učinkovitost. Žarulje sa žarnom niti mogu biti različitih oblika i dimenzija koja sadrže žarnu nit unutar staklenog kućišta sa zrakopraznim prostorom kako ne bi došlo do njezina izgaranja [4].



Slika 5. Žarulja sa žarnom niti

<https://termometal.hr/zarulje-grupa-539/>

2.2.3. Visokotlačne živine žarulje

Živine žarulje (slika 6.) su najstarije žarulje na izbor. Visokotlačne živine žarulje imaju široku primjenu za rasvjetu prostora kao što su autobusni i željeznički kolodvori, prometnice za motorna vozila i tuneli. Visokotlačne žarulje su na bazi živinih para i daju do tri puta bolje iskorištenje svjetlosti od običnih žarulja, a nisu ni osjetljive na česte padove napona. One su slične po svom vanjskom izgledu običnoj žarulji koja se koristi u kućanstvu. Unutar staklenog balona je smješten žižak. Stjenke žiška su od kvarcnog stakla, a na njegovim krajevima je utaljena po jedna elektroda i jedna sporedna elektroda za paljenje. U unutrašnjosti žiška se nalazi plin argon i nekoliko kapi žive. Vanjski balon štiti žižak od vanjskih utjecaja, ali apsorbira ultraljubičaste zrake koje žižak propušta. Prostor između žiška i balona je ispunjen internim plinom. Prilikom paljenja tih žarulja potrebno je 3 do 6 minuta zagrijavanja u žišku. Tada živa ispari i tlak u žišku naglo naraste. Kada se stvori dovoljno živinih para, u žišku se stvara luk i žižak svijetli plavo-bijelim svjetlom [5]. Trajnost im je do 6000 sati rada. Imaju dobru svjetlosnu

iskoristivost, veliku trajnost, relativno povoljan indeks reprodukcije boja te lako rukovanje. Nedostatak žarulja je da se gase kada pogonski napon padne ispod 180 V, nakon gašenja se ne mogu odmah upaliti te im je potrebno hlađenje i do 5 minuta.



Slika 6. Visokotlačna živina žarulja

<http://e-elektro.blogspot.com/2010/11/visokotlacne-izbojne-zarulje.html>

2.2.4. Visokotlačna metalhalogena žarulja

Visokotlačna metalhalogena žarulja (slika 7.) je suvremeni izvor svjetlosti koja ima relativno visoku svjetlosnu iskoristivost, velike je trajnosti i dobrog indeksa reprodukcije boja. Visokotlačne metalhalogene žarulje su slične visokotlačnim živinim žaruljama, pri čemu se u plinu nalaze dodaci kao što su metalne soli koji žarulji daju bolji svjetlosni spektar te bolji indeks boje. Interni plin u metalhalogenim žaruljama ima većinski spektar u vidljivom svjetlu. Vijek trajanja je oko 15000 sati dok temperatura boje ovisi o točnom sastavu internog plina te dostiže raspon od 3000 K do 20000 K, a za standardne tipove žarulja najviša temperatura boje se kreće oko 4300 K [6]. Boja svjetlosti visokotlačnih metalhalogenih žarulja je toplo bijela, neutralno bijela i boja dnevne svjetlosti. Prednosti metalhalogenih žarulja je dobra reprodukcija boja i dobro svjetlosno djelovanje dok im je

nedostatak velika luminancija i zbog toga se upotrebljavaju u poluzasjenjenim svjetiljkama.



Slika 7. Visokotlačna metalhalogena žarulja

<https://by-pass.hr/proizvod/metal-halogena-vt-zarulja-krc-e-vbu-400w-e40/>

2.2.5. Visokotlačne natrijeve žarulje

Visokotlačne natrijeve žarulje (slika 8.) izvor su svjetlosti na principu izbijanja kroz natrijeve pare visokog tlaka do 10 milibara pri čemu dolazi do emisije žuto bijele svjetlosti. Imaju relativno dobar indeks reprodukcije boje što omogućuje široku zastupljenost u rasvjeti prometnica. One se sastoje od staklenog balona u kojemu je ugrađen keramički žižak, izgrađen od polikristalne keramike aluminijskog trooksida koji ne propušta plinove. Keramički žižak sadrži nekoliko miligrama natrija i žive. Vanjski balon mora biti cjevastog ili elipsastog oblika, prozirne boje koji s unutrašnje strane ima tanak sloj bijelog nanosa koji snižuje luminanciju zbog čega se primjenjuje u cestovnoj rasvjeti. Spektar svjetlosti visokotlačne natrijeve žarulje nije jednobojan. Zbog povišenog tlaka ksenona, žive i nove tehnologije razvučen je od 550 do 680 nanometara. Visoki zrakoprazan prostor koji se nalazi između žiška i balona jamči optimalnu temperaturu žiška maksimalne svjetlosne iskoristivosti od 150 lm/W. Te žarulje su otporne na niske i

visoke temperature. Trajnost visokotlačne natrijeve žarulje je oko 24000 sati rada. Prednost je što imaju dobru svjetlosnu iskoristivost, dosta dugu trajnost, dobru reprodukciju boje i malih su dimenzija. Nedostaci su velika luminancija i potreban je poseban uređaj za paljenje [7].



Slika 8. Visokotlačna natrijeva žarulja

<https://www.conrad.hr/izbojna-svjetiljka-osram%2C-visokotlacna-natrijeva-zarulja%2C-e40%2C-400-w%2C-cjevasti-oblik-4050300281179>

2.2.6. Niskotlačna natrijeva žarulja

Niskotlačne natrijeve žarulje pogodne su za rasvjetu prometnica, autocesta, zaobilaznica gradova. Prikladne su za unutarnju rasvjetu u pogonskim prostorijama s velikim količinama plinova i raznih para zbog žute boje svjetlosti. One su duguljastog oblika i slične su običnim žaruljama. Prilikom njihovog paljenja je potrebno stvoriti viši napon od postojećeg pogonskog. Trajnost im je i do 4000 sati rada. Ne mogu se upotrebljavati u svim položajima i isijavaju izrazito žutu boju što im je zapravo nedostatak. Prilikom uključivanja u pogonski napon javlja se izbijanje u heliju, a nakon pražnjenja se stvara toplina i isparava se natrij uz pojavljivanje žutog svjetla. Zagrijavanje traje i do 12 minuta, ali se ove žarulje nakon gašenja mogu odmah upaliti što je vrlo pozitivno [8].

2.2.7. Niskotlačna fluorescentna cijev

Fluorescentne cijevi izvori su niskog tlaka. Svjetlost izbija kroz živinu paru niskog tlaka pri čemu nastaje nevidljivo ultraljubičasto zračenje koje se fosforom slojem na unutrašnjoj cijevi pretvara u vidljivo svjetlo. Spektar zračenja koji daje fluorescentna cijev je složen, a uporabom različitih fluorescentnih materijala moguće je dobiti različite karakteristike kao što su temperatura boje, faktor reprodukcije boja te svjetlosne iskoristivosti. Fluorescentne cijevi punjene su plemenitim plinovima argonom i kriptonom, uz nekoliko miligrama žive [9]. Ultraljubičasto zračenje koje nastaje pri izbijanju u cijev pretvara se u jednu od triju područja valnih duljina vidljivog spektra, a to su narančasto-crvena, zelena i plavo-ljubičasta. Mješavina tih triju boja daje bijelu svjetlost s dobrom svjetlosnom iskoristivošću i visokim indeksom reprodukcije boja.

2.2.8. Fluokompaktna žarulja

Fluokompaktne žarulje su savijene fluorescentne cijevi, a njima se postižu manje ukupne dimenzije izvora svjetlosti, dok se zadržavaju sve karakteristike rada fluorescentnih cijevi. To su izvori malih snaga i relativno malih dimenzija i velike ekonomičnosti. Fluokompaktne žarulje pripadaju grupi žarulja niskog tlaka pri čemu se svjetlost generira principom fotoluminiscencije. Izboj se događa između elektroda u živinim parama. Osim žive u punjenju se obično nalazi i neki inertni plin kao pomoć pri paljenju (argon, kripton, neon, ksenon). Temperaturu boje svjetla koju daju fluokompaktne žarulje moguće je kontrolirati fosforom omotačem. Zahvaljujući svojim kompaktnim dimenzijama fluokompaktne žarulje razvijene su kao zamjena za standardne žarulje snage od 25 do 100W, ali se zahvaljujući konstantnom razvoju njihovo područje primjene znatno proširilo, te danas predstavljaju jedan od najpopularnijih izvora svjetlosti, budući da spajaju visoku iskoristivost fluorescentnih cijevi i kompaktne dimenzije. Fluokompaktne žarulje proizvode se u snagama od 3 do 57W, ne bliješte i imaju veliku trajnost od 10 000 sati te su jednostavne za rukovanje [10].

3. UNUTARNJA RASVJETA

Svjetlost je važan čimbenik za ljude koje u njoj žive jer tada spoznaju njemu vrijednost. Možemo reći da je svjetlost sredstvo koje omogućuje izvršavanje vidnih zadataka. Svjetlost nam pomaže da bi mogli bolje vidjeti, raspoznavati, ali tako i djeluje na mnoge ljudske funkcije [11].

U današnje vrijeme ljudi sve rade po noći te tako koriste umjetnu rasvjetu, a ona mora ispunjavati neke osnovne zahtjeve:

- Da omogući dobre vidne uvjete koji su potrebni za izvršavanje vidnih zadataka
- Da u okviru kompleksnog oblikovanja prostorije čovjeku omogući okolinu koja pridonosi njegovom dobrom fizičkom i psihičkom osjećaju
- Da priječi nezgode i nesreće
- Da ispuni zahtjeve ekonomičnosti

3.1. Faktori osvjetljenja prostorije

Unutarnje prostorije se mogu podijeliti na tri funkcije: radni prostor, komunikacijski prostor i prostori za relaksaciju.

Faktori kvalitete unutrašnjeg osvjetljenja su:

- Nivo osvjetljenosti
- Ravnomjernost osvjetljenosti
- Raspodjela sjajnosti
- Ograničenje bliještanja
- Smjer upada svjetlosti
- Klima boja
- Ograničenje stroboskopskog efekta

3.1.1. Nivo osvjetljenosti

Razlikujemo minimalni nivo osvjetljenosti u komunikacijskom prostoru, minimalni nivo osvjetljenosti u radnom prostoru te optimalni nivo osvjetljenosti u radnom prostoru.

Za minimalni nivo osvjetljenosti u komunikacijskom prostoru određen je prag sjajnosti za raspoznavanje crta lica, a on približno iznosi 1 cd/m^2 čemu odgovara vertikalna svjetlost od 10 lx, odnosno horizontalna svjetlost od 20 lx.

Za minimalni nivo osvjetljenosti u radnom prostoru određen je prag za sjajnosti za raspoznavanje crta lica, a on približno iznosi između 10 i 20 cd/m^2 čemu odgovara vertikalna osvjetljenost od najmanje 100 lx, odnosno horizontalna od najmanje 200 lx.

Optimalni nivo osvjetljenosti u radnom prostoru uglavnom daje prirodno osvjetljenje, a ono iznosi između 1000-2000 lx, međutim prilikom obavljanja nekih vidnih zadataka koji zahtijevaju veću osvjetljenost potrebna je sjajnost od oko 1000 cd/m^2 što daje osvjetljenost od 20000 lx što se dobije kombiniranjem prirodnog i umjetnog osvjetljenja [12].

U tablici 1 prikazane su preporuke za osvjetljenost u prostorijama.

Tablica 1. Nivo osvjetljenosti prema preporukama CIE [12]

Prostorija	Nivo osvjetljenosti	Osvjetljenosti (lx)
Kupaonica	Vrlo mala	120 lx
Hodnik	Mala	60 lx
Čitaonica	Srednja	500 lx
Tehničko crtanje	Velika	1000 lx
Izrada elektronskih stupova	Vrlo velika	1500 lx
Operacijske sale	Izuzetno velika	20000 lx

3.1.2. Ravnomjernost osvjetljenosti

U prostorijama ne smije biti velika razlika u osvjetljenosti. Ravnomjernost osvjetljenosti definirana je razmjerom između osvjetljenosti najslabije osvjetljenog mjesta u prostoriji i srednje osvjetljenosti prostorije, prikazano u tablici 2.

Ovaj faktor je važan zbog povećanja oštine vida i smanjenja umaranja oka.

Tablica 2. Ravnomjernost osvjetljenosti [13]

Vidni zahtjev	Ravnomjernost osvjetljenosti $E_{min} : E_{sr}$
Vrlo mali	1 : 6 do 1 : 3
Mali	1 : 3
Srednji	1 : 2,5
Veliki Vrlo veliki Izvanredno veliki	1 : 1,5

3.1.3. Ravnomjernost sjajnosti

Da bi se postigli prikladni vidni uvjeti i povoljna raspodjela sjajnosti u prostoriji, potrebno je pridržavati se uputa o najvećem dopuštenom omjeru sjajnosti. Sjajnost neposrednog okruženja radnog polja može biti manja, ali ne više od 1/3 sjajnosti. Odnos sjajnosti radnog polja i sjajnosti dalje okoline ne treba biti veći od 1:10 [13].

Postoje tri osnovna područja sjajnosti:

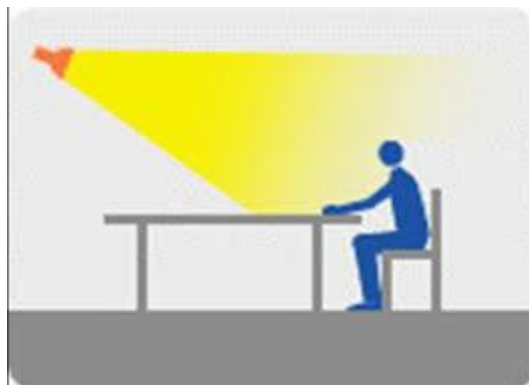
- područje minimalnih sjajnosti (od 1 do 20 cd/m²)
- područje preporučenih sjajnosti (između 100 i 400 cd/m²)
- područje granične sjajnosti (između 500 i 10000 cd/m²)

3.1.4. Ograničavanje bliještanja

Bliještanje uzrokuje smanjenje vidnih sposobnosti, a kod dužeg zadržavanja u prostoriji psihičku neudobnost i zamor te se time smanjuje radna sposobnost. Postoje dvije vrste bliještanja: direktno i refleksno bliještanje.

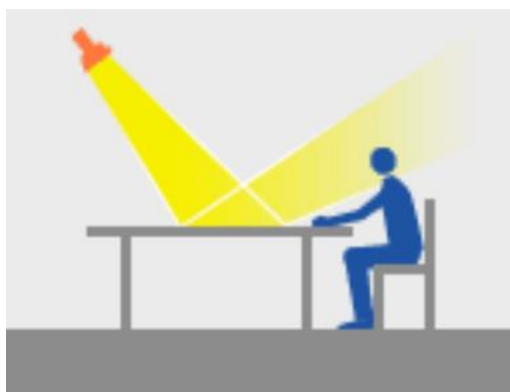
Direktno bliještanje (slika 9.) pojavljuje se kada su sjajnost svjetiljki u odnosu s općom svjetlošću u prostoriji puno veće. Bliještanje ovisi o: sjajnosti svjetiljaka, boja svjetiljki i veličine svjetlećih površina u vidnom polju, položaju svjetiljki u vidnom polju, sjajnosti površina neposredne i posredne okoline svjetiljki [14].

Refleksno bliještanje (slika 10.) prouzrokovano je refleksijom na zrcalnim površinama u prostoriji.



Slika 9. Direktno bliještanje

<https://pdfslide.net/documents/svetiljkeppt.html>



Slika 10. Reflektno bliještanje

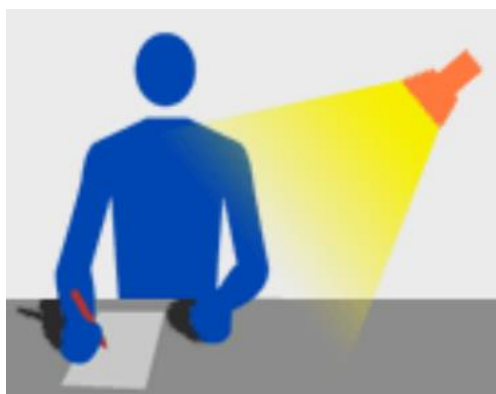
<https://pdfslide.net/documents/svetiljkeppt.html>

3.1.5. Smjer upada svjetlosti

Na raspoznavanje predmeta u prostoru, njihovih oblika i izgleda površina utječe raspodjela upadnog svjetla izvora svjetlosti i time uzrokovane sjenke. Dobar i loš upad svjetlosti su prikazani na slici br. 11. i 12. Ako je upad svjetla iz neprirodnog smjera, može dovesti u ekstremnom slučaju do vizualne obmane. Osvjetljenje ne smije biti siromašno sjenkama.

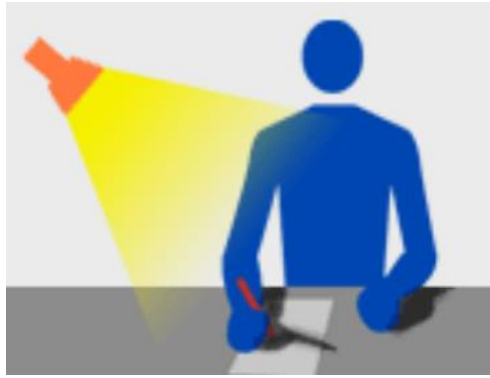
Kod mnogih vidnih zadataka (npr. čitanje, pisanje, crtanje) sjenke nisu poželjne, ponekad čak i smetaju, pa ih je potrebno po mogućnosti smanjiti, npr. s difuznom svjetlošću svjetiljke velike svjetleće površine. Difuzno osvjetljenje bez sjenki, naročito u velikim prostorijama, često djeluje dosadno i zamarajuće.

Zbog toga je u takvim prostorijama poželjno namjestiti svjetiljke s jakim usmjerenim svjetlom. Svjetlost tih svjetiljki ne smije utjecati na vidni zadatak na radnom mjestu, ali treba oku pri pogledu s predmeta rada na okolni prostor, omogućiti ugodnu promjenu i opuštenost [15].



Slika 11. Pravilan upad svjetlosti

<https://pdfslide.net/documents/svetiljkeppt.html>



Slika 12. Nepravilan upad svjetlosti

<https://pdfslide.net/documents/svetiljkeppt.html>

3.1.6. Klima boja

Klima boja kod unutarnjeg osvjetljenja predstavlja faktor kvalitete, koji određeni prostor čini ugodnim i harmoničnim te omogućuje dobro raspoznavanje boja predmeta. Svjetlo izvora svjetlosti i boje u prostoriji omogućavaju gledanje okoline, a ljudsko oko ih fiziološki registrira kao boju svjetlosti i boju predmeta.

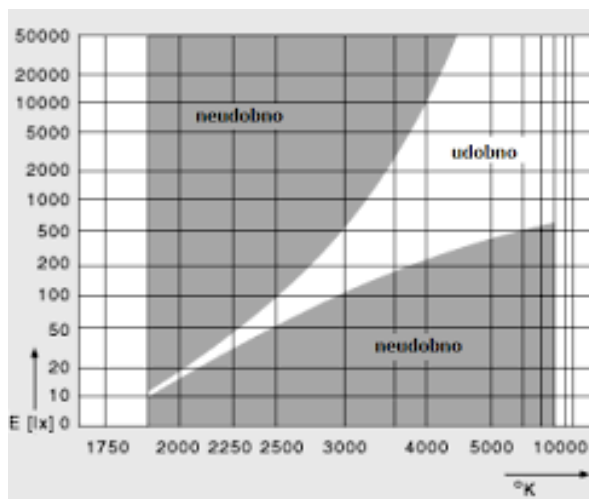
Klima boja u prostoriji uzrokovana je određenim komponentama:

- Bojom svjetlosti izvora svjetlosti
- Bojom prostorije i predmeta
- Reprodukciom boja
- Nivoom osvjetljenosti

Boju svjetlosti bilo kojeg izvora svjetlosti moguće je označiti na dva načina:

- Trihromatskim koordinatama
- Temperaturom boje

Boja svjetlosti usko je povezana s nivoom osvjetljenosti u prostoriji. Niski nivoi osvjetljenosti zahtijevaju tople boje, dok visoki zahtijevaju bijele boje i boje dnevne svjetlosti. Ovisnost boje svjetlosti od nivoa osvjetljenosti prikazuje se Kruithhof-ovim dijagramom (slika br. 13.) [16].



Slika 13. Prikaz Kruithhof-ovog dijagrama

<https://www.elteh.net/component/tags/tag/lux.html>

3.1.7. Ograničenje stroboskopskog efekta

Kod izvora svjetlosti na električno pražnjenje dolazi do njihanja svjetlosnog toka uslijed naizmjeničnog napona. Uslijed njihanja dolazi do vidnih smetnji te vizualne obmane. Vizualna obmana, kod koje se čini da predmet, koji rotira, stoji ili da rotira većom ili manjom brzinom u istom ili suprotnom smjeru, naziva se stroboskopski efekt. Spomenuti efekt predstavlja izvor opasnosti za radnike koji rade kod strojeva s rotirajućim dijelovima.

3.2. Utjecaj umjetne rasvjete na zdravlje čovjeka

Zbog sve većeg tehnološkog i ekonomskog rasta većina aktivno radnih ljudi je zamijenila dan i noć. Rad noću zahtjeva dobro i kvalitetno osvjetljenje radi dobrog zapažanja, što manjeg napora očiju te da osvjetljenje oku bude ugodno.

Osim dovoljne razine osvjetljenosti i sjajnosti na radnom mjestu potrebno je osigurati ravnomjernost rasvjetljenosti, ograničiti blještanje, pravilan smjer upada svjetlosti, odgovarajući faktor uzvrata boje, odgovarajuću temperaturu boje svjetlosti i ograničiti treperenje svjetlosti i stroboskopski učinak. Minimalne razine osvjetljenosti na radnim mjestima prema djelatnostima propisane su standardima HRN EN 12464-1:2008 Svjetlo

i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 1. dio: Unutrašnji radni prostori (EN 12464-1:2002) (72) i HRN EN 12464-2:2008 Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 2. dio: Vanjski radni prostori (EN 12464-1:2007) (73). Dobra rasvjeta pri radu smanjuje očni napor, glavobolju i umor.

Također, umjetna rasvjeta utječe i na metabolizam, san, reproduktivnost osoba, starenje i na druga medicinska stanja osoba [17] .

4. VANJSKA RASVJETA

Javna rasvjeta je integralni dio našeg društva koja je uveliko povećala sigurnost kretanja ljudi i vozila. Kako samo ime kaže "Javna rasvjeta" znači da je u vlasništvu gradova ili općina te su oni dužni o financiranju za izgradnju nove ili proširenje iste [18].

Osnovna uloga vanjske rasvjete je:

- Dobra rasvjeta smanjuje broj nesreća i povećava sigurnost na cesti te osigurava vidljivost pješacima i biciklistima
- Rasvjeta povećava sigurnost i zaštitu ljudi i objekata
- Rasvjeta omogućuje pravovremeno uočavanje opasnih i novonastalih situacija na cesti
- Položaj svjetiljaka pokazuje putanju ceste
- Rasvjeta omogućuje orijentaciju
- U gradovima rasvjeta naglašava rezidencijalnu vrijednost i stvara urbanu kvalitetu
- Rasvjeta predstavlja važan element kvalitete ljudskog života

Vanjska rasvjeta može se podijeliti u 3 skupine:

- Cestovna rasvjeta
- Urbana rasvjeta
- Reflektorska rasvjeta

4.1. Cestovna rasvjeta i svjetlosno onečišćenje

Na javnu rasvjetu otpada oko 3% ukupne potrošnje energije u Hrvatskoj. Vlasništvo nad javnom rasvjetom obično pripada lokalnim jedinicama koje je održavaju i unaprjeđuju novcem iz lokalnog proračuna. Prostori za uštedu energije i proračunskih sredstava su veliki, samo drugačijom regulacijom (prilagođavanje intenziteta) može se uštedjeti i do 50% energije. Sustavom daljinskog upravljanja i nadzora mogu se značajno smanjiti troškovi održavanja. S druge strane, zamjena svjetiljki i prilagodba rasvjetnih tijela također može osigurati značajne uštede. Na nepristupačnim i zabačenim područjima gdje ne postoji pristup elektroenergetskoj mreži moguće je kombinirati javnu rasvjetu s obnovljivim izvorima energije.

Osnovne preporuke za učinkovitu javnu rasvjetu i uštede su korištenje energetski učinkovitih izvora svjetla, npr. LED rasvjeta, korištenje energetski učinkovitih svjetiljki (kako bi se izbjeglo svjetlosno zagađenje), projektiranje javne rasvjete u skladu s normama, učinkovito upravljanje javnom rasvjetom, praćenje troškova i potrošnje javne rasvjete te, često zanemareno, redovito održavanje. Modernizacija javne rasvjete je skup projekt i lokalne zajednice često nemaju sredstva za takve investicije, no prilika se pruža u sredstvima koja daje europska unija i državni fondovi. Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost do sad je sufinancirao 310 projekata koji se tiču energetske učinkovitih sustava javne rasvjete. Za projekte vrijednosti više od 257 milijuna kuna, Fond je isplatio više od 123 milijuna kuna. Godišnje uštede ostvarene tim projektima veće su od 26 milijuna kuna godišnje, a CO₂ emisija je smanjena za više od 10 tisuća tona [19].

Svjetlosno onečišćenje je svako suvišno rasipanje umjetne svjetlosti izvan područja koje treba osvijetliti, odnosno promjena razine prirodne svjetlosti u noćnim uvjetima uzrokovano ljudskim djelovanjem unošenja umjetne svjetlosti. Uzrokuje mnoge štetne pojave i zdravstvene probleme, narušava ekosustav i remeti astronomska promatranja. Postoje i pokreti koji se bore protiv svjetlosnog onečišćenja i zauzimaju se za to da se ono smanji. Svjetlosno onečišćenje je prisutno u industrijskim snažno razvijenim društvima, dok je najmanje u zaostalim i nerazvijenim društvima, postoje i zakoni koji reguliraju ovu problematiku. Posljedica je urbanog razvoja, neadekvatnog planiranja i nedostatka stručnosti. Noćna rasvjeta je svakako potrebna, no treba je prilagoditi potrebama i stanju na terenu, a ne bespotrebno rasipati energiju. Tako npr. slabo prometne ceste kojima se pješaci ne kreću i nema pješačkih prijelaza zahtijevaju manju količinu rasvjete, dok glavni prometni pravci sa pješačkim prijelazima zahtijevaju veću količinu rasvjete. Izvor svjetlosnog onečišćenja u praksi su: nezasjenjene svjetiljke, reklamni panoi sa rasvjetom, nepropisno ugrađene svjetiljke, itd. Svjetlosno onečišćenje negativno utječe i na životinje, pogotovo one koje su aktivne noću te im ometa orijentaciju. U nekim eko sustavima pretjerana noćna rasvjeta prijeti čak i opstanku vrsta. Prirodna izmjena dana i noći bitna je i za ljudsko zdravlje, noćno svjetlo uzrokuje prekid proizvodnje melatonina, hormona koji je važan za ljudsko zdravlje. Na slici 2.6. prikazana je pravilna instalacija odgovarajuće opreme za javnu rasvjetu, odnosno odabir najpogodnije svjetiljke javne rasvjete. Rasvjeta svjetlećim diodama, ako je pravilno instaliran, može smanjiti svjetlosno onečišćenje upravo zahvaljujući mogućnosti usmjeravanja svjetlosnog snopa i mogućnosti reguliranja intenziteta svjetla. Pri odabiru svjetlećih dioda za javnu rasvjetu trebaju se odabrati diode koje ne emitiraju potencijalno štetno plavo svjetlo, odnosno da ga emitiraju u što manjoj količini. Preporuka je odabrati svjetleće diode temperature boje ≤ 3000 K tamo gdje je to moguće, na određenim prometnicama potrebno je koristiti rasvjetu hladnije boje svjetla zbog sigurnosti prometa.

Cjelokupno javno osvjetljenje se može podijeliti u 2 osnovne skupine:

- Osvjetljenje prometnica za motorni promet
- Osvjetljenje prometnica za spori promet

U skupinu prometnica za motorni promet ubrajaju se: autoputovi , brze ceste, magistralne ceste, regionalne ceste, lokalne ceste, kružne ceste, zaobilaznice, primarne gradske ceste, sekundarne gradske ceste, ceste u gradskim središtima, ceste u trgovačkim i poslovnim središtima, sabirne ceste. Kod osvjetljenja prometnica motornog prometa kvantitativno možemo vrjednovati sljedeće faktore kvalitete osvjetljenja: nivo sjajnosti, jednolikost i ograničenje bliještanja svjetlosti U cestovnoj rasvjeti postoji nekoliko glavnih rasporeda postavljanja izvora svjetlosti, a to su jednostrani, dvostrani i centralni. Za pretežito ravne ceste koriste se jednostrani, dvostrani, dvostrani razmaknuti te centralni raspored dok se za križanja, kružne tokove te ostale oblike prometnica raspored svjetiljki prilagođava obliku i vrsti prometnice. Postoje još kombinirani raspored, osni raspored uzdužno i poprečno, raspored po zavojima te raspored za bolju preglednost.

Rasvjetne klase:

- klasa M - motorizirana vozila koja se koriste prometnicama
- klasa C -motorizirana vozila u konfliktnim situacijama (trgovačke ulice, križanja određene kompleksnosti, kružni tokovi, prometnice na kojima se često stvaraju gužve)
- P klasa - prometnice na kojima se većinom kreću pješaci i biciklisti, zaustavne dijelove prometnica i druge vrste prometnih površina koje su odvojene od kolnika, kao i za rezidencijalne prometnice, pješačke zone, parkirališta, školska igrališta.
- Klase SC - dopunske klase gdje je javna rasvjeta u cilju identifikacije objekata i ljudi na prometnicama sa povišenim ili normalnim rizikom u smislu kriminala.
- EV klase - dopunske klase u situacijama kada vertikalne površine trebaju biti dobro rasvijetljene jer trebaju biti vidljive za sudionike u prometu na lokacijama carinskih prijelaza, zonama kontakta različitih prometnih površina.

Za klase cestovne rasvjete M1 (autoceste, brze ceste) do M5 (lokalne ceste) preporučuju se vrijednosti luminancije prema tablici 3.

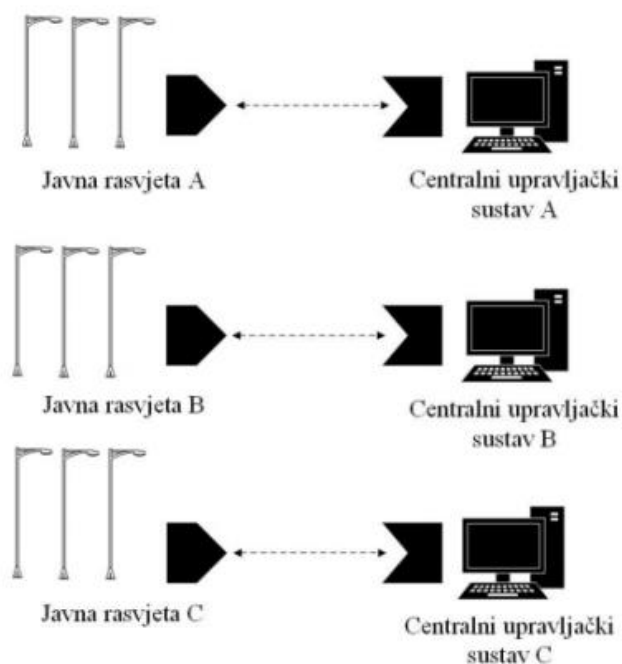
Tablica broj 3. Preporučena vrijednost luminancije prema klasama cestovne rasvjete [20]

Klasa cestovne rasvjete	Preporučena luminancija (cd/m ²)
M1	2,0
M2	1,5
M3	1,0
M4	0,75
M5	0,5

Stara verzija norme „HRN EN 13201“ imala je preporučene vrijednosti luminancije za klase cestovne rasvjete, vrijednosti su se kretale od 2,0 cd/m za klasu M1 do 0,5 cd/m za klasu M5. U novoj verziji norme „HRN EN 13201:2016“ postoje novi parametri koji se vrednuju i prema njihovim vrijednostima se odabiru rasvjetne klase, parametri za M rasvjetnu klasu su sljedeći: predviđena brzina ili ograničenje brzine, količina prometa, kompozicija prometa, razdvojenost prometnih traka, gustoća spajanja, parkirana vozila, ambijentalna rasvijetljenost optička navigacija. Sjajnost neke određene točke rasvijetljenje površine kolnika općenito ovisi o svjetlo tehničkim značajkama zračenja svjetiljki, geometriji instalacije javne rasvjete i refleksijskim svojstvima rasvijetljene površine kolnika. Razina sjajnosti površine kolnika mora biti takva da se ostvari vidljivost koja osigurava dovoljnu udobnost, vidljivosti i sigurnost vožnje [20].

4.2. Sustavi za upravljanje pametne javne rasvjete

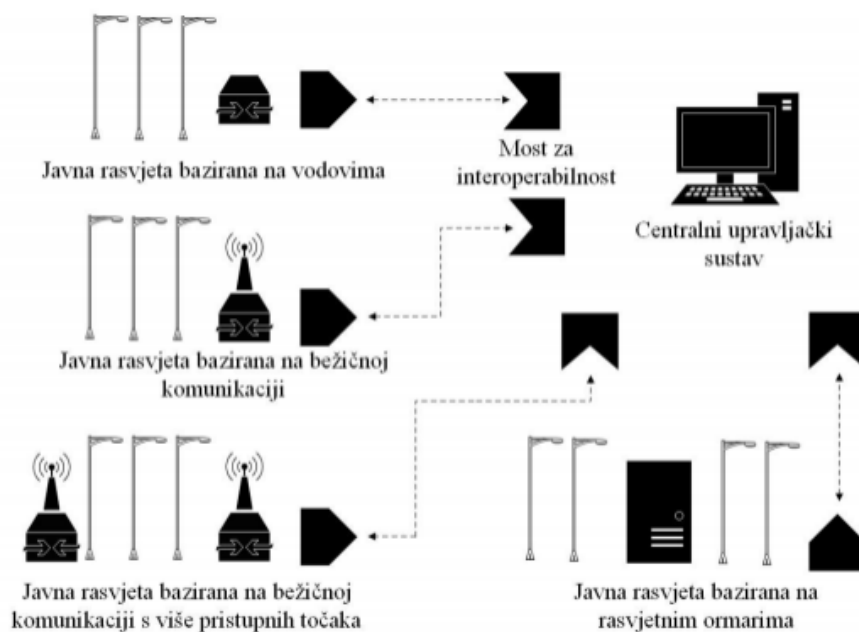
Za praćenje i upravljanje javnom rasvjetom postoje brojna softverska i hardverska rješenja od strane različitih proizvođača javne rasvjete. To može predstavljati problem jer se može dogoditi da u jednom gradu svaka mreža javne rasvjete ima svog proizvođača i svoj upravljački mrežni protokol. Tada dispečeri i održavatelji javne rasvjete moraju raditi s nekoliko različitih programskih sučelja što ni malo nije lako. Ukoliko dođe do ovakve vrste problema, kao što je prikazano na slici 14. potrebno je za svako područje javne rasvjete imati i centralni upravljački sustav.



Slika 14. Različita područja javne rasvjete sa zasebnim centralnim upravljačkim sustavima

<https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos%3A1291/datastream/PDF/view>

Kako bi postigli međusobnu kompatibilnost između različitih sustava javne rasvjete i njihovim centralnim upravljačkim sustavima potrebno je uvesti posebni standardizirani mrežni upravljački protokol koji ima mnogo standardiziranih interoperabilnih mostova što dovodi do smanjenja broja CMS-ova na jedan. Takva vrsta tehnologije povezuje i pretvara različite upravljačke protokole javne rasvjete na jedan zajednički standardni protokol.



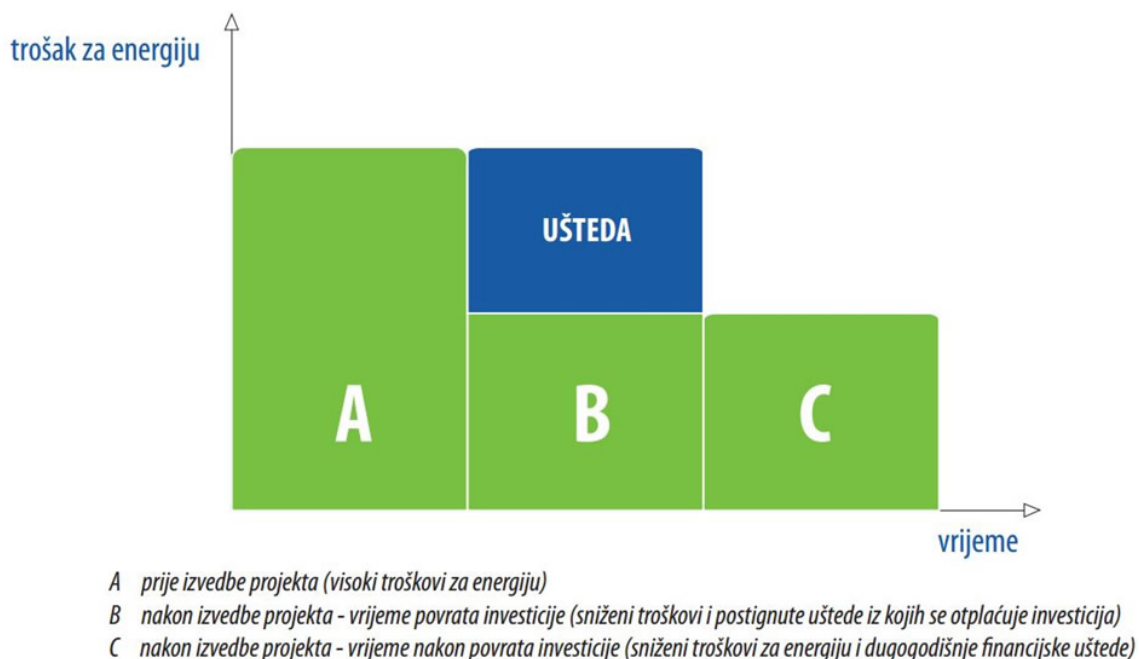
Slika 15. Kompatibilnost između različitih sustava javne rasvjete

<https://repozitorij.etfos.hr/islandora/object/etfos%3A1291/datastream/PDF/view>

S ovakvim načinom upravljanja koji podržava sve vrste mreža javne rasvjete (mreže bazirane na vodovima, bežične mreže s jednom ili više pristupnih točaka ili mreže bazirane na rasvjetnim ormarima) moguće je jednostavno i lako upravljanje sa mrežom javne rasvjete. Budući da je dovoljan samo jedan centralni upravljački sustav predviđene su velike uštede u održavanju i upravljanju

4.3. ESCO model financiranja

HEP ESCO ili „čuvar noćnog neba“ je tvrtka u vlasništvu HEP grupe koja razvija, provodi i financira projekte energetske učinkovitosti na tržišnom utemeljenju. Naziv ESCO skraćeno je od engleskog naziva Energy Service Company i taj naziv poznat je u cijelom svijetu, a karakterizira tvrtke koje pružaju usluge u energetici s otplatom kroz uštede. Dakle, tvrtke provode razvoj, izvedbu i financiranje projekta, a kroz uštede u troškovima za energiju i održavanje ostvaruju povrat investicije. Između ostalog, do kraja 2017. godine HEP ESCO je u skladu s navedenim načelima modernizirao javnu rasvjetu u 10 gradova u Republici Hrvatskoj. Investicije su vrijedne preko 43.042.892 kune, a ostvarena je godišnja ušteda preko 4 milijuna kuna. I ono najbitnije, godišnja emisija CO2 smanjena je za 2.549.157 kilograma. Gradovi koji su modernizirali javnu rasvjetu preko ESCO modela su: Novigrad, Čakovec, Duga Resa, Jastrebarsko, Karlovac, Pula, Rovinj, Solin, Varaždin i Zagreb [21].



Slika 16. ESCO model i financiranje

<http://solarprojekt.hr/esco-modeli-financiranje/>

5. ZAKLJUČAK

Kvalitetnim osvjetljenjem se podiže kvaliteta života te je važno da je tehnički ispravan i estetski ugodan način projektirana i izvedena.

Osvjetljenje noću osigurava vidljivost i sigurnost te stvara ugodnu atmosferu. Danju je važno da rasvjetni sustavi čine jedinstvenu cjelinu s okolinom i doprinose stvaranju ambijenta.

Žarulje sa žarnom niti su zamijenile svijeće i kerozinske lampe, fluorescentne žarulje su zamijenile žarulje sa žarnom niti u mnogim upotrebama. Iz današnje perspektive je izgledno da će LED rasvjeta zamijeniti i žarulje sa žarnom niti i fluorescentne žarulje.

Nakon uvida u sami razvoj umjetne rasvjete lako se može zaključiti da je rasvjeta prostora vrlo bitna zbog mnogih čimbenika, prvenstveno radi zdravlja samih korisnika i upravo iz tog i još mnogih drugih razloga čovječanstvu je bitno imati svijest o ekonomičnom i ekološkom korištenju električne energije.

6. LITERATURA

[1] Svjetlost

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetlost>

[2] Krčum P., Električna rasvjeta - skripta, Split, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za stručne studije Split, 2013.

[3] LED žarulja

http://www.energyplus.hr/o_led_javna.php

[4] Žarulja sa žarnom niti

https://hr.wikipedia.org/wiki/Elektri%C4%8Dna_%C5%BEarulja

[5] Visokotlačne živine žarulje

<https://by-pass.hr/rasvjeta/zarulje/visokotlacne-zarulje/>

[5] Visokotlačna metalhalogena žarulja

<https://by-pass.hr/rasvjeta/zarulje/visokotlacne-zarulje/>

[6] Niskotlačna natrijeva žarulja

https://hr.wikipedia.org/wiki/Natrijska_svetiljka

[7] Visokotlačna natrijeva žarulja

<https://tez.hr/proizvod/visokotlacne-natrijeve-zarulje/>

[8] Fluorokompaktna žarulja

<http://www.thornlighting.ae/download/Orus.pdf>

[9] Visokotlačna fluorescentna cijev

Krčum P., Električna rasvjeta - skripta, Split, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za stručne studije Split, 2013.

[10] Fluoscentna žarulja

https://hr.wikipedia.org/wiki/Fluorescentna_cijev

[11] Unutarnja rasvjeta

Rašić, D. Analiza osnovnih svjetlotehničkih veličina, završni rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017.

[12] Nivo osvjetljenosti

Košćak, M. Učinkovitost različitih izvora svjetlosti, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku, Osijek, 2015

[13] Ravnomjernost sjajnosti

Rašić, D. Analiza osnovnih svjetlotehničkih veličina, završni rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2017

[14] Ograničavanje bliještanja

<https://www.lipapromet.hr/Usluge/ProjektiranjeSvjetlotehnike/Rasvjetaznanjeiiskustva/tabid/72/ctl/details/itemid/180/mid/528/ogranjenje-blijetanja.aspx>

[15] Smjer upada svjetlosti

http://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_10403/objava_8104/fajlovi/ELEKTROINST3.pdf

[16] Boja svjetlosti

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetlostiboje>

[17] Utjecaj umjetne rasvjete na zdravlje čovjeka

<http://www.hpps.com.hr/sites/default/files/Dokumenti/2018/sestre/Ses%2019.pdf>

[18] Vanjska rasvjeta

<https://volino.hr/rasvjeta/vanjska-rasvjeta.html>

[19] Cestovna rasvjeta

Krajnović, I. Analiza utjecaja rasvjete na sigurnost cestovnog prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016

[20] Klase cestovne rasvjete

Krajnović, I. Analiza utjecaja rasvjete na sigurnost cestovnog prometa, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2016

[21] ESCO model financiranja

<http://www.enu.fzoeu.hr/financiranje-ee-projekata/esco-model>

Popis slika

Slika 1. Spektar boja.....	2
Slika 2. Prirodni izvor svjetlosti.....	3
Slika 3. Umjetni izvor svjetlosti.....	4
Slika 4. LED žarulja.....	5
Slika 5. Žarulja sa žarnom niti.....	6
Slika 6. Visokotlačna živina žarulja.....	7
Slika 7. Visokotlačna metalhalogena žarulja.....	8
Slika 8. Visokotlačna natrijeva žarulja.....	9
Slika 9. Direktno bliještanje.....	14
Slika 10. Reflektno bliještanje.....	14
Slika 11. Pravilan upad svjetlosti	15
Slika 12. Nepravilan upad svjetlosti.....	16
Slika 13. Prikaz Kruithhof-ovog dijagrama.....	17
Slika 14. Različita područja javne rasvjete sa zasebnim centralnim upravljačkim sustavima.....	24
Slika 15. Kompatibilnost između različitih sustava javne rasvjete.....	25
Slika 16. ESCO model i financiranje.....	26

Popis tablica

Tablica 1. Nivo osvijetljenosti prema preporukama CIE.....	12
Tablica 2. Ravnomjernost osvijetljenosti.....	13
Tablica broj 3. Preporučena vrijednost luminancije prema klasama cestovne rasvjete..	23