

# UČINKOVITOST LED RASVJETE

---

Čurčinac, Klara

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:128:837411>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-31**



**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

Klara Čurčinac

## **UČINKOVITOST LED RASVJETE**

Završni rad

Karlovac, 2021.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Klara Čurčinac

**EFFICIENCY OF LED LIGHTNING**

Final paper

Karlovac, 2021.

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

Klara Čurčinac

## **UČINKOVITOST LED RASVJETE**

Završni rad

Mentor:

Filip Žugčić mag. ing. el.

Karlovac, 2021.



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

**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 na radu

Karlovac, 2021.

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

Student: Klara Čurčinac

Matični broj: 0415618013

Naslov: Učinkovitost LED rasvjete

Opis zadatka: Proučavanje energetske, ekonomske i drugih učinkovitosti LED rasvjete, utjecaj na čovjeka, okolinu te vrste LED rasvjete koje poznajemo. Koje su prednosti, a koje mane LED rasvjete i zbog čega su LED žarulje bolje u odnosu na druge vrste žarulja.

Zadatak zadan:

3/2021

Rok predaje rada:

9/2021

Predviđeni datum obrane:

10/2021

Mentor:

Filip Žugčić mag. ing. el.

Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

## **PREDGOVOR**

Ovaj rad u potpunosti je izrađen na temelju moga znanja i vještina te ostalih potrebnih podataka i informacija skupljenih tokom obrazovanja na Veleučilištu u Karlovcu i odrađenoj stručnoj praksi.

Zahvaljujem se mentoru mag. ing. el. pred. Filipu Žugčiću, koji je svojim stručnim usmjerenjima i znanjima pospješio izradu ovog završnog rada.

Također, želim zahvaliti svojim roditeljima, sestri i prijateljima koji su bili uz mene tokom cijelog studija.

## **SAŽETAK:**

Čovjek iz svoje okoline dobiva razne podražaje, najvećim dijelom očima stoga je vrlo bitno da osvjetljenje, kada nema prirodnog, bude ugodno, efikasno, energetske i ekonomski učinkovito. Proučavanjem LED tehnologije razvili smo različite vrste rasvjetnih tijela koja su bolja i učinkovitija od ostalih.

Svijet i današnjica napreduju, a s njima napreduje i tehnologija rasvjete koja zahtjeva sve veće i bolje standarde koje je ponekad teško ispuniti, no čovječanstvo je na dobrom putu.

**Ključne riječi: učinkovitost, LED rasvjeta, energetska učinkovitost, ekonomska učinkovitost**

## **SUMMARY:**

The population from its environment receives various stimuli, mostly through the eyes. Therefore, it is very important to illuminate, when there is no natural light, to be comfortable, efficient, energy and economically efficient. By studying LED technology, we have developed different types of lighting fixtures that are better and more efficient than others.

The world and today are advancing, and with them is advancing lighting technology that requires ever-increasing and better standards that are sometimes difficult to meet, but humanity is on the right track.

**Key words: efficiency, LED lighting, energy efficiency, economy efficiency**



## SADRŽAJ:

|  |     |
|--|-----|
| <b>ZADATAK ZAVRŠNOG RADA</b> .....                               | I   |
| <b>PREDGOVOR</b> .....   | II  |
| <b>SAŽETAK:</b> .....  | III |
| <b>SUMMARY:</b> .....  | IV  |
| <b>SADRŽAJ:</b> .....  | V   |
| <b>1. UVOD</b> .....   | 1   |
| <b>2. IZVORI SVJETLOSTI</b> .....                                | 2   |
| <b>2.1. Prirodni izvori svjetlosti</b> .....                     | 2   |
| <b>2.2. Umjetni izvori svjetlosti</b> .....                      | 3   |
| <b>3. LED RASVJETA</b> .....                                     | 4   |
| <b>3.1. Vrste LED rasvjete</b> .....                             | 5   |
| 3.1.1. Spot LED žarulje .....                                    | 5   |
| 3.1.2. LED cijevi .....  | 6   |
| <b>3.2. Životni vijek LED žarulja</b> .....                      | 9   |
| <b>4. ENERGETSKA UČINKOVITOST LED RASVJETE</b> .....             | 11  |
| <b>4.1. Energetski razredi žarulja</b> .....                     | 13  |
| <b>5. EKONOMSKA UČINKOVITOST LED RASVJETE</b> .....              | 15  |
| <b>5.1. LED rasvjeta u poljoprivredi</b> .....                   | 15  |
| <b>5.2. LED rasvjeta u kućanstvima</b> .....                     | 16  |
| <b>6. PRIMJENA LED RASVJETE U AUTOMOBILSKOJ INDUSTRIJI</b> ..... | 18  |
| <b>6.1. Halogena prednja svjetla automobila</b> .....            | 18  |
| <b>6.2. Ksenonska prednja svjetla automobila</b> .....           | 19  |
| <b>6.3. LED prednja svjetla automobila</b> .....                 | 21  |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>7. SVJETLOSNO ONEČIŠĆENJE .....</b>                         | <b>23</b> |
| <b>7.1. Svjetlosno onečišćenje u prometu.....</b>              | <b>23</b> |
| <b>7.2. Utjecaj noćnog i umjetnog svjetla na čovjeka .....</b> | <b>24</b> |
| <b>7.3. Smanjenje svjetlosnog onečišćenja .....</b>            | <b>25</b> |
| <b>8. ZAKLJUČAK .....</b>                                      | <b>26</b> |
| <b>POPIS PRILOGA.....</b>                                      | <b>29</b> |
| <b>Popis slika .....</b>                                       | <b>29</b> |
| <b>Popis tablica.....</b>                                      | <b>30</b> |

## **1. UVOD**

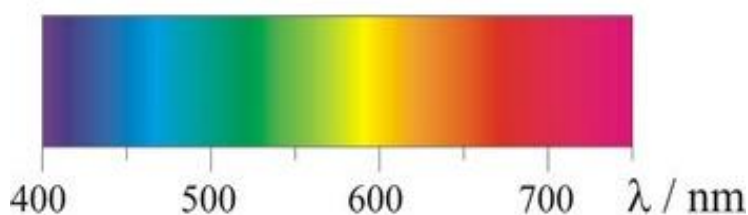
Danas je rasvjeta jedan od najosnovnijih uvjeta bez kojih je život nezamisliv. Nastaje primjenom svjetlosti koju dobivamo iz električne energije. Uzimajući u obzir da čovjek veliki broj informacija u prostoru oko sebe dobiva vidom, potrebno je učinkovito, povoljno i za čovjeka najmanje štetno osvjetljenje radnih mjesta, okoliša i svakodnevnog prostora u kojem čovjek boravi.

Industrijskim revolucijama i napretkom civilizacije izvori umjetnog osvjetljenja znatno su napredovali, pa je tako u današnjem vremenu jedan od najučinkovitijih izvora umjetnog osvjetljenja LED rasvjeta.

U ovom završnom radu opisati će se vrste rasvjete te se bazirati na učinkovitost LED rasvjete, te njihov utjecaj na čovjeka i okoliš.

## 2. IZVORI SVJETLOSTI

Svjetlost je elektromagnetsko zračenje unutar nekog dijela elektromagnetskog spektra. Najčešće se tu podrazumijeva spektar vidljiv ljudskom oku. Različite valne duljine vidljive su kao različite boje. Tako imamo crvenu boju s najvećom valnom duljinom i ljubičastu boju s najmanjom valnom duljinom (Slika 1.).



Slika 1. Boje i njihove valne duljine [1]

Razlikujemo dvije vrste izvora svjetlosti, a to su:

1. prirodni izvori svjetlosti
2. umjetni izvori svjetlosti.

### 2.1. Prirodni izvori svjetlosti

Prirodni izvori svjetlosti dijele se na primarne i sekundarne.

Primarni izvori svjetlosti su tijela koja svjetlost emitiraju sama od sebe poput Sunca, zvijezda, kovina i tijela visoke temperature. Zatim su to tijela koja isijavaju svjetlost zbog kemijskih procesa koji se u njima zbivaju kao što su fosfor i kukci – krijesnice, te također tijela koja svijetle zbog električnih izbijanja što se događa kod razrijeđenih plinova u cijevima. [2]

Tijela od kojih se svjetlost odbija su sekundarni izvori svjetlosti. Najbolji primjer sekundarnog izvora svjetlosti je Mjesec jer se od njega odbija Sunčeva svjetlost. [2]

U prirodne izvore svjetlosti spadaju, uz već spomenute zvijezde, munje, vatra, krijesnice te čak i polarna svjetlost koja je prikazana na slici 2. [3]



Slika 2. Polarna svjetlost iznad Islanda [4]

## 2.2. Umjetni izvori svjetlosti

Umjetni izvori svjetlosti dobiveni su umjetnim putem te svjetlost isijavaju izgaranjem pomoću električne energije. Njihova primjena je vrlo raširena. Od korištenja u kućanstvima, industrijskim pogonima, skladištima, uredima do ulične rasvjete. Umjetni izvori svjetlosti mogu se pronaći u mnogo različitih veličina, oblika, jačina te boja svjetlosti. Vrlo su značajni za poljoprivredu i vrtlarenje, posebice u zatvorenim prostorima. [2] [5]

### 3. LED RASVJETA

Svjetleća dioda ili LED (skr. od eng. Light Emitting Diode) je poluvodički elektronički element koji pretvara električni signal u optički, svjetlost. (Slika 3)



Slika 3. Svjetleće diode [6]

Propusno polarizirana dioda emitira elektromagnetsko zračenje na principu spontane emisije uzrokovane rekombinacijom nosilaca električnoga naboja. Elektroni oslobađaju energiju prelazeći iz vodljivog u valentni pojas, te se ta energija dijelom očituje kao zračenje, a dijelom kao toplina.

Izrađuju se od galija, arsena i fosfora (GaAsP), gdje se omjerom fosfora i arsena određuje širina zabranjenog pojasa i time posredno frekvencija zračenja, ili za heterostrukturalne izvedbe pogodne za optičke komunikacije, od istih elemenata uz dodatak indija. [7]

Od 1962. godine kada se prvi put primijenila, LED tehnologija ubrzano se razvijala pritom šireći prostore na kojima se primjenjuje. Prvotno su razvijene monokromatske LED diode, a to su žuta, zelena i crvena. Tek 1993. godine je japanski znanstvenik Shuji Nakamura razvio LED diodu plave boje. Prekretnica u širini primjene nastala je 1997. godine kada je razvijena bijela LED dioda. Od tada pa sve do danas razvoj LED dioda usmjeren je na povećanje razine svjetla. Tako su danas u upotrebi LED diode sa svjetlosnom iskoristivosti preko 230 lm/W. [8]

LED svjetiljke (Slika 4.) imaju duži vijek trajanja i znatno su učinkovitije od većine ostalih svjetiljki. Slično žaruljama sa žarnom niti, LED žarulje postaju pune svjetline bez zakašnjenja zbog zagrijavanja. Također, često uključivanje i isključivanje ne smanjuje im životni vijek što je slučaj kod fluorescentne rasvjete. [9]



Slika 4. LED žarulja [9]

### **3.1. Vrste LED rasvjete**

#### **3.1.1. Spot LED žarulje**

za osvjetljavanje površina i predmeta koji se žele posebno istaknuti projektirane su i izrađene spot LED žarulje prikazane na slici 5. koriste se u izlozima trgovina, za osvjetljavanje slika, polica, spomenika, skulptura i slično. Odlikuje ih mali kut svjetlosnog toka, pa izvor osvjetljava odabrano područje tako da ne obasjava okolni prostor. [10]



Slika 5. Spot LED svjetiljke [11]

### 3.1.2. LED cijevi

LED cijevi projektirane su za rasvjetu prostorića opće namjene, kao što su hodnici, garaže, dvorane, učionice, benzinske postaje i slični prostori. Svjetleće diode visokog intenziteta povezane su i smještene u staklenu ili plastičnu cijev istih dimenzija kao i fluorescentne cijevi (FC). U potpunosti zamjenjuju FC i za svoj rad ne trebaju kondenzator za kompenzaciju, prigušnicu ili starter. Prednost im je što imaju dug radni vijek, nemaju štetne UV zrake te nema štetnih i opasnih tvari. [10]



Slika 6. LED cijevi [12]



### 3.1.3. LED žarulje za kućanstva

LED žarulje za kućanstva imaju standardno grlo E27 i jednostavnom zamjenom postojećih žarulja sa žarnom niti može se uštedjeti značajan iznos energije. Unutar kućišta žarulje smještene su svjetleće diode visokog svjetlosnog intenziteta i uz njihovu malu potrošnju energije i dugovječan rad može se postići smanjenje troškova, prvenstveno električne energije. [10]

### 3.1.4. OLED (eng. Organic Lighting Emitting Diode) rasvjeta

OLED je svjetleća dioda, napredni oblik LED diode, kojoj je emitivni elektroluminiscentni sloj film organskog spoja koji emitira svjetlost kao odgovor na električnu struju.[13] Iako u nazivu sadrži riječ "organski", u ovom kontekstu nema nikakve povezanosti s proizvodima biljnog ili životinjskog podrijetla. OLED je ugljikov poluvodič koji stvara zračenje kada kroz njega prolazi električna struja. U proizvodnji se koriste proizvodi organske kemije (ugljikovi spojevi), koji omogućuju da ih nazivamo organskim diodama koje emitiraju svjetlost.[14] Odnosno, OLED se sastoji od organskih materijala ugljikovodičnih lanaca koji emitiraju svjetlost u dodiru sa električnom strujom.

Jedan od vodećih razloga uporabe OLED tehnologije za zaslone pametnih telefona, tableta, stolnih računala, laptopa, digitalnih fotoaparata i drugih uređaja je taj što ima sposobnost svakog piksela da se sam osvjetljava, što dovodi do velikog omjera kontrasta.

OLED zaslone kontroliraju se na različite načine. Prvi način je AMOLED (tzv. Aktivna matrica) i drugi PMOLED (tzv. Pasivna matrica). [15] AMOLED kontrolor koristi tanki filmski stražnji plan koji pristupa izravno i prebacuje svaki piksel pojedinačno, što omogućuje veću veličinu zaslona i veću razlučivost. Dok u PMOLED načinu svaki redak na zaslonu kontrolira se jedan po jedan. [13]



Slika 7. Sony WEL-1, prvo OLED TV [13]

U usporedbi s LED tehnologijom, OLED ima sljedeće prednosti:

- Veća energetska učinkovitost jer ne radi pozadinsko osvjetljenje,
- Kada se ne koriste pikselni zasloni brzina osvježavanja je znatno brža,
- Zaslone, a i cijeli uređaj, s manje komponenta mogu ostati tanki i lagani,
- Visoka razina kontrasta,
- Širok kut gledanja bez gubitka boje,
- Manje slojeva omogućuje savitljive i zakrivljene zaslone uređaja. [15]



Slika 8. Demonstracija prototipa fleksibilnog OLED zaslona tvrtke Sony [13]

S obzirom na to da je dio zaslona organskog podrijetla, OLED tijekom vremena pokazuje razgradnju boja, što utječe na ravnotežu boja i svjetlinu zaslona. Vremenom se to pogoršava jer materijal potreban za stvaranje plave svjetlosti brže propada od zelenih i crvenih.

U usporedbi sa starijim tehnologijama, OLED je skup. [15]



Slika 9. Stari OLED zaslon koji pokazuje potrošenost [13]

### 3.2. Životni vijek LED žarulja

Za LED žarulje smatra se da imaju vijek trajanja jednak vremenu koje je potrebno da svjetiljka dođe do 70% iskoristivosti.

Prikupljanje podataka o vijeku trajanja LED žarulja predstavlja poteškoću jer je potrebno oko 50 000 sati ili 8 godina neprekidnog praćenja rada žarulja. S novim generacijama LED žarulja, koje izlaze gotovo svakih šest mjeseci, gotovo je nemoguće sa sigurnošću odrediti njihov životni vijek.

Ukoliko dođe do smanjenja parametra za 5 u 1000 sati, može se očekivati da će se u narednih 9000 sati smanjiti za 5%. takav primjer naziva se Arrhenius-ov zakon i obilježava mehanizme koji sami od sebe stare, dok su kod LED svjetiljki primjer fosfor i kućište.

Neke LED žarulje imaju svjetlosne krivulje koje pokazuju porast svjetlosne snage u izlazu kada su temperatura i struja konstantni unutar prvih 1000 sati rada. Neke žarulje koje su testirane od strane Odjela za okoliš (eng. Department of Environment, DOE) bile su svjetlije tijekom prvih 1000 sati rada, a nakon toga započinje njihovo opadanje koje je očekivano.

U drugom testiranju, tijekom prvih 1000 sati svjetlost se smanjivala relativno brzo. Nakon toga proces smanjivanja svjetlosti se odvijao vrlo sporo. Razlozi starenja LED svjetiljki međusobno su povezani i navedeni primjeri su razlog zbog kojeg je otežano sa sigurnošću odrediti vijek trajanja LED svjetiljki.

DOE je došao do zaključka da ne postoji općenita procjena životnog vijeka pri 70% učinkovitosti već je jedini način da se sazna vijek trajanja LED svjetiljki dugoročno mjerenje. [16]

## 4. ENERGETSKA UČINKOVITOST LED RASVJETE

U današnjem vremenu poboljšanje energetske učinkovitosti postalo je prioritet kod svih zemalja u njihovom političkom planu jer je to ključno za rješavanje energetske sigurnosti zbog ekoloških i ekonomskih izazova. Mnoge organizacije razradile su planove kako provesti energetske učinkovitosti te su sastavile i širok spektar preporuka. [18]

U prosijeku 18 do 19% električne energije diljem svijeta koristi se za rasvjetu prema podacima Međunarodne agencije za energiju (eng. International Energy Agency- IEA). Važan dio pakta mjera Europske unije je povećanje energetske učinkovitosti. Jedan od najvećih potrošača energije su stambeno-poslovne zgrade. U suvremenom svijetu potrošnja energije postaje globalni problem. Kako zbog dostupnosti, odnosno cijene, tako i zbog sve većeg utjecaja na okoliš. [10]

Energetska učinkovitost suočena je s različitim preprekama kao što su nedostatak svijesti o štednom potencijalu i neusredotočenost na performanse pojedinačnih komponenti umjesto na prinos energije.

Energetska učinkovitost, kod rasvjete, definirana je kao optimizacija potrošnje energije bez smanjenja kvalitete rasvjete. Najveći problem predstavlja kako osigurati kvalitetnu rasvjetu s minimalnim troškovima električne energije. Kako bi se taj problem riješio treba u obzir uzeti nekoliko stavki:

- Točan izbor razine svjetlosti
- Izbor odgovarajućeg upravljačkog sustava
- Odgovarajući broj rasvjetnih tijela i svjetiljki
- Mora se uzeti u obzir i prostor koji ima prirodno svjetlo ili okoliš. [17]

Energetska učinkovitost LED rasvjete ovisi i o učinkovitosti svjetlećih dioda i o upravljanju rasvjetom. LED tehnologija omogućuje dodatne uštede energije kroz koncept inteligentne rasvjete koja uključuje detektore kretanja, web upravljanje, LED rasvjetu koja je napajana solarnom energijom te hibridni sustav napajanja.

Na više načina može se izvesti upravljanje rasvjetom, ovisno o investicijskim troškovima i namjeni. Najkvalitetniji način je bez naglih promjena i s kontinuiranom regulacijom.

Izbor odgovarajućeg izvora najveća je stavka u trošku. U obzir treba uzeti i potrebe korisnika, najbrži povrat investicije te i to da neki od izvora nisu prihvatljivi za kontinuirano upravljanje intenzitetom. Troškovi ugradnje LED rasvjete znaju biti veliki, no kasnijom uštedom koju omogućuje LED rasvjeta može se otplatiti početno ulaganje. [18]

LED žarulje uštede oko 80% energije u usporedbi sa konvencionalnim žaruljama što je i prikazano u Tablici 1. [10] Iz tablice je vidljivo da LED žarulja štedi oko 90% snage u odnosu na žarulje sa žarnom niti, a vijek rada im je puno duži.

Tablica 1. Usporedba LED žarulje sa konvencionalnim žaruljama [10]

| Tehničke karakteristike | Žarulja sa žarnom niti | Štedna žarulja | LED žarulja |
|-------------------------|------------------------|----------------|-------------|
| Nazivni napon           | 230 V                  | 230 V          | 230 V       |
| Nazivna snaga           | 60 W                   | 15 W           | 6 W         |
| Svjetlosni tok          | 710 lm                 | 280 lm         | 650 lm      |
| Vijek rada              | 1000 h                 | 6 000 h        | >30 000 h   |
| Tip grla                | E27                    | E27            | E27         |
| Temperatura boje        | 2 700 K                | 2 700 K        | 3 500 K     |

Važnost energetske učinkovitosti povećava se u skladu s pitanjima poput klimatskih promjena i cijena energije, što utječe na našu cjelokupnu zajednicu. Učinkovitija rasvjeta nudi potencijalno velike uštede energije i usko je povezana s performansama upravljačke elektronike.

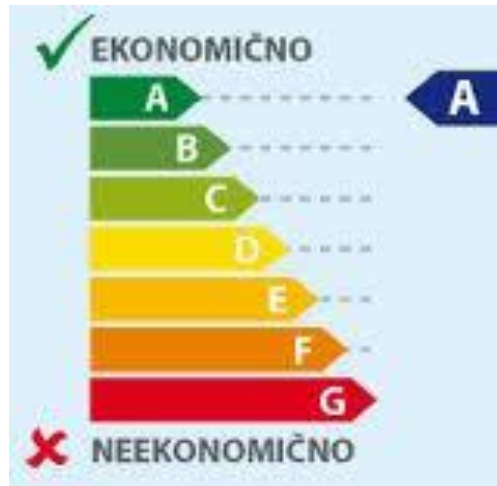
#### 4.1. Energetski razredi žarulja

Kao i kod ostalih električnih uređaja, tako i za rasvjetu razred energetske učinkovitosti EU-a označava energetska učinkovitost rada žarulje. Razredi energetske (Slika 10.) učinkovitosti označavaju se od A, što je vrlo učinkovito, do G koja ima najlošiju energetska učinkovitost. Žarulje G razreda ne bi se trebale upotrebljavati jer su vrlo neučinkovite.

Iako se još nekoliko milijuna žarulja sa žarnom niti i dalje koristi, one troše veliku količinu energije da spadaju tek u D razred energetske učinkovitosti. Halogene žarulje koje se spajaju na mrežni napon, također spadaju u energetski razred D ili čak i E. Veća energetska učinkovitost postiže se modernim, niskonaponskim halogenim žaruljama sa IRC slojem koje se svrstavaju u C razred, ili fluo žaruljama i LED diodama.

Najveću uštedu donose štedne i LED žarulje. Štedne žarulje sa elektroničkim prigušnicama vode po energetske učinkovitosti jer daju odlične rezultate u maloj potrošnji energije i duljem vijeku trajanja. Tako su postavljene u A i B razred energetske učinkovitosti, ovisno o tipu žarulje. Štedne žarulje dostupne su s istim standardnim grlom E27, kao žarulje sa žarnom niti, tako da ne postoje poteškoće s njihovom zamjenom u već postojećim svjetiljkama.

Zbog svog dinamičnog razvoja energetske učinkovitosti LED žarulje nisu dobile oznaku energetskog razvoja. No, visokokvalitetni proizvodi rade vrlo učinkovito te je moguće da prijeđu vrijednosti koje je EU postavila za A razred energetske učinkovitosti. [19]



Slika 10. Razredi energetske učinkovitosti [19]



## **5. EKONOMSKA UČINKOVITOST LED RASVJETE**

Rasvjeta mora biti u skladu sa potrebama korisnika, uključujući tako i ekonomske potrebe. Time se misli na cjelokupan proces prilikom odlučivanja kada se sustavi rasvjete dizajniraju i kupuju.

Ekonomska analiza rasvjete za postojeće ili nove sustave trebala bi:

- Isplanirati budžet,
- Usporediti alternativne sustave,
- Pojednostaviti karakteristike sustava rasvjete u mjeri s troškovima,
- Usporediti tehnike održavanja i procedure,
- Procijeniti tehnologije i strategije energetskog menadžmenta,
- Odrediti utjecaj rasvjete na ostale sustave rasvjete,
- Utvrditi korist rasvjete u odnosu na trošak. [20]

### **5.1. LED rasvjeta u poljoprivredi**

LED rasvjeta čini se prihvatljiva kako u kućanstvima tako i poljoprivrednicima koji prebacivanjem na LED rasvjetu u staklenicima (Slika 10.) brzo nadoknađuju svoja ulaganja i odnose vrlo veliku zaradu. Tlo i biljke su manje izloženi toplini pa se tako smanjuje i potrošnja vode. Niska potrošnja vode može pretvoriti cijela sušna područja ili područja koja su sklona drugim nedostacima vode, u zatvorene zone za uzgoj usjeva. [21]



Slika 11. LED rasvjeta u stakleniku [21]

## 5.2. LED rasvjeta u kućanstvima

10 do 15% električne energije mjesečno u kućanstvu potroši se na rasvjetu. Zbog toga je vrlo bitno za kućni budžet kakve žarulje se koriste.

Ekonomski prihvatljiva je i LED rasvjeta u kućanstvima. Kako LED rasvjeta generira malo ili nimalo topline zauzvrat smanjuje potrebu za rashladnim sustavima. Od uvođenja Direktive 2009. u Europskoj uniji su uvedeni stroži kriteriji učinkovitosti za različite energetske relevantne uređaje i proizvode. LED rasvjeta postoji na tržištu dugi niz godina, no ipak i danas ostavlja velik početni trošak. Bez obzira na velike početne izdatke oni se brzo nadoknađuju smanjenim računima za struju.

Iako su LED žarulje danas puno jeftinije na tržištu, nedovoljno kućanstava se koristi energetske učinkovitim rasvjetom. Zamjena jedne žarulje sa žarnom niti od 60 W, LED žaruljom na godišnjoj razini uštedi 120 kuna, dok zamjena jedne halogene žarulje donosi uštedu od 80 kuna. [22]



Slika 12. Primjer LED rasvjete u kućanstvu

## **6. PRIMJENA LED RASVJETE U AUTOMOBILSKOJ INDUSTRIJI**

Sustav osvjjetljenja ceste u noćnoj vožnji na automobilu od velike je važnosti, ali i danas je većina osobnih automobila opremljena prednjim svjetlima s halogenim žaruljama. Istu tehnologiju izvora svjetlosti koriste gotovo svi automobili. S obzirom da su korišteni isti izvori svjetlosti što se tiče dizajna prednja svjetla u različitim automobilima bila su ista. No, pojavom drugačijih izvora svjetlosti sve se promijenilo. [23] [24]

U posljednjih nekoliko godina, tehnologije dugih svjetala i niskih zraka u automobilima postigle su nevjerojatan skok zahvaljujući inovativnom razvoju automobilske industrije. [24]

### **6.1. Halogena prednja svjetla automobila**

Halogene žarulje (Slika 12.) na prednjim svjetlima automobila u upotrebi su više od pola stoljeća. Upotrebljavaju se za prednja svjetla, duga i kratka svjetla, za pokazivače smjera, svjetla za maglu i pozicijska svjetla. Ovisno o načinu korištenja, halogene žarulje mogu funkcionirati kao projektori sustavom leća i kao jednostavni reflektori sustavom zrcala.

Prva halogena žarulja, oznake H1, u upotrebu na Europskim prostorima ušla je u upotrebu 1962. godine. Danas se koriste najčešće tipovi halogenih žarulja H4 i H7. ovisno o naponu struje u automobilu, one rade na naponu od 12 ili 24 Volta, a snaga im je između 55 i 75 Watta. Na Kelvinovoj skali svjetlost halogenih žarulja je oko 3 200 do 5 000 Kelvina te daju potpuno bijelo svjetlo. [23]

Prednost halogenih žarulja je ta što imaju visoku svjetlinu, što dovodi do veće vizualne posvećenosti vozača na okolinu. Otporne su na padove napona, a fluktuacije nemaju negativan učinak na njihove performanse. Glavna prednost im je ekonomična cijena te to što se mogu zamijeniti bez posebnog alata. [24] [25]

Veliki nedostatak halogenih žarulja je što mogu rastopiti površinu ukoliko se nalazi blizu. [24]

Princip rada im je takav da kada kroz elektrode prođe struja, zbog električnog otpora dolazi do zagrijavanja niti od volframa na visokoj temperature i emitiranja svjetlosti. Unutar staklenog kućišta žarulje nalazi se plin, brom ili jod, koji osigurava da volframova nit ne pregori. [25]



Slika 13. Set halogenih žarulja H7 [23]

## 6.2. Ksenonska prednja svjetla automobila

1991. godine, tvrtka Automotive Lighting, koja je bila dio tvrtke Magneti Marelli, uvela je na tržište prva ksenonska svjetla. Prvi automobil koji je bio dostupan s ksenonskim farovima bio je BMW serije 7 (Slika 13.). U usporedbi s halogenim farovima, ksenonska svjetla daju do 2,5 puta više svjetlosti, tako da su cesta ispred vozila i sam rubni dio ceste jasnije i bolje osvijetljeni.



Slika 14. BMW serija 7 (E23 iz 1991.)- ksenonska tehnologija prednjih svjetala [23]

Ksenonske ili HID (eng. High Intense Discharge) žarulje spadaju u vrstu rasvjetnih tijela kod kojih se, umjesto žarnih niti od volframa, koriste dvije elektrode, fizički odvojene, od volframa u izoliranom staklenom prostoru ispunjenom nekim od plemenitih plinova kao što su argon, ksenon, kripton ili neon. Odnosno, kombinacijama nekih od njih. Iako je uobičajeno da se zovu ksenonske, riječ je o metalnom halidu koji svijetli, a ksenon služi samo za paljenje.

Umjesto žarne niti koja spaja dvije elektrode, kod HID žarulja uspostavlja se električni luk koji privremeno spaja dvije elektrode.

Ksenonske žarulje troše trećinu električne energije manje od halogenih žarulja i traju oko 2 000 sati, dok halogene žarulje traju od 450 do 1 000 sati. Za rad ksenonskih lampi napon se poveća s 12 Volti na 20 000 do 25 000 Volti, a zatim ostaje stabilan na između 42 i 85 Volti, ovisno o tipu HID žarulje. Na Kelvinovoj skali, ksenonske žarulje mogu dati svjetlo između 4 300 Kelvina, sve do 12 000 Kelvina.

Prednosti ksenonskih svjetiljki su:

- duga i jaka svjetlost, koja pruža širok pregled i veću sigurnost,
- dug radni vijek
- samo 7% energije se pretvara u toplinu.

Nedostaci su:

- potreba za ugradnju dodatne složene opreme,
- povećana potrošnja goriva zbog opterećenja generatora,
- ukoliko se jedna žarulja pokvari, moraju se obje žarulje promijeniti,
- visoka cijena. [23]

### **6.3. LED prednja svjetla automobila**

LED žarulje za automobile (Slika 14.) znatno su kvalitetnije od halogenih i zbog toga postaju standard u automobilskoj industriji. LED sijalice nemaju nikakvu nit koja bi mogla izgorjeti. [26]

Gotovo svu električnu energiju LED žarulje pretvaraju u svjetlost. Zbog kvalitete, veoma dugotrajne su pa tako mogu trajati do 50 000 radnih sati. Rok trajanja, ovisi o kvaliteti i proizvođaču.

LED svjetla bolje osvjetljavaju cestu i ne ometaju druge sudionike u prometu.

Najpoznatija LED žarulja za automobile je H7 LED. Njezine karakteristike su kvalitetno osvjetljavanje ceste, mala potrošnja energije i vrlo dugi rok trajanja.

Za stvaranje svjetlosnog toka LED žaruljama potrebno je 6 do 8 Watti, 10 puta manje nego halogene žarulje te je zbog toga potrošnja goriva oko 0,3 l/ 100km.

Prednost im je što za instaliranje nisu potrebni dodatni uređaji, emitiraju oko 4% manje topline od ksenona, manje se zagrijavaju, dolaze u različitim modelima i bojama. Dok nedostaci LED svjetiljki uključuju cijenu, jer im je trošak veći od halogenih žarulja. [24]

LED žarulje je zakonom zabranjeno postavljati u svjetla koja su namijenjena za obične žarulje jer može doći do kvarova na električnim spojevima na starijim modelima automobila. Takvo vozilo ne može proći tehnički pregled.



Slika 15. LED svjetla, Audi A8 [24]



## 7. SVJETLOSNO ONEČIŠĆENJE

Svjetlosno onečišćenje okoliša globalni je problem kojem se pripisuju astronomski, ekonomski, sigurnosni, ali i zdravstveni problemi koji izazivaju brojne neželjene zdravstvene učinke i utječu na čovjeka. [27]



Slika 16. Svjetlosno onečišćenje [28]

Glavni uzročnici svjetlosnog onečišćenja nepravilno su postavljena vanjska rasvjetna tijela, ona koja svojom konstrukcijom rasipaju svjetlost po površini umjesto prema tlu koje treba osvijetliti te ne ekološka rasvjetna tijela. Mnoga područja koriste biomasu ili kerozin kao gorivo za osvjetljenje. [27] [29]

### 7.1. Svjetlosno onečišćenje u prometu

Neodgovarajuća rasvjeta, uz onečišćenje okoliša, ometa sudionike u prometu. Rasvjeta uz prometnice, radi izbjegavanja svjetlosti koja direktno zaslijepljuje vozače, mora biti zasjenjena. Dok nagli prelasci iz osvijetljenog u neosvijetljeno područje, zbog velikog kontrasta mogu rezultirati privremeno slabim vidom. Bliještanje izaziva umor i smanjuje pažnju vozača, kao i neosvijetljena ili loše ugrađena rasvjeta.

Zasljepljivanje umjetnom rasvjetom spominje se u Zakonu o sigurnosti na cestama te je tamo točno definirano postavljenje rasvjetnih predmeta koji zasljepljuju sudionike u prometu ili im odvrćaju pozornost u mjeri koja može biti opasna po sigurnost u prometu. [27]

## **7.2. Utjecaj noćnog i umjetnog svjetla na čovjeka**

U modernom društvu, velik broj ljudi izložen je umjetnim izvorima svjetlosti tijekom noći, a smjenski rad noću i noćne aktivnosti postali su stil života suvremenog društva. Nedavna epidemiološka istraživanja pokazala su da izloženost svjetlu tokom noći dovodi do smanjenja sinteze melatonina.

Ljudsko tijelo funkcionira u dnevnom ili 24-satnom ciklusu koji upravlja fiziološkim, bihevioralnim i biokemijskim procesima. Ti procesi, kako međusobno, sinkronizirani su i s vanjskim svijetom zahvaljujući djelovanju "biološkog sata". Osim endogenih čimbenika, velik utjecaj imaju i vanjski čimbenici na rad biološkog sata, a svjetlost je jedan od najznačajnijih zbog održavanja života i funkcije velike većine bioloških ritmova u tijelu, što uključuje spavanje i budnost.

Interakcija čovjeka i svjetlosti zbiva se preko očiju i kože. Istraživanja pokazuju kako umjetni izvori svjetlosti sadrže valne komponente opasne za oči i kožu čovjeka i mogu biti uzrok različitim zdravstvenim tegobama.

Melatonin je uključen u procese kao što su imunološki sustav, kontrola sna, kardiovaskularni procesi, a poticaj za njegovo lučenje je tama. Izloženost umjetnim izvorima svjetlosti tijekom noći prekida lučenje melatonina. Ovisno o trajanju, jakosti, boji i intenzitetu može dovesti do raznih zdravstvenih problema kao što su iscrpljenost, glavobolje, nemir, povišen krvni tlak, pa čak i stres. [27]

### 7.3. Smanjenje svjetlosnog onečišćenja

Svjetlosno onečišćenje moguće je smanjiti racionalnijom upotrebom vanjskih rasvjetnih tijela (Slika 16.) kao preventivne mjere te edukacijom svih sudionika uključenih u smanjenje svjetlosnog onečišćenja. Mjerama zaštite od nekorisnih, nepotrebnih ili štetnih emisija svjetlosti te mjerama zaštite noćnog neba od prekomjernog osvjetljenja postiže se zaštita od svjetlosnog onečišćenja.

Zakonom o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja (NN, br. 114/11) uređena su načela zaštite, načini utvrđivanja standarda upravljanja rasvijetljenošću kako bi se smanjila potrošnja električne energije, subjekti koji provode zaštitu, utvrđena su ograničenja i zabrane u vezi svjetlosnog onečišćenja, planiranje gradnje, održavanja i rekonstrukcije rasvjete, utvrđene su mjere zaštite od prekomjerne rasvijetljenosti te odgovornosti proizvođača proizvoda koji služe za rasvjetljavanje. [27]

Smanjenju svjetlosnog onečišćenja i zagađenja ugljičnim monoksidom također pomažu LED rasvjetni sustavi. LED rasvjeta pruža svjetlost koristeći minimalnu snagu koju generiraju generatori kao što su solarni paneli i hidroelektrični sustavi. [29]



Slika 17. Ulična LED rasvjeta [30]

## 8. ZAKLJUČAK

Napretkom tehnologija, napredovali su i umjetni izvori svjetlosti. LED rasvjeta kao jedna od efikasnijih umjetnih izvora svjetlosti u punom je jeku. Iako je trenutno početno ulaganje u zamjenu postojećih rasvjetnih tijela LED svjetlima veliko, vremenom će postati jeftinije i dostupnije svima. Upitno je hoće li biti potrebe za razvitkom novih tehnologija jer je učinkovitost LED rasvjete već sada na zavidnom nivou te je primjenjiva na svim područjima.

U radu su navedene različite vrste rasvjete te različite vrste LED rasvjete. Napravljena je usporedba LED žarulja s drugim vrstama na različitim poljima, kao što su kućanstvo i automobilska industrija. Pokazan je način rada i uporabe LED svjetala i njihova efikasnost u raznim granama kao industrijske i poljoprivredne proizvodnje.

## LITERATURA

- [1] <https://glossary.periodni.com/glosar.php?hr=ultrljubi%C4%8Dasto+svjetlo> (17.06.2021.)
- [2] <https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetlost> (17.06.2021.)
- [3] [https://bs.wikipedia.org/wiki/Svjetlosni\\_izvori](https://bs.wikipedia.org/wiki/Svjetlosni_izvori) (17.06.2021.)
- [4] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Polarna\\_svjetlost](https://hr.wikipedia.org/wiki/Polarna_svjetlost) (17.06.2021.)
- [5] <https://www.maximumyield.com/definition/2126/artificial-light> (17.06.2021.)
- [6] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetle%C4%87a\\_dioda#cite\\_ref-1](https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetle%C4%87a_dioda#cite_ref-1) (18.06.2021.)
- [7] <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=59111> (18.06.2021.)
- [8] [https://hr.abadgar-q.com/wiki/LED\\_lamp](https://hr.abadgar-q.com/wiki/LED_lamp) (21.06.2021.)
- [9] [https://hr2.wiki/wiki/LED\\_lamp#Comparison\\_table](https://hr2.wiki/wiki/LED_lamp#Comparison_table) (21.06.2021.)
- [10] Stojkov M., Šljivac D., Topić D., Trupinić T., Alinjak T., Arsoški S., Klaić Z., Kozak D., Električna rasvjeta i učinkovitost, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Elektrotehnički fakultet Osijek, Osijek, 2016.,
- [11] <https://de.aliexpress.com/item/32796161862.html> (21.06.2021.)
- [12] <https://www.led.hr/led-proizvodi/led-cijevi/> (21.06.2021.)
- [13] <http://hr.panasystech.com/info/organic-light-emitting-diode-oled-20158924.html> (24.06.2021.)
- [14] <https://hr.stuklopechat.com/biznes/4722-cto-takoe-organicheskie-svetodiody.html> (24.06.2021.)
- [15] <https://hr.eyewated.com/sto-znaci-oled/> (24.06.2021.)
- [16] Lenk R., Lenk C., Practical Lighting Design with LEDs, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2011.,

- [17] Sumper A., Baggini A., Electrical Energy Efficiency: Technologies and Applications, John Wiley & Sons, Ltd, ISBN: 97804709755110
- [18] Lenk R., Lenk C., Practical Lighting Design With LEDs, Wiley-IEEE Press, SAD, 2005., ISBN-10: 047175045X, ISBN-13: 978-0471750451
- [19] <https://art-rasvjeta.hr/vijesti/hrvatska/energetski-razred-za-zarulje> (24.06.2021.)
- [20] Illuminating Engineering Society of North America, The IESNA LIGHTING HANDBOOK, ISBN 0-87995-150-8, godine 2000.,
- [21] <https://growspectra.com/blogs/news/efficiency-and-economic-benefits-to-using-led-lighting-for-indoor-grow-operations> (25.06.2021.)
- [22] <https://www.oeko.de/en/research-consultancy/issues/consumption-and-enterprises/energy-efficient-lighting-led-lights-economical-and-flexible> (25.06.2021.)
- [23] <https://www.tportal.hr/autozona/clanak/led-je-standard-buducnosti-sto-trebate-znati-o-osvjetljenju-automobila-foto-20190924> (29.09.2021.)
- [24] <https://electricianprof.ru/hr/posting/choose-led-fluorescent-or-halogen-which-car-headlights-are-better-halogen-xenon-led-or-laser/> (29.09.2021.)
- [25] <https://www.mojvolan.com/od-halogenih-do-laserskih-tipovi-sijalica-i-njihov-princip-rada/> (29.09.2021.)
- [26] <https://autotax.me/led-zarulje-za-auto-su-kvalitetnije-od-halogenih/> (29.09.2021.)
- [27] <https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/svjetlosno-oneciscenje-okolisa/> (29.09.2021.)
- [28] [https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetlosno\\_one%C4%8Di%C5%A1%C4%87enje](https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetlosno_one%C4%8Di%C5%A1%C4%87enje) (29.09.2021.)
- [29] <https://hr.construct-yourself.com/improvement/small-forms/greenhouse-lighting-led-lamps.html> (29.09.2021.)
- [30] <http://www.studio123.hr/led-ulicna-rasvjeta--projekti--primjena.aspx> (29.09.2021.)

## POPIS PRILOGA

### Popis slika

|   |    |
|---|----|
| Slika 1. Boje i njihove valne duljine [1].....  | 2  |
| Slika 2. Polarna svjetlost iznad Islanda [4].....                                     | 3  |
| Slika 3. Svjetleće diode [6].....   | 4  |
| Slika 4. LED žarulja [9].....   | 5  |
| Slika 5. Spot LED svjetiljke [11] .....   | 6  |
| Slika 6. LED cijevi [12].....   | 6  |
| Slika 7. Sony WEL-1, prvo OLED TV [13].....   | 8  |
| Slika 8. Demonstracija prototipa fleksibilnog OLED zaslona tvrtke Sony [13] .....     | 8  |
| Slika 9. Stari OLED zaslon koji pokazuje potrošenost [13].....                        | 9  |
| Slika 10. Razredi energetske učinkovitosti [19].....                                  | 14 |
| Slika 11. LED rasvjeta u stakleniku [21].....   | 16 |
| Slika 12. Primjer LED rasvjete u kućanstvu .....                                      | 17 |
| Slika 13. Set halogenih žarulja H7 [23].....  | 19 |
| Slika 14. BMW serija 7 (E32 iz 1991.)- ksenonska tehnologija prednjih svjetala [23] . | 20 |
| Slika 15. LED svjetla, Audi A8 [24] .....   | 22 |
| Slika 16. Svjetlosno onečišćenje [28].....  | 23 |
| Slika 17. Ulična LED rasvjeta [30] .....  | 25 |

## **Popis tablica**

|  |   |
|--|---|
| <u>Tablica 1. Usporedba LED žarulje sa konvencionalnim žaruljama</u> ..... | 9 |
|--|---|