

Mjerenje rasvijetljenosti u pogonu za proizvodnju pčelinjih pogača

Zadrović, Lovro

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Metallurgy / Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:115:546958>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb - Repository of Faculty of Metallurgy University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
METALURŠKI FAKULTET

Lovro Zadrović

DIPLOMSKI RAD

Sisak, srpanj 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
METALURŠKI FAKULTET

Lovro Zadrović

MJERENJE RASVIJETLJENOSTI U
POGONU ZA PROIZVODNJU PČELINJIH POGAČA

DIPLOMSKI RAD

Mentor: Prof. dr. sc. Anita Begić Hadžipašić

Članovi ispitnog povjerenstva:

Izv. prof. dr. sc. Ivan Jandrić - predsjednik
Prof. dr. sc. Anita Begić Hadžipašić – član (mentor)
Doc. dr. sc. Tahir Sofilić – član
Doc. dr. sc. Tin Brlić – zamjenski član

Sisak, srpanj 2024.



KLASA: 602-03/24-05/04
URBROJ: 2176-78-24-01- 95

Sisak, 29. svibnja 2024.

Temeljem točke IX. Naputka o diplomskom radu i diplomskom ispitu Pravilnika o studiranju na preddiplomskim studijima i diplomskom studiju Metalurškog fakulteta i članka 20. Statuta Metalurškog fakulteta, Fakultetsko vijeće na svojoj 8. redovitoj sjednici u akad. god. 2023./2024. od 29. svibnja 2024. godine (t. 4), a na prijedlog Povjerenstva za nastavno područje djelovanja, donosi sljedeću

ODLUKU

o odobravanju teme, imenovanju mentora i Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada

I.

Studentu sveučilišnog diplomskog studija *Sigurnost, zdravlje na radu i radni okoliš* u izvanrednom statusu **LOVRI ZADROVIĆU** (0117080952) za mentoricu diplomskog rada pod naslovom "Mjerenje rasvjetljenosti u pogonu za proizvodnju pčelinjih pogača" ("Measurement of illumination in the plant for the production of bee scones") imenuje se **prof. dr. sc. Anita Begić Hadžipašić**.

II.

Studentu iz točke I. ove Odluke imenuje se Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada u sastavu:

1. izv. prof. dr. sc. Ivan Jandrić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – predsjednik,
2. prof. dr. sc. Anita Begić Hadžipašić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet – članica,
3. doc. dr. sc. Tahir Sofilić – član.

Za zamjenskog člana imenuje se doc. dr. sc. Tin Brić, Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet.

III.

Ova Odluka stupa na snagu danom donošenja.

IV.

Protiv ove Odluke može se uložiti prigovor Fakultetskom vijeću Metalurškog fakulteta u roku 8 dana od dana primitka iste.

Dostavljeno:

- 1 x Lovro Zadrović
- 4 x mentorica, članovi Povjerenstva
- 1 x Studentska referada
- 1 x Tajništvo
- 1 x pismohrana Fakultetskog vijeća
- 1 x pismohrana

Vršitelj dužnosti dekana
Metalurškog fakulteta


prof. dr. sc. Nikola Mrvac

Lovro



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
METALURŠKI FAKULTET

UNIVERSITY OF ZAGREB
FACULTY OF METALLURGY

IME: Lovro
PREZIME: Zadrović
MATIČNI BROJ: 0117080952

Na temelju članka 19. stavak 2. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu dajem sljedeću

IZJAVU O IZVORNOSTI

Izjavljujem da je moj završni / diplomski / doktorski rad pod naslovom:

Mjerenje rasvijetljenosti u pogonu za proizvodnju pčelinjih pogača

izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi istoga nisam koristio drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Sisak, _____

(vlastoručni potpis)

Izrazi koji se koriste u ovoj izjavi, a imaju rodno značenje, koriste se neutralno i odnose se jednako i na ženski i na muški rod.

SAŽETAK

Svjetlost kao pojava proučava se već nekoliko tisuća godina, a uz nju se vežu i razne teorije u vezi njezina širenja. Čovjek opaža svjetlost osjetilom vida te unutar ograničenog raspona njezinih valnih duljina koje može zamijetiti, raspoznaje vrlo sitne razlike koje vidi kao boje. U suvremenom svijetu čovjek je svakodnevno izložen svjetlosti, bilo onoj prirodnoj ili umjetnoj, no najveći problem za njegovo zdravlje predstavlja izloženost umjetnom svjetlu koje imitira dnevnu svjetlost. Čovjekov jednodnevni biološki ritam ili cirkadijani ritam određuje osnovne fiziološke aktivnosti prema izmjeni dana i noći. Isti je odgovoran za proizvodnju melatonina koji je antioksidans u borbi protiv nastanka stanica raka. Umjetno svjetlo u noćnim satima te noćni rad mogu poremetiti proizvodnju melatonina i na taj način izložiti organizam raznim oboljenjima. Danas postoje dokumenti koji čine zakonodavni okvir u vezi osvjetljenja na radnom mjestu, a koji daju garanciju za njegovu sigurnu i kvalitetnu primjenu. To su Zakon o zaštiti na radu kao temelj za izradu mnogih Pravilnika u vezi osvjetljenja na radnom mjestu te norme za svjetlo i rasvjetu unutarnjih i vanjskih radnih mjesta. Rasvjeta je danas prisutna na svakom radnom mjestu, a podijeliti se može na unutarnju i vanjsku. Izbor rasvjete ovisi o nizu čimbenika kao i njenoj namjeni. U ovom radu su prikazani rezultati mjerenja rasvijetljenosti u pogonu za proizvodnju pčelinjih pogača s obzirom na mjerna mjesta koja obuhvaćaju pogon, skladište i mlin. Cilj ovog istraživanja je provjera usklađenosti postojećeg rasporeda rasvjetnih tijela s važećim propisima. Mjerenjima je ustanovljeno da je potrebno preispitivanje i poboljšanje rasvjetnih tijela te usklađivanje rasporeda rasvjetnih tijela s važećim propisima i rasvijetljenosti pojedinih radnih mjesta koja moraju biti sigurna, funkcionalna i estetski ugodna.

Ključne riječi: svjetlost, izvori svjetlosti, rasvjeta, mjerenje rasvijetljenosti

Measurement of illumination in the plant for the production of bee scones

ABSTRACT

Light as a phenomenon has been researched for several thousands of years, and in relation to it, there are different theories about its expansion. A human observes light with a sense of sight and within a limited range of its noticeable wavelengths very tiny differences are recognized as colours. In a modern world, we are exposed to everyday light, both natural and artificial one. However, the biggest problem for our health is the exposure to artificial light, which imitates daily light. A person's one-day biological rhythm or a circadian rhythm determines basic physiological activities according to the change of day and night. It is responsible for the production of melatonin, an antioxidant that fights against the development of cancer cells. Artificial light used during the night, as well as night work, can disrupt production of melatonin and that way expose our organism to various diseases. Nowadays, there are documents making a legal framework in connection to lighting at workplace, which guarantee for its safe and quality use. These are The Employment Protection Act as the foundation for making many other Rulebooks related to lighting at workplaces, as well as the norms for light and illuminance of indoor and outdoor workplaces. The choice of lighting depends on a number of key factors, as well as its purpose. In this work, the results of illuminance measurement in the plant for the production of bee scones concerning the measurement spots encompassing the plant, the warehouse and the mill, were be presented. The purpose of these investigations is the review of compatibility of the existing arrangement of lighting units to valid regulations. The measurements showed that there is a need to review and improve the lighting fixtures and to harmonize the layout of the lighting fixtures with current regulations and the lighting of individual workplaces, which must be safe, functional and aesthetically pleasing.

Key words: light, light sources, lighting, illuminance measurement

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici diplomskog rada prof. dr. sc. Aniti Begić Hadžipašić na savjetima, korekcijama i uputama koje sam primjenjivao prilikom izrade diplomskog rada.

Za tehničku pomoć i ustupanje opreme za mjerenje zahvaljujem se Uni Sofilić Šimić, dipl. ing. Direktorici kvalitete i inspekcije i Nadanu Baričeviću, ing. ekspertu za sigurnost i zaštitu u tvrtki STSI – Integrirani tehnički servisi d.o.o. Zagreb.

Za pomoć pri izradi i korisne savjete zahvaljujem se članovima Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada, izv. prof. dr. sc. Ivanu Jandrliću, doc. dr. sc. Tahiru Sofiliću i doc. dr. sc. Tinu Brliću.

Veliko hvala doc. dr. sc. Tahiru Sofiliću na svim korisnim savjetima, nesebičnom dijeljenju znanja i iskustva te poticanju na kritičko razmišljanje i istraživanje tijekom mog studiranja.

Na kraju, najveće hvala mojoj supruzi, djeci i mojim roditeljima koji su mi bili podrška tijekom studiranja.

POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 1. Spektar vidljive svjetlosti [12] | 4 |
| Slika 2. Izvori svjetlosti [32] | 11 |
| Slika 3. Utjecaj UV svjetlosti na kožu [35] | 12 |
| Slika 4. Bliještanje: a) direktno i b) refleksno [43] | 22 |
| Slika 5. Kruithof-ov dijagram [48] | 24 |
| Slika 6. Stroboskopski učinak - doživljaj okretanja kotača vozila u suprotnom smjeru u odnosu na smjer kretanja [48] | 24 |
| Slika 7. Tlocrtni prikaz pogona za proizvodnju pčelinjih pogača i skladišta | 29 |
| Slika 8. Instrument za mjerenje intenziteta svjetlosti, Testo 545 [53] | 33 |

POPIS TABLICA

| | |
|--|-------|
| Tablica 1. Osvjetljenje za unutarnja radna mjesta [30] | 10 |
| Tablica 2. Nivo osvijetljenosti prema preporukama CIE [46] | 20 |
| Tablica 3. Ravnomjernost osvijetljenosti [46] | 21 |
| Tablica 4. Razine osvijetljenosti prema HRN EN 12464-1:2021, Industrija, proizvodni pogoni, manufaktura [51] | 30-31 |
| Tablica 5. Rezultati dnevnog i noćnog mjerenja s obzirom na metodu mjerenja za Pogon 1 | 34 |
| Tablica 6. Rezultati dnevnog i noćnog mjerenja s obzirom na metodu mjerenja za Pogon 2 | 35 |
| Tablica 7. Rezultati dnevnog i noćnog mjerenja s obzirom na metodu mjerenja za Skladište 1 | 36 |
| Tablica 8. Rezultati dnevnog i noćnog mjerenja s obzirom na metodu mjerenja za Skladište 2 | 38 |
| Tablica 9. Rezultati mjerenja s obzirom na metodu mjerenja za Mlin 1 | 39 |
| Tablica 10. Rezultati mjerenja s obzirom na metodu mjerenja za Mlin 2 | 40 |

POPIS OZNAKA, KRATICA I POKRATA

CFL žarulja - Štedna žarulja ili kompaktna fluorescentna žarulja (engl. *Compact Fluorescent Lamp*)

D1 - Duplikator 1

D2 - Duplikator 2

D3 - Duplikator 3

DNK - Deoksiribonukleinska kiselina (eng. *Deoxyribonucleic Acid*)

E - Rasvijetljenost, jakost rasvjete ili iluminacija (lx)

E - Energija (eV)

\bar{E}_m - Potrebna osvjetljenost površine (lx)

E_{min} - Maksimalna vrijednost rasvijetljenosti (lx)

E_{sr} - Srednja vrijednost rasvijetljenosti (lx)

h - Planckova konstanta (Js)

Hr - Radna visina (m)

I - Svjetlosna jakost ili luminacijski intenzitet (Cd)

IDA - Međunarodna udruga za tamno nebo (engl. *International Dark – Sky Association*)

L - Luminoznost, snaga zračenja ili sjaj (Cd/m^2)

LED - Svjetleća dioda (engl. *Light Emitting Diode*)

R_a - Minimalni indeks refleksije boja

S - Stol

S1 - Stroj 1

S2 - Stroj 2

TT - Transportna traka

TT1 - Transportna traka 1

TT2 - Transportna traka 2

UGR_L - Mjera neugodnog bljeska, indeks faktora bliještanja

UV - Ultraljubičasto zračenje, ultraljubičasta svjetlost ili ultravioletno zračenje (eng. *ultraviolet*)

ν - Frekvencija elektromagnetskih valova (Hz)

η - Svjetlosna učinkovitost ili luminacijska efektnost (lm/W)

Φ - Svjetlosni tok, luminacijski fluks ili svjetlosna snaga (lm)

KAZALO

| | |
|---|-----|
| SAŽETAK | I |
| ABSTRACT | II |
| ZAHVALA | III |
| POPIS SLIKA | IV |
| POPIS TABLICA | IV |
| POPIS OZNAKA, KRATICA I POKRATA | V |
| 1. UVOD | 1 |
| 2. TEORIJSKI DIO | 2 |
| 2.1. Svjetlost | 2 |
| 2.2. Utjecaj svjetlosti na čovjeka | 5 |
| 2.2.1. Biološki ritmovi u ljudskom tijelu | 5 |
| 2.3. Svjetlosno onečišćenje | 7 |
| 2.3.1. Parkovi tamnog neba | 9 |
| 2.4. Zakonodavstvo | 9 |
| 2.5. Izvori svjetlosti | 11 |
| 2.5.1. Prirodni izvori svjetlosti | 11 |
| 2.5.2. Bioluminiscencija | 13 |
| 2.5.3. Umjetni izvori svjetlosti | 14 |
| 2.6. Rasvjeta | 15 |
| 2.6.1. Vanjska rasvjeta | 15 |
| 2.6.2. Unutarnja rasvjeta | 15 |
| 2.7. Projektiranje unutarnje rasvjete | 17 |
| 2.7.1. Čimbenici osvjetljenja prostorije | 18 |
| 2.8. Ispitivanje unutarnje rasvjete | 25 |
| 3. EKSPERIMENTALNI DIO | 28 |
| 3.1. Opis postrojenja | 28 |
| 3.2. Izrada mreže mjerenja | 28 |
| 3.3. Norma HRN EN 12464-1:2021., Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 1. dio: Unutrašnji radni prostori | 29 |

| | |
|---|-----------|
| 3.4. Metode, tehnike i mjerna ispitna oprema | 32 |
| 3.4.1. Mjerna ispitna oprema | 32 |
| 3.4.2. Metode i tehnike mjerenja rasvjetljenosti..... | 33 |
| 3.4.2.1. Mjerenje u paralelnim linijama u prostoru, <i>šnitanje</i> | 33 |
| 3.4.2.2. Mjerenje na tajmer | 33 |
| 3.4.2.3. Točkasto mjerenje ili mjerenje po pozicijama..... | 33 |
| 4. REZULTATI I RASPRAVA | 33 |
| 4.1. Pogon 1..... | 33 |
| 4.2. Pogon 2..... | 35 |
| 4.3. Skladište 1. | 36 |
| 4.4. Skladište 2. | 37 |
| 4.5. Mlin 1. | 38 |
| 4.6. Mlin 2. | 39 |
| 5. ZAKLJUČAK | 41 |
| 6. LITERATURA | 43 |
| 7. ŽIVOTOPIS | 46 |
| 8. PRILOZI..... | 47 |

1. UVOD

Svjetlo kao pojava od davnina pobuđuje želju za otkrivanjem svih tajni koje su vezane uz njezin nastanak, širenje, sastav i brzinu. Bez svjetlosti, poimanje stvarnosti i svijeta oko sebe, ne bi bilo isto kao i s njegovom prisutnošću. Sve informacije koje čovjek prima i doživljava oko sebe u najvećoj mjeri prima preko vizualnog podražaja. Samim time se može kazati kako svjetlo izravno utječe na čovjekovo raspoloženje, pa se i danas upotrebom različitih sustava osvjetljenja, mogu dočarati različiti efekti koji pridonose upravo samom raspoloženju. Ono što je važno za reći jest da je čovjek, zbog radnih i životnih obaveza, počeo provoditi više vremena unutar objekata nego vani. S obzirom na to da čovjek provede čak 80% vremena unutar objekta, od čega dobar dio otpada na radni prostor, iznimno je važno da osvjetljenje tog prostora bude izvedeno što je moguće bolje, kako bi osoba bila u mogućnosti kvalitetno odraditi radne zadatke. Uz dobro osvjetljenje vežu se i određene fiziološke reakcije u pogledu bolje koncentracije, veće proizvodnosti, smanjenog umora, veće pozornosti te mnoge druge pozitivne strane dobrog i kvalitetnog unutarnjeg osvjetljenja. S druge strane, loše unutarnje osvjetljenje može uzrokovati suprotan efekt u pogledu slabije koncentracije, manje proizvodnosti, većeg umora, veće mogućnosti da se dogodi nesreća pa čak i glavobolja.

Kvaliteta unutarnje rasvjetljenosti radnih mjesta mora doprinijeti većoj učinkovitosti obavljanja radnih zadataka te pružiti ugodu bez naprezanja osjetila vida. Naravno, razne djelatnosti kao i poslovi imaju različite zahtjeve za kvalitetom osvjetljenosti, pa će se tako razina osvjetljenosti operacijske sale znatno razlikovati od razine osvjetljenja ugostiteljskog objekta. Osvjetljenje unutarnjih radnih prostora radi se prema normi *HRN EN 12464-1* pa se s obzirom na istu utvrđuju zahtjevi za osvjetljenje ljudi na radnim mjestima u zatvorenim prostorima. U svakom slučaju unutarnja rasvjeta treba biti izvedena na način da omogućava minimalno naprezanje vida pri izvođenju različitih radnih zadataka.

2. TEORIJSKI DIO

2.1. Svjetlost

U Bibliji, Knjiga Postanka: 3 (Dan 4) piše: 'I reče Bog, Neka bude svjetlost: i bi svjetlost.' [1].

Tisućama godina prije pojave električne rasvjete, negdje oko 300 000 godina pr.Kr., pretpovijesni čovjek otkrio je vatru. Ovo vrlo važno otkriće koristilo mu je ne samo za grijanje i termičku obradu hrane, već i za osvjetljavanje njegova životnog prostora noću. Iako pretpovijesni čovjek možda nije bio svjestan kojim procesima svjetlost nastaje, zasigurno je znao da je svjetlost koju dobiva procesom izgaranja korisna i to na veliki broj načina [2].

No, što je zapravo svjetlost? Na to naoko jednostavno pitanje nije moguće dati sažeti odgovor. Naime, svjetlost se može sagledati iz raznih perspektiva, ovisno govori li se o njenom istraživanju, iskorištavanju ili pak doživljaju. Fizika je po tom pitanju vrlo egzaktna jer se bavi fizikalnim svojstvima svjetla. S druge strane svjetlost se može izučavati i s umjetničke strane pri kojoj se tumači njezina estetska vrijednost. Osjetilom vida čovjek doživljava svijet oko sebe, no doživljaj ne bi bio moguć ukoliko bi izostao najvažniji faktor, a to je svjetlost. Sunčeva svjetlost na globalnoj razini utječe na zagrijavanje Zemlje, vremenske prilike te na vrlo važan proces koji održava život, a to je fotosinteza. Također, sve informacije o svemiru, kojima raspolaže moderna kozmologija i istraživanje svemira, temelje se na podacima koji su u velikoj mjeri rezultat elektromagnetskog zračenja. Upravo zahvaljujući zračenju astronomi su u mogućnosti dati odgovore na vrlo kompleksna pitanja koja se tiču nastanka svemira, njegova širenja, kao i kemijskog sastava zvijezda [3].

Prirodna svjetlost koja dopire od Sunca i drugih nebeskih tijela, dominirala je tijekom cijele evolucije čovječanstva. Već spomenuto otkriće vatre evolucijski je ubrzalo razvoj pretpovijesnog čovjeka koji je vatru naučio koristiti na različite načine i u različite svrhe. Svijeće, plamene baklje te uljne lampe samo su neka od rasvjetnih tijela koja su se koristila za osvjetljavanje životnog prostora prije pojave umjetne rasvjete. Tijekom prošloga stoljeća započela je era dominacije električnih žarulja koje su svoju primjenu zaživjele prvenstveno u razvijenim zemljama svijeta [4].

Danas je život bez umjetne rasvjete gotovo nezamisliv, a umjetna rasvjeta kao takva predstavlja neizostavni segment modernog načina života. Današnji stil života uvelike se temelji na potrošačkim vrijednostima, pa je stoga broj usluga kao i tehničke podrške u stalnom porastu. Uzročno tome dolazi do svakodnevnog povećanja broja sati koje čovjek provede pod umjetnom rasvjetom ne bi li uhvatio korak sa zahtjevima tržišta. No, da bi umjetna rasvjeta kakvu danas poznajemo uopće bila moguća, bile su potrebne tisuće godina razvoja i djelovanja na tom polju [5].

Prvo poimanje svjetla koje se može pratiti kroz povijest, a uključuje nekoliko starih kultura, veže se uz religiju. Prvi koji su pokušali objasniti prirodu svjetlosti bili su grčki filozofi, pa je tako Euklid (300. pr. Kr.) prvi naveo niz svojstava koja pripadaju svjetlosti koja se i danas upotrebljavaju, a uključuju pravocrtno širenje svjetlosnih zraka i zakon refleksije [6]. Stotinama godina kasnije, arapski znanstvenik Alhazen je oko 1000. godine zaključio da je

svjetlost direktno povezana s osjetilom vida [6]. Grčki filozof Demokrit (460. – 370. pr. Kr.) govori o svjetlosti kao o materijalnim česticama čija ideja nailazi na odobravanje i podršku od strane Renéa Descartesa (1596. – 1650.), francuskog filozofa, fizičara i matematičara. Descartes je također sugerirao kako je boja svjetla povezana s različitim kutnim brzinama rotacije čestica svjetla, odnosno da je boja svojstvena samoj svjetlosti. Priroda svjetla zanimala je i engleskog fizičara, matematičara i astronoma Sir Isaac Newtona (1642. – 1727.) koji je izveo i nekoliko eksperimenata vezanih uz svjetlo [6]. Najznačajniji je vezan uz otkriće kako se boje spektra mogu izvući iz bijele svjetlosti uz pomoć prizme, što znači da je bijela svjetlost sastavljena od različitih spektralnih boja različite lomljivosti. Danski matematičar Erasmus Bartholinus (1625. – 1698.) godine 1669. eksperimentalno otkriva još jedno svojstvo svjetlosti poznato kao polarizacija, odnosno da čestice svjetlosti imaju dvije strane. Nizozemski astronom, matematičar i fizičar Christiaan Huygens (1629. – 1695.) godine 1690. predstavlja ideju o valovitoj prirodi svjetla, gdje pretpostavlja kako se svjetlost širi u obliku malih sfernih valova [6]. Teoriji širenja valova značajnije je doprinio i švicarski matematičar, fizičar i astronom Leonhard Euler (1707. – 1783.) u kojoj je izložio tvrdnju kako svaka boja spektra svjetlosti odgovara sinusoidnom valu frekvencije i valne duljine. Francuski fizičar Augustin Jean Fresnel (1788. – 1827.) stvara čvrste temelje teorije valne prirode svjetla upravo kroz eksperimente s difrakcijom svjetlosti [6].

Početak električne rasvjete često se veže za Thomasa Alvu Edisona i godinu 1879. kada je izumljena električna žarulja [7]. No, taj podatak nije potpuno točan jer Thomas Alva Edison nije jedini zaslužan za otkriće električne žarulje. Iako je sam izumitelj zaslužan za prvu komercijalno praktičnu žarulju potrebno je spomenuti i engleskog kemičara Humphrey Davya koji se prije više od 200 godina bavio idejnim rješenjem korištenja električne energije u svrhu rasvjete. Obzirom na tu činjenicu, može se kazati kako je 1802. godine Humphrey Davy izumio električno svjetlo koje je bilo poznato pod nazivom elektrolučna lampa [7].

Problem koji je bio konstrukcijske prirode prvih žarulja jest trajnost niti, pa su tako razni izumitelji eksperimentirali s nitima od ugljikovih vlakana do skupocjenih platina. Kao krajnje rješenje pokazao se volfram upravo iz razloga što ima visoku temperaturu tališta. Kemičar Franjo Hanaman u suradnji sa slovačkim fizičarem Aleksandrom Justom u razdoblju od 1903. do 1912. godine radi na konstrukciji prve žarulje s volframovom niti koja je ubrzo i puštena u prodaju u Europi [8]. Ove žarulje kroz svoju povijest doživjele su nekoliko poboljšanja, no činjenica je kako i dalje proizvode više topline nego svjetla. Upravo iz tog razloga opada njihova potražnja te dolazi do izbacivanja iz uporabe u većem broju razvijenih zemalja. Kao logičan slijed razvoja umjetne rasvjete i rasvjetnog tijela dolazi do razvoja štednih žarulja koje ne koriste žarnu nit. Takvu štednu žarulju prvi je konstruirao inženjer Ed Hammer 1973. godine kao odgovor na naftnu krizu, a sama žarulja nije sadržavala žarnu nit, već je bila sačinjena od fluorescentne cijevi u kojoj je bila živa, element koji je opasan po zdravlje ljudi. Ove žarulje bile su znatno skuplje od žarulja sa žarnom niti jer su za istu količinu svjetlosti trošile manje električne energije te su imale i dulji vijek trajanja. Svjetlost se u ovim žaruljama ne generira termički, odnosno pomoću žarne niti, nego pomoću izboja koji u živinim parama generira nevidljivo UV zračenje [8].

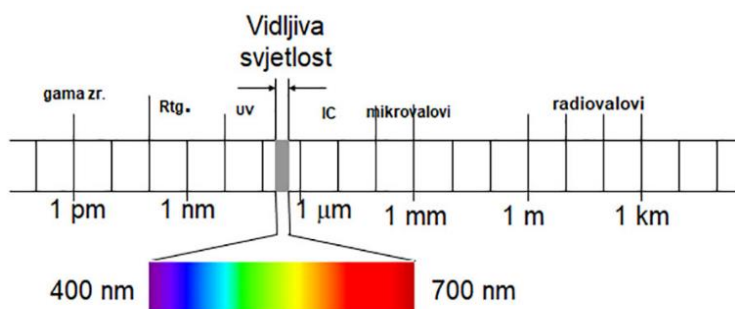
Na tržištu se 1962. godine po prvi put pojavila LED (engl. *Light Emitting Diode*, *LED*), žarulja čija se najranija uporaba veže za indikatorska svjetla i laboratorijsku opremu [9]. Posljednjih desetak godina led žarulje sve više pronalaze primjenu i sve više su prisutnije u

rasvjeti te kućanstvu općenito. Ove žarulje emitiraju svjetlost koja je otprilike 90% učinkovitija od žarulja sa žarnom niti. U suštini LED žarulje imaju puno dulji vijek trajanja od ostalih žarulja i to od 2 do 4 puta više od fluorescentnih žarulja te 25 do 35 puta dulji vijek trajanja od žarulja sa žarnom niti. Danas se LED žarulje koriste gotovo svugdje od kućanstva, ureda, industrije, automobila te su prilagodljive svakom prostoru i okruženju [9].

Prema literaturnim podacima [10] svjetlost predstavlja vidljivo elektromagnetsko zračenje koje se nalazi u rasponu od 380 do 780 nm, kada se govori o valnim duljinama. Upravo takvo elektromagnetsko zračenje čovjek putem osjetila vida razlikuje kao boje. Svjetlost se širi, kao i ostalo elektromagnetsko zračenje, određenom brzinom koja u vakuumu iznosi 299 792 458 m/s. Pojave koje se vežu uz pojam svjetla jesu refleksija, refrakcija, ogib, interferencija i polarizacija svjetlosti.

Upravo kako bi objasnili neke od spomenutih pojava u vezi širenja svjetlosti kroz povijest se pojavljuju razne teorije o naravi svjetlosti. Godine 1672. Isaac Newton objavljuje *Korpuskularnu teoriju* koja opisuje širenje svjetlosti na način da definira svjetlost kao roj sitnih čestica koje se gibaju određenom brzinom [11]. No, problem se javio jer spomenuta teorija nije mogla opisati pojave poput interferencije i difrakcije svjetlosti. J. C. Maxwell 1873. godine objavljuje *Elektromagnetsku teoriju* širenja svjetlosti koja objašnjava sve dotada otkrivene pojave [11]. Teoriju koju Maxwell objavljuje temelji se na saznanju kako svjetlost predstavlja elektromagnetski val koji je vrlo visoke frekvencije, a titra okomito na smjer vlastitog širenja. Albert Einstein godine 1905. nakon nekoliko stoljeća ponovno potvrđuje korpuskularnu teoriju te ju opisuje matematičkim izrazom $E=h\nu$, gdje h predstavlja Planckovu konstantu, a ν frekvenciju [11]. Zadnja teorija o naravi svjetlosti po imenu *Kvantna teorija* objašnjava dualističku narav svjetlosti, odnosno opisuje pojave poput interferencije i fotoelektričnog efekta.

Kada se govori o zapažanju svjetlosti putem osjetila vida, tada je potrebno naglasiti kako ljudsko oko može zamijetiti samo ograničen raspon valnih duljina. No, ljudsko oko s druge strane ima mogućnost da unutar tog ograničenog raspona raspoznaje vrlo sitne razlike koje se vide kao boje, kao što se može vidjeti na slici 1 [12]. Može se reći kako su boje zapravo vrlo male razlike upravo u tom spomenutom području vidljive svjetlosti. Obzirom na valnu duljinu razlikuju se crvena svjetlost s najduljom valnom duljinom te ljubičasta i plava svjetlost s najkraćom valnom duljinom. Može se također primijetiti da se svjetlost ne raspoznaje samo po sjajnosti, nego i po bojama koje u oku uzbude određeni fiziološki podražaj koji se naziva podražaj boja [11].



Slika 1. Spektar vidljive svjetlosti [12]

Tijela koja šire svjetlost nazivaju se svjetlosnim izvorima, a razlikuju se prirodni i umjetni svjetlosni izvori. Najveći prirodni izvor svjetlosti je zasigurno Sunce, dok su predstavnici umjetnog osvjetljenja svijeće i žarulje. Također je važno za kazati kako se svjetlost rasprostire u svim smjerovima, odnosno na sve strane, a kako se svjetlost širi u različitim pravcima tada se govori o svjetlosnim zrakama [13].

2.2. Utjecaj svjetlosti na čovjeka

Utjecaj svjetlosti je od iznimne važnosti za čovjeka. Svjetlost sa sobom donosi i velike pogodnosti ne samo na osjet vida, kojemu je svjetlost neophodna za normalni rad, već i za cijeli organizam. Svjetlost također doprinosi i normalnom radu organa vegetativnog živčanog sustava koji utječe na rad organizma u smislu izmjene tvari, kao i određenim tjelesnim funkcijama. Nije tajna kako se utjecaj svjetlosti na čovjeka može uvidjeti kroz njegovo dobro raspoloženje, veću koncentraciju, manji umor, osjećaj veće ugodnosti u prostoru i sl. Također je od iznimne važnosti izložiti kožu dnevnom svjetlu, kako bi zadovoljilo svoje potrebe za vitaminom D koji se generira preko kože [13].

Nadalje, vrlo je važno da se čovjek svakodnevno izloži sunčevom svjetlu kako bi se mogla odvijati regulacija ciklusa spavanja te drugih mentalnih sposobnosti. Ukoliko se osoba nedovoljno izlaže sunčevoj svjetlosti, može posljedično doći do smanjenja vitamina D u organizmu, što dovodi do raznih mišićno-koštanih problema u obliku deformacija kostiju koje su vrlo specifične upravo kod djece. Također, posljedice se mogu vidjeti i kod odraslih osoba u obliku osteomalacije (bolest omekšavanja kostiju) i osteoporoze (bolest smanjenja gustoće kostiju). Ono što je vrlo zanimljivo jest činjenica kako sunčeva svjetlost utječe na obrascu spavanja, pa tako izloženost sunčevoj svjetlosti, bila ona izravna ili neizravna, utječe na lučenje hormona melatonina u mraku. Dakle, ukoliko je čovjek svakodnevno izložen sunčevoj svjetlosti rezultat će većoj proizvodnji melatonina noću, a to također znači da će imati bolji san. Svjetlost utječe i na bolje raspoloženje pa tako prilikom izlaganja sunčevoj svjetlosti dolazi do otpuštanja hormona serotonina u mozgu koji djeluje na smirenost i usredotočenost. Iako izlaganje sunčevoj svjetlosti predstavlja značajnu korist za organizam, isto tako prekomjerno izlaganje može dovesti do mnogih neželjenih posljedica i štetnih učinaka koji su opće poznati [14].

2.2.1. Biološki ritmovi u ljudskom tijelu

Kada se govori o biološkim ritmovima u ljudskom tijelu tada je bitno za reći kako su vremenski ciklusi unutar kojih se događaju određeni fiziološki procesi, a koji su povezani s razdobljem u kojem je čovjek aktivan te razdobljem u kojem spava. Cirkadijani sat unutar tijela kontrolira dnevne cirkadijane ritmove u tijelu, a podešen je prema izmjeni dana i noći. Glavni zadatak ovog kompleksnog procesa je prikupljanje i obrada vanjskih podražaja kako bi se svi ostali procesi koji se odvijaju u tijelu mogli sinkronizirati. Na taj način kontroliraju se osnovni

parametri humane fiziologije poput tjelesne temperature, krvnog tlaka, srčanog ritma te ciklusa spavanja i buđenja. Svaki organ u tijelu te svaka njegova stanica sadrže sekundarni biološki sat, a njegov osnovni zadatak je sinkronizacija s glavnim biološkim satom. Razne dnevne i životne promjene mogu utjecati na poremećaj u radu cirkadijanog ritma kao što je stres, bolest ili dulja putovanja uz promjenu vremenske zone. Tako se upravo smjenski radnici mogu naći na udaru poremećaja rada bioloških ritmova zbog činjenice kako imaju česte i nagle promjene u svakodnevnoj rutini. Ove promjene mogu utjecati i na ostale ritmove u tijelu te samim time nepovoljno utjecati na ritam spavanja i budnosti. Ukoliko su promjene snažnije ili traju duži period, tada se poremećaji mogu manifestirati u obliku određenih afektivnih smetnji, depresije, poremećaja raspoloženja i sl. Iako se svi biološki ritmovi kontroliraju unutar tijela, postoje i vanjski stimulatori poput umjetnog svjetla noću koji može izrazito negativno djelovati na rad organizma zbog promjene prirodnog rasporeda spavanja i budnosti. Zanimljivo je za reći kako potpuna prilagodba na noćni režim rada nije moguća jer bi tada došlo do potpune desinkronizacije cirkadijanog sata, a to u suštini nije moguće.

Svjetlost predstavlja neizostavan faktor za održavanje života na Zemlji, pa tako i za funkciju većine bioloških ritmova u tijelu. Jakost svjetlosti, izloženost i boja svjetlosti izrazito utječu na čovjekovo zdravlje. Svjetlost u ljudsko tijelo ulazi kroz oči i kožu te pri tome dolazi do izmjene elektromagnetske energije koja je u direktnoj ovisnosti o valnoj duljini emitirane, odnosno apsorbirane svjetlosti. Već je općepoznata činjenica kako UV svjetla imaju štetan utjecaj na kožu i oči. Isto tako dulji boravak pod plavom svjetlosti, koja se koristi za pročišćavanje zraka u laboratorijima i prostorima gdje se skladišti hrana, može također imati negativan utjecaj na čovjekovo zdravlje. Veliku opasnost za ljudsko zdravlje predstavljaju valne duljine svjetlosti koje mogu štetno djelovati na stanice tkiva, oči i kožu s obzirom na dugotrajnost izlaganja. Postoji niz studija koje se bave štetnim utjecajem umjetnog svjetla na ljudsko zdravlje, pa se tako nailazi i na podatke koji govore o povećanoj učestalosti glavobolja, dekoncentraciji i stresu uzrokovanih neprikladnim spektrom umjetne svjetlosti [15]. Također, razina fluorescentne svjetlosti koja je uobičajena na mjestima rada može uzrokovati povišenje krvnog tlaka. U nekim studijama se može pronaći podatak kako postoji direktna povezanost između izloženosti umjetnom svjetlu noću i raku dojke kod žena. Tu se naime radi o činjenici kako zbog noćnog rada, a pri izlaganju umjetnom svjetlu, dolazi do izostanka izlučivanja antitumorskog hormona melatonina [15].

Moderno društvo odavno je nametnulo standarde rada koji su po pitanju zdravlja čovjeka vrlo štetni. Noćni rad i cjelonoćne aktivnosti pod umjetnom rasvjetom ne izazivaju samo ekološke probleme, već i utječu na zdravstvene probleme kod radne populacije. Noćni smjenski rad tema je mnogih zdravstvenih studija u kojima se navodi kako upravo ovakav oblik rada može imati mnoge negativne fizičke, fiziološke i psihosocijalne učinke [15]. Također se noćni rad zbog izlaganju umjetnoj rasvjeti dovodi u vezu s povećanim rizikom od nekih vrsta karcinoma kao što je karcinom dojke, prostate te karcinom debelog crijeva. No, nije isključivo noćni rad jedini faktor koji utječe na povećani rizik od navedenih oboljenja. Kasno gledanje televizora ili čitanje knjiga također može imati jednak učinak kao i noćni rad jer se sve navedene radnje odvijaju pod umjetnim osvjetljenjem. Na taj način dolazi do smanjene produkcije ili totalne blokade najjačeg antitumorskog borca u tijelu - melatonina, kao što je već ranije rečeno. Bitno je za shvatiti kako kod zdravih osoba već razina svjetlosti od 1,3 lx može

ometati lučenje melatonina. To je vrlo mali intenzitet svjetla ukoliko se zna da žarulja od 40 W može proizvesti svjetlost od 50 lx. Svjetlost i njen utjecaj na zdravlje svakodnevno se istražuje u smislu povezanosti s tumorskim oboljenjima. Neka nova istraživanja također navode da je izlaganje umjetnoj rasvjeti pri noćnom radu uzročnik pojave raka prostate te raka debelog crijeva [15].

2.3. Svjetlosno onečišćenje

Prije pojave umjetne rasvjete čovjek je mogao podići pogled prema nebu i potpuno jasno i čisto vidjeti zvjezdano nebo. Danas nažalost u istom tom prizoru ne može se uživati s jednakim intenzitetom jer nam se čini da je isto to nebo prividno izbljedito. U posljednjih nekoliko godina pojavljuje se jedan novi oblik onečišćenja, ljudima i široj javnosti manje poznat, za razliku od zagađenja zraka, vode ili tla. Ovaj globalni problem naziva se *svjetlosno onečišćenje* te kao takav može uzrokovati brojne neželjene učinke, od zdravstvenih, ekonomskih, sigurnosnih pa do astronomskih. O čemu se zapravo radi? Povećana rasvijetljenost neba uzrokovana je nepravilno odabranim rasvjetnim tijelima i pretjeranim intenzitetom rasvjete koja se koristi. Nastaje kao rezultat raspršenosti vidljivog ultraljubičastog i nevidljivog infracrvenog svjetla, a koji mogu biti prirodnog i umjetnog podrijetla, na sastavnice okoliša i atmosfere te kao takvi mogu prouzrokovati mnoge neželjene posljedice za čovjeka i okoliš. U suštini se može reći kako je svjetlosno onečišćenje popratna pojava industrijalizacije, napućenosti urbanih sredina, nestručnog i neadekvatnog planiranja, ali i nedostatka svijesti [16]. Izvedena je također i definicija svjetlosnog onečišćenja, koja prema važećem Zakonu o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja [17] kaže kako je „*svjetlosno onečišćenje promjena razine prirodne svjetlosti u noćnim uvjetima uzrokovana unošenjem svijetlosti proizvedene ljudskim djelovanjem*“. U svakom slučaju glavni uzročnici svjetlosnog onečišćenja su vanjska rasvjetna tijela koja zbog svoje loše izvedene konstrukcije nepotrebno rasipavaju svjetlost u okoliš. Tu se najčešće radi o rasvjetnim tijelima koja obasjavaju reklamne panoje, različitim reflektorima za postizanje vizualne ugone, lampama koje raspršuju svjetlost u svim smjerovima jednako, nezasjenjenim svjetiljkama itd.

Količina svjetla koja je zasigurno prekomjerna, s jedne strane uspješno obavlja svoju primarnu funkciju rasvjetljavanja čovjekovog životnog i radnog okoliša noću, ali s druge strane dolazi do narušavanja ravnoteže ekosustava te nepovratnog štetnog utjecaja na bioraznolikost. Prema već spomenutom Zakonu potrebno je navesti kako se svjetlosno onečišćenje okoliša definira kao „*emisija svjetlosti iz umjetnih izvora svjetlosti koja štetno djeluje na ljudsko zdravlje i uzrokuje osjećaj bliještanja, ugrožava sigurnost u prometu zbog bliještanja, zbog neposrednog ili posrednog zračenja svjetlosti prema nebu ometa život i/ili seobu ptica, šišmiša, kukaca i drugih životinja te remeti rast biljaka, ugrožava prirodnu ravnotežu na zaštićenim područjima, ometa profesionalno i/ili amatersko astronomsko promatranje neba ili zračenjem svjetlosti prema nebu nepotrebno troši električnu energiju te narušava sliku noćnog krajobraza*” [17]. Ukratko, svjetlosno onečišćenje uzrokuje znatne ekološke probleme pa tako utječe na cijele populacije noćnih ptica, kornjača, kukaca te mnogih drugih životinjskih vrsta.

Ptice selice zbog svjetlosnog onečišćenja gube orijentaciju, a neke ne žele graditi gnijezda u previše osvijetljenim mjestima kako bi izbjegli napad grabežljivaca i sačuvali potomstvo. Uz ptice, kao najveće žrtve svjetlosnog onečišćenja, nalaze se i kornjače. Naime, kornjače nakon što se izlegu prirodno kreću prema moru, no odbлесак umjetne rasvjete usmjerava ih ka gradu te često ugibaju na cestovnim prometnicama prilikom dezorijentacije. Utjecaj je evidentan i kod biljnih vrsta koje rastu i noću upravo zbog umjetne rasvjete. Često poljoprivrednici imaju i veće troškove radi pojačanog rasta invazivnih vrsta koje ugrožavaju prinose. Također, mlade voćke zbog noćnog svjetla mogu pustiti pupoljke koji postaju ranjivi pri niskim temperaturama. Zbog prekomjerne rasvjete može doći do porasta nekih vrsta algi, pogotovo u suvremenim nautičkim lukama i marinama, koje mogu biti invazivne i na taj način oduzeti teritorij nekim drugim biljnim vrstama, a samim time i negativno utjecati na hranidbeni ciklus [18].

Iz navedenog je očigledno kako ova vrsta onečišćenja znatno utječe na zdravlje čovjeka te floru i faunu. Ne dovodi se u pitanje samo i isključivo sposobnost opstanka u prirodi, već se narušavaju neurološki, probavni, reproduktivni, fiziološki sustavi koji su od velike važnosti za normalno funkcioniranje života. Postavlja se pitanje kako i na koji način se može smanjiti utjecaj svjetlosnog onečišćenja na prirodu. Iako svjedočimo sve većoj primjeni LED rasvjete, odnosno rasvjete sa svjetlećim diodama, upravo je količina emisije svjetlosti iz plavog spektra ona presudna [19]. Isto tako je potrebno uskladiti zahtjeve prema regulativi koja se tiče zaštićenih područja te strogo zaštićenih vrsta poput već usvojenih međunarodnih rezolucija Konvencije Ujedinjenih naroda o migratornim vrstama [20] i Međunarodne rezolucije o šišmišima i svjetlosnom onečišćenju [21]. Navedene Rezolucije sadrže i Smjernice za smanjenje utjecaja pri planiranju i izvedbi rasvjete. Država Hrvatska se može pohvaliti kao potpisnica značajnijih međunarodnih konvencija i sporazuma, kao i stručnim i upravnim tijelima kojima aktivno sudjeluje u provedbi istih.

Činjenica kako trećina svjetske populacije ne može vidjeti Mliječnu stazu upravo zbog svjetlosnog onečišćenja je u najmanju ruku zabrinjavajuća. Postoje studije koje navode kako blizu 80% stanovništva Sjeverne Amerike nije u mogućnosti vidjeti galaksiju. Također se navodi da postoje i cijele generacije koje su uskraćene za čist i jasan pogled prema zvjezdanom nebu. Rezultati istraživanja našeg znanstvenika Ž. Andrejića pokazali su prilikom mjerenja svjetlosnog onečišćenja u urbanim središtima da je područje grada Zagreba svjetlosno zagađenije od područja gradova Budimpešte i Beča [22]. Prema dobivenim vrijednostima zaključio je kako je razina rasvijetljenosti iznad Zagreba veća nego što bi trebala biti za jedan prosječno veliki grad. Dobiveni podaci ukazali su na činjenicu kako je rasvjeta u gradu Zagrebu predimenzionirana, neadekvatno projektirana, a može se reći čak i zastarjela. U susjednoj Sloveniji pitanje *tamnog neba* postavljalo se još sredinom 90-tih godina prošlog stoljeća, pa je tako 2007. godine slovensko Ministarstvo za okoliš donijelo Uredbu o graničnim vrijednostima svjetlosnog onečišćenja okoliša. U svakom slučaju primjere dobre prakse potrebno je implementirati u svaki segment borbe protiv ovog problema svjetskih razmjera [22].

2.3.1. Parkovi tamnog neba

Kako bi se sačuvala područja na Zemlji s kojih se može vidjeti prirodno zvjezdano noćno nebo, u svijetu su sve popularniji *parkovi tamnog neba* koji su po svojoj svrsi ništa drugo do zaštićenog područja na kojemu je zabranjen ikakav izvor umjetne svjetlosti. Kao prvi u svijetu park tamnog neba otvoren je za javnost 1993. godine oko jezera Michigan u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD), dok je 2009. godine prvi takav park otvoren u Europi i to na području dvije regije u susjednim zemljama Poljskoj i Češkoj. Osim spomenutog u Europi postoji još nekoliko parkova i to u Mađarskoj (Hortobagy i Zselic), Škotskoj (Galloway Forrest), Slovačkoj (Poloniny) te britanskoj pokrajini Guernsey (Sark) [23].

Na svijetu je trenutno 117 Međunarodnih parkova tamnog neba te se računa kako će u narednim godinama doći do povećanja njihovog broja, posebice na području Sjedinjenih Američkih Država i Kanade. Na području Republike Hrvatske postoji nekoliko Parkova tamnog neba kojima je Međunarodna udruga za tamno nebo (engl. *International Dark – Sky Association – IDA*) dodijelila certifikate u kategoriji Međunarodnog parka tamnog neba. Kao prvi Park tamnog neba u Hrvatskoj proglašeno je Zaštićeno područje prirode Petrova gora – Biljeg kod Zagreba 2019., zatim je iste te godine certifikat IDA-e dobio Međunarodni Park tamnog neba Vrani kamen kod Daruvara. Općina Jelsa na otoku Hvaru može se pohvaliti epitetom prve međunarodne zajednice tamnog neba u Hrvatskoj, koja je također dobitnik IDA-inog certifikata. Bitno je za naglasiti kako je spomenuta međunarodna zajednica tamnog neba u Hrvatskoj certifikat dobila kao prva takva zajednica u Južnoj Europi [24].

Urbane sredine gotovo sigurno više ne pružaju mogućnost uživanja u zvjezdanom nebu. Nemogućnost vidljivosti zvjezdanog neba u urbanim sredinama ne samo da donosi negativne utjecaje na okoliš, već smanjuje brojnim zaljubljenicima u proučavanju zvijezda i astronomima pogled prema zvijezdama i planetima. Svjetlosno onečišćenje uzrok je raznih negativnih posljedica po okoliš, životinje i ljude poput nestajanja tradicije i nasljeđa povezanih sa zvjezdanim nebom, poremećaja cirkadijanog ritma, dezorijentiranosti životinja i dr. Obzirom na loše stanje gubitka tamnog noćnog neba, predložen je novi termin od strane znanstvenika sa Sveučilišta iz San Francisca, kako bi izrazili žal i tugu za izgubljenim matičnim okruženjem zajedničkog neba. Termin povezuje izraz *nostalgiya* te latinski izraz *nocturnus* (noćni), tvoreći novu riječ *noktalgiya* (engl. *noctalgia*), što označava žal za zvjezdanim nebom uzrokovan svjetlosnim onečišćenjem [25].

2.4. Zakonodavstvo

Zakon o zaštiti na radu [26] u sebi sadrži i dijelove vezane za osvjetljenje koji se spominju u dva navrata. U članku 12. te članku 45. Zakona o zaštiti na radu navedeni su podaci za propisanu rasvjetu, odnosno potrebnu osiguravajuću rasvjetu pri radu sukladno procjeni rizika. Potrebno je naglasiti kako je Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja u izuzeću od primjene kada se govori o radu proizvodnog pogona, odnosno u vremenu 30 min prije i 30 min nakon završetka rada pogona ili proizvodnog procesa, a pri tome poštujući zabranu korištenja

rasvjetnih tijela koja su usmjerena u nebo. Članak 26. *Pravilnika o zaštiti na radu za mjestu rada* [27] uzima u obzir prirodno i umjetno osvjetljenje, odnosno kaže kako je potrebno osigurati najprije prirodno osvjetljenje, a ukoliko to nije moguće tada je potrebno osigurati adekvatnu umjetnu rasvjetu koja odgovara propisima u svezi sigurnosti i zaštite zdravlja radnika. Sami tehnološki proces diktira vrstu, intenzitet i kvalitetu umjetnog svjetla. Naravno, sve mora biti provedeno u skladu s hrvatskim normama. Pravilnik koji se također dotiče osvjetljenosti na radnom mjestu jest *Pravilnik o zaštiti na radu radnika izloženih statodinamičkim, psihofiziološkim i drugim naporima na radu* [28] koji je 2021. godine zamijenio, do tada važeći, podzakonski propis pod nazivom *Pravilnik o sigurnosti i zaštiti zdravlja pri radu s računalom* [29]. Kako stoji u spomenutom pravilniku, prirodna i umjetna rasvjeta treba udovoljiti radnim uvjetima, no minimalna razina osvjetljenosti ne smije biti niža od 300 lx. Pravilnik se također dotiče i eventualnog bliještanja na koje je potrebno utjecati postavljanjem adekvatnih elemenata kojima se onemogućava bliještanje i odsjaj. Stropna rasvjeta treba biti projektirana na način da prati smjer gledanja radnika. Zaslون koji stoji ispred radnika mora biti postavljen tako da ne zrcali svjetlost od rasvjete, a rasvjeta treba biti projektirana na način da ne uzrokuje zrcaljenje na zaslonu.

Normama se propisuju definirane vrijednosti za pojedine aktivnosti. Trenutno su na snazi dvije norme za rasvjetu radnih mjesta, a to su Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 1. dio: Unutrašnji radni prostori *HRN EN 12464-1:2021* i Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 2. dio: Vanjski radni prostori *HRN EN 12464-2:2021* koji zamjenjuju *HRN EN 12464-1:2014*, odnosno *HRN EN 12464-2:2014* [30]. Normama koje su preuzete i usvojene u RH nastoji se osigurati kvalitetni uvjeti za rad bez obzira radi li se o unutarnjoj ili vanjskoj rasvjeti. Ove norme ne propisuju način na koji će se projektirati rasvjeta, već propisuju one vrijednosti ispod kojih rasvjeta ne smije ići, odnosno nivo i kvalitetu rasvjete koja osigurava sigurno i kvalitetno osvjetljenje kao garanciju sigurnosti u radu. Primjer danih vrijednosti pojedinih poslova prikazan je u tablici 1 [30].

Tablica 1. Osvjetljenje za unutarnja radna mjesta [30]

| Grana primjene | Tip prostora | \bar{E}_m (lx) | UGR_L | R_a |
|-------------------|----------------------|------------------|---------|-------|
| Ljevaonica metala | Prostor za lijevanje | 200 | 25 | 80 |
| | Lijevanje | 300 | 25 | 80 |


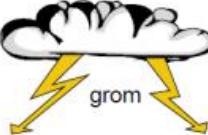







\bar{E}_m - Potrebna osvjetljenost površine (lx)

UGR_L - Mjera neugodnog bljeska

R_a – Minimalni indeks refleksije boja

2.5. Izvori svjetlosti

Kada se govori o izvorima svjetlosti tada je bitno za reći kako postoji više različitih vrsta samog izvora. Ona najopćenitija podjela izvora svjetlosti jest podjela na prirodne i umjetne izvore svjetlosti, kako je i vidljivo na slici 2. Dakako, daljnja podjela moguća je na primarne i sekundarne izvore te prema vrsti emitiranog zračenja. U tome slučaju se govori o izvorima monokromatske, polikromatske te izvoru bijele svjetlosti. Jedna valna duljina emitira se od monokromatskog izvora, više valnih duljina od polikromatskih izvora, a od izvora bijele svjetlosti emitira se svjetlost svih valnih duljina. Izvori svjetlosti se također mogu podijeliti i prema njihovom obliku i to na točkaste, linijske, površinske i volumne [31].

| | Termičko zračenje | Električno zračenje | Luminiscencija |
|-------------------------|---|--|---|
| Prirodni izvori svjetla | sunce  |  grom | krijesnica  |
| Umjetni izvori svjetla | standardna žarulja  halogena žarulja  | živina žarulja metalhalogena žarulja natrijeva žarulja  | dioda  |
| | žarulja s mješanim svjetlom  |  fluorescentne cijevi | |

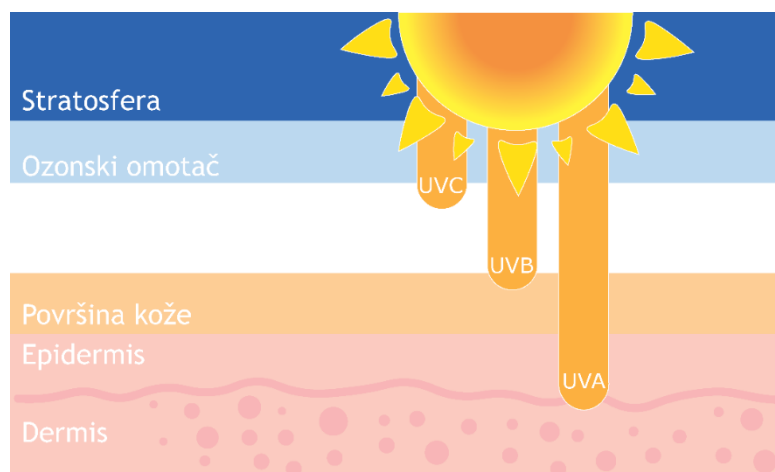
Slika 2. Izvori svjetlosti [32]

2.5.1. Prirodni izvori svjetlosti

Najbolji izvor prirodne svjetlosti je zasigurno Sunce jer ima izrazito pozitivno djelovanje na čovjeka. Sunčeva svjetlost omogućuje sve one valne duljine koje su kao takve vrlo važne za obavljanje bioloških funkcija u organizmu, a koje sadrže kontinuirani infracrveni, vidljivi i ultraljubičasti spektar. Sunce emitira ultraljubičasto zračenje koje se razlikuje po valnoj duljini i to UV-A (320-400 nm) koji čini čak 95% UV zraka, a uzrokuje trenutno tamnjenje kože te UV-B (290-320 nm) koji ima negativno djelovanje na ljudski organizam. Naime, UV-B potiče sintezu D vitamina i melanina, koji uzrokuju oštećenje DNK. Oštećenje može biti direktno i indirektno što posljedično može dovesti i do razvoja karcinoma kože. Valna duljina naziva UV-C (100-290 nm) ne predstavlja nikakvu opasnost za čovjeka pošto ju ozonski omotač u cijelosti apsorbira, kao što je prikazano na slici 3 [33].

Sunčeva svjetlost sadrži sve boje u spektralnoj distribuciji, odnosno može se kazati kako su vidljive sve boje. Upravo iz tog razloga prirodno svjetlo od Sunca služi kao referentna vrijednost pri uspoređivanju s ostalim izvorima svjetlosti u smislu kvalitete. Već je i prije navedeno kako Sunčeva svjetlost može imati mnoge pozitivne učinke na ljudski organizam.

Pogodnosti se očituju kroz stvaranje vitamina D, endorfina i serotonina. Također je bitno za naglasiti kako sunčeva svjetlost utječe na proizvodnju melatonina koja se odvija noću. Tijekom ljetnih mjeseci ljudi se vole izložiti sunčevim zrakama kako bi „dobili boju“. To može biti vrlo opasno pogotovo ukoliko je izlaganje dugotrajno, jer se njime direktno utječe na oštećenje kože i očiju. Sama kvaliteta prirodnog svjetla ovisi o nekoliko čimbenika. Prije svega ovisi o dobu dana, zatim godišnjem dobu, iz razloga jer sami kut upada sunčeve svjetlosti ovisi isključivo o nagibu zemaljske kugle, a ona se mijenja s obzirom na godišnje doba. Kvaliteta također ovisi i o vremenu i samom položaju prostora. Čovjek oko 80% vremena provodi unutar objekta, što zbog prirode posla, spavanja i načina života, pa samim time nije izložen u velikoj mjeri sunčevoj svjetlosti. Kako bi što bolje mogao obavljati svoje radne i životne zadatke potrebno je osvijetliti radni i životni prostor koji se kompenzira uz pomoć umjetne rasvjete. Ukoliko su životni i radni prostor premalo osvijetljeni može doći do negativnih posljedica djelovanja takvog osvijetljenja na čovjeka, a manifestiraju se kao smanjena proizvodnost, umor, glavobolja, naprezanje pri radu, povećanje pogrešaka te mnoge druge [34].



Slika 3. Utjecaj UV svjetlosti na kožu [35]

Iz navedenoga se može zaključiti kako zapravo prirodna svjetlost ima veliku važnost po pitanju zdravlja čovjeka. Već je spomenuto kako vitamin D doprinosi otpornosti organizma od nekih težih oboljenja poput bolesti srca, debljanja te razvoja raznih oblika karcinoma. Prirodno svjetlo također pomaže u prevenciji depresije i očuvanju mentalnog zdravlja. Također, dobar i kvalitetan san, prema brojnim istraživanjima, uvjetovan je duljim izlaganjem sunčevoj svjetlosti. Prednosti prirodne svjetlosti očituju se u mnogim pozitivnim stvarima poput smanjenja potrošnje električne energije. No, isto tako bitno je za reći kako prirodna svjetlost smanjuje naprezanje očiju te mogućnost razvoja glavobolje. Osim prednosti prirodne svjetlosti postoje također i određeni nedostaci, odnosno negativne strane. Tijekom vedrog i sunčanog dana često može doći do odsjaja koji je uzrokovan direktnim odbijanjem sunčeve svjetlosti od neke sjajne površine. Ovakav efekt može vrlo negativno utjecati na vid i na rad. Zanimljivo je za spomenuti i činjenicu kako sunčeva svjetlost, iako oživljava prostor domova, može značajno ugroziti svježinu boja na namještaju, tepihu pa i umjetničkim slikama, odnosno

uzrokovati blijeđenje njihovih boja. Loše orijentacijski projektiran stambeni objekt čiji se prozori nalaze na sunčanoj strani može rezultirati povećom toplinom u ljetnim mjesecima, a samim time i visokim troškovima hlađenja. Iako je umjetna rasvjeta znatno napredovala tijekom zadnjih godina, prirodno osvjetljenje doprinosi mirnijem i manje stresnom unutarnjem ambijentu [36].

Osim Sunca potrebno je spomenuti i druge prirodne izvore svjetlosti poput zvijezda i meteora, ali i Mjeseca koji iako nije zvijezda, sjaji. Odgovor na pitanje zašto Mjesec sjaji je posve jednostavan. Mjesec je malo nebesko tijelo koje biva obasjano Suncem dok se okreće oko Zemlje. Sunčeva svjetlost odbija se od površine Mjeseca te do zemlje stiže za 1,25 sekundi [37].

2.5.2. Bioluminiscencija

Također, u životinjskom i biljnom svijetu postoje organizmi koji imaju mogućnost da im određeni dio tijela svijetli. Životinje koje imaju tu sposobnost u pravilu žive u dubokom moru, a nešto manje u kopnenim vodama. Sposobnost životinja da emitiraju svjetlost poznatija je pod imenom *bioluminiscencija*. Životinje koje posjeduju mogućnost produkcije svjetla nazivaju se svjetlećim ili luminiscentnim životinjama, a pripadaju različitim životinjskim zajednicama. U spomenute svjetleće ili luminiscentne životinje ubrajaju se praživotinje, spužve, žarnjaci, rebraši, vrpčari, mekušci, kolutićavci, rakovi, stonoge, kukci, bodljikaši, žiroglavci, plaštenjaci i ribe. Vrste životinja koje imaju ovu fascinantnu sposobnost mogu se podijeliti na prave svjetleće životinje i sekundarno svjetleće životinje.

Najzanimljiviji organizam na planeti s mogućnošću bioluminiscentnog ponašanja jesu krijesnice (lat. *Lampyridae*), a predstavljaju najrašireniju skupinu kopnenih životinja s ovom sposobnošću. Emitiranje svjetlosti koriste u raznim slučajevima, odnosno kao aposematički i kao signal za privlačenje suprotnog spola. Pretpostavlja se da je prva pojava bioluminiscencije kod krijesnica vezana upravo za aposematički kontekst, odnosno upozorenja i obrane od grabežljivaca [38].

Bioluminiscenciju kao obrambeni mehanizam koristi i meduza latinskog imena *Aequorea victoria* iz razreda Obrušnjaci, koja ima mogućnost emitirati zelenu ili plavu svjetlost. Najčešće obitavaju u morskim i slatkovodnim staništima. Svjetlost se kod ovog organizma najčešće aktivira dodiranjem te na taj način dolazi do osvjetljivanja grabežljivca. Ovim činom meduza upozorava na predatora te drugim organizmima ukazuje na opasnost, ali i ukazuje da je određeno područje zauzeto [39].

Morska i slatkovodna okruženja obitavaju različitim čudesnim organizmima. Jedan od njih su svakako i bioluminiscentne alge poput tzv. požarnih algi (lat. *Noctiluca scintillans*). Ovi jednostanični organizmi sposobnost bioluminiscencije dokazuju pri određenom vanjskom podražaju, a to može biti kontakt sa stranim tijelom, drugim organizmom ili podražajem uzrokovanim površinskim valovima. Također, pad temperature može uzrokovati da ovi organizmi zasvijetle, a kad se to dogodi na cijelom području obitavanja ovih organizama, vizualni doživljaj zasigurno neće izostati [40].

Osoba koja se zatekne u sred noći unutar šumskog ekosustava mogla bi primjetiti slabašnu svjetlost koja dopire od bioluminiscentnih gljiva. Najpoznatije bioluminiscentne gljive koje se nalaze na našem području jesu puze (lat. *Armillaria*) i otrovna zavodnica (lat. *Omphalotus olearius*). Iako ove vrste gljiva imaju sposobnost bioluminiscencije potreban je potpuni mrak da bi se slabašna svijetlost micelija, plodišta te mladih rizomorfa mogla uočiti. Ono što je posebno potrebno naglasiti jest da nikakva povezanost između jestivosti, odnosno otrovnosti određenih vrsta gljiva i pojave bioluminiscencije nije pronađena [41].

2.5.3. Umjetni izvori svjetlosti

Kako bi ljudsko oko moglo vidjeti unutar neosvijetljenih objekata ili na vanjskim površinama na kojima boravi, živi ili se preko njih kreće, čovjek se koristi umjetnim svjetlom koje dobiva najčešće od električnih izvora. Kroz povijest je čovjek ovladao paljenjem vatre koja mu je osvijetljavala njegovo stanište, odnosno dobivanjem svjetlosti od iste kada god bi se ukazala potreba. Napretkom civilizacije čovjek dolazi do raznih novih izuma u smislu osvijetljavanja svoga životnog prostora, pa tako dolazi do izuma svijeće, uljne, kerozinske te kasnije i plinske lampe. Ova, za tadašnjeg čovjeka, velika otkrića pružala su određenu sigurnost i produljenje životnih i radnih obaveza do kasnih večernjih sati. Upotreba spomenutih „rasvjetnih pomagala“ trajala je negdje do 1879. godine, kada je američki znanstvenik Thomas Alva Edison izumio električnu žarulju s ugljenom žarnom niti.

Izvori umjetne svjetlosti mogu se podijeliti prema načinu na koji generiraju svjetlost, a to su izvori koji rade prema određenom pravilu:

- termičkog zračenja (vatra, žarulja sa žarnom niti),
- luminiscencije (žarulje na izboj).

Svjetlost većih valnih duljina stvara većina termičkih izvora. Kada se govori o termičkim izvorima svjetlosti onda je bitno napomenuti kako je glavni predstavnik Sunce koje proizvodi svjetlost kontinuiranog spektra. Crvena i žuta svjetlost specifične su za žarulje s volframovom žarnom niti koje su zbog činjenice kako je cirkadijani sustav relativno otporan na crveno-žutu svjetlost, u manjoj mjeri štetne za ljudsko zdravlje. No, iako žarulja s volframovom žarnom niti daje svjetlost najbližiju onoj sunčevoj, više se ne proizvode. Kada se govori o halogenim žaruljama, onda se može reći kako one rade na sličnom principu kao i žarulje s volframovom žarnom niti, samo što se u halogene žarulje umeće halogeni plin kojim se postiže povećanje svjetla za oko 20%, a s druge strane sprječava se trošenje žarne niti. Primjena ovakvih žarulja je u farovima automobila, kućanstvu i uredima.

Među zračenje koje nije termičko spada luminiscentno zračenje, a vezano za umjetnu rasvjetu mogu se navesti dvije vrste ovakvog zračenja, a to su fotoluminiscencija i elektroluminiscencija. Najrasprostranjeniji i najčešće korišteni izvori umjetne svjetlosti su fluorescentne i CFL žarulje, često u govoru nazvane i štednim žaruljama, koje su karakteristične po tome što daju nekontinuirani spektar svjetlosti. Kod fluorescentnih žarulja staklena cijev je napunjena uglavnom inertnim plinom i to argonom, kriptonom, ksenonom ili čak neonom. U današnje vrijeme koriste se više žarulje koje emitiraju plavkastu svjetlost koja

je za oči, ali i za cijeli organizam vrlo štetna, upravo zbog činjenice kako male valne duljine mogu poremetiti lučenje melatonina [42].

2.6. Rasvjeta

Rasvjeta je sustav koji se sastoji od rasvjetnih tijela (svjetiljki) i druge opreme, a projektiran je i izgrađen na propisani način, čija glavna namjena je rasvjetljavanje umjetnom svjetlosti okoliša i radnog prostora u kojem ljudi borave i rade. Drugim riječima, rasvjetom nazivamo „namjernu“ upotrebu svjetlosti iz umjetnih izvora svjetlosti za postizanje zahtijevanih vidnih učinaka. Također, rasvjeta osim upotrebe umjetnih izvora svjetlosti može koristiti i kombinaciju s prirodnim osvjetljenjem koje se postiže dnevnom svjetlošću. Kao glavni izvor svjetlosti ponekad se koristi i dnevno svjetlo. Korištenjem dnevnog svjetla smanjuje se potrošnja energije koja bi se inače koristila za potrošnju umjetne rasvjete. Ispravnim osvjetljenjem mogu se značajno poboljšati izvršavanja radnih zadataka, izgled određenog prostora, a ujedno mogu postojati i pozitivni psihološki učinci na ljude [17].

2.6.1. Vanjska rasvjeta

Vanjska rasvjeta je sustav rasvjetnih tijela čija je namjena rasvjetljavanje okoliša. Ovakva vrsta rasvjete uključuje cestovnu, javnu, dekorativnu, krajobraznu, prigodnu te rasvjetu za zaštitu i oglasne ploče. Kod vanjskog osvjetljavanja prometnica glavni cilj i namjena je zadovoljavanje zahtjeva sudionika u prometu. Ovi zahtjevi se ogledaju zadovoljavajućom vidljivošću i vidnom udobnosti koji smanjuju psihičku napetost sudionika. Ovdje također možemo spomenuti i javnu rasvjetu koja se koristi za rasvjetljavanje površina javne namjene. Elementi rasvjete koji spadaju u ovu kategoriju vlasništvo su jedinica lokalne samouprave koji su nadležni za njenu izgradnju i održavanje. Njihova dužnost je osigurati odgovarajuću pouzdanost, standard i kakvoću te učinkovitost usluge na opće zadovoljstvo zajednice. Projektiranje i izgradnja se treba provoditi na suvremen način prateći trendove s ekološkog i energetskog učinkovitog stajališta [17].

2.6.2. Unutarnja rasvjeta

Unutarnja rasvjeta odnosi se na umjetnu rasvjetu koja se koristi za osvjetljavanje unutrašnjosti zgrada, uključujući domove, urede i javne prostore. Unutarnja rasvjeta ima višestruku svrhu, uključujući pružanje osvjetljenja za zadatke, stvaranje ugodne atmosfere i povećanje vizualne privlačnosti unutarnjih prostora.

Postoji nekoliko vrsta unutarnje rasvjete, uključujući ambijentalnu rasvjetu, radnu rasvjetu, akcentnu rasvjetu i dekorativnu rasvjetu. Ambijentalna rasvjeta osigurava cjelokupno osvjetljenje prostorije, dok je radna rasvjeta dizajnirana za ciljano osvjetljenje određenih

aktivnosti kao što su čitanje, kuhanje ili rad na računalu. Akcentna rasvjeta koristi se za isticanje specifičnih značajki ili predmeta u prostoriji, kao što su umjetnička djela ili arhitektonski detalji, dok se dekorativna rasvjeta koristi prvenstveno u estetske svrhe.

Sustave osvjetljenja prostorija određuje njezina namjena i vrsta. Posebnu ulogu u određivanju sustava osvjetljenja ima značaj rada i vidnih zadataka koji se obavljaju u toj prostoriji, kao i razmještaj opreme i raspored radnih mjesta. Danas se u općoj upotrebi koriste sljedeći sustavi osvjetljenja:

- Opće osvjetljenje
- Zonalno opće osvjetljenje
- Lokalno osvjetljenje
- Kombinacija prirodnog (dnevnog) i umjetnog osvjetljenja
- Sigurnosno osvjetljenje

Opće osvjetljenje karakterizira razmještaj svjetiljki po površini stropa ravnomjerno. Ovakav razmještaj u praksi najčešće daje ugodan izgled prostoriji te osigurava po cijeloj prostoriji jednake vidne uvjete, kako zbog pogodne raspodjele, tako i zbog ravnomjerne sjajnosti površine. Koristi se kada nisu poznati položaji radnih mjesta uz primjenu sustava do razine osvjetljenosti od 1000 lx.

Zonalno opće osvjetljenje primjenjuje se u prostorijama s različitim zonama obavljanja različitih radova s različitim vidnim zahtjevima. Općenito se koristi u proizvodnim halama s različitim zahtjevima za vidne uvjete.

Lokalno osvjetljenje koristi se kada je potrebno dodatno osvjetljenje radnih mjesta u kombinaciji sa sustavom općeg osvjetljenja.

Kombinacija prirodnog (dnevnog) i umjetnog osvjetljenja koristi se u prostorijama čije su zone boravka udaljene od prozora te samim time sama dnevna svjetlost nije dovoljna za postizanje dobrog osvjetljenja prostora. Kombinacijom dnevne svjetlosti s umjetnom svjetlošću ostvaruju se dobri vidni uvjeti na svim zonama u prostoriji. Za ovakve potrebe koriste se svjetiljke koje imaju simetričnu raspodjelu svjetlosti, a stalno dopunsko osvjetljenje mora osigurati osvjetljenost od najmanje 500 lx.

Sigurnosno osvjetljenje koristi se prilikom smetnji ili kada dođe do pada mrežnog napona, kako bi se osvijetlile prostorije i izlazi propisanom osvjetljenošću od 1 lx. Ono obuhvaća pomoćno osvjetljenje i nužno osvjetljenje.

Pomoćno osvjetljenje spada u grupu sigurnosnog osvjetljenja koje se pri padu mrežnog napona automatski preklopi na pomoćni elektroenergetski izvor poput agregata ili centralne akumulatorske baterije.

Nužno osvjetljenje također spada u grupu sigurnosnog osvjetljenja koje se pri padu mrežnog napona preklopi na akumulatorsku bateriju i označava najkraći put do izlaza iz zgrade [43].

2.7. Projektiranje unutarnje rasvjete

Izbor unutarnje rasvjete ovisi o nizu čimbenika, uključujući veličinu i raspored prostorije, namjenu prostora i osobne preferencije. Neke popularne opcije unutarnje rasvjete uključuju stropne svjetiljke, podne svjetiljke, stolne svjetiljke i rasvjetu na tračnicama.

Posljednjih godina sve je veći fokus na energetske učinkovite mogućnosti unutarnje rasvjete, kao što je LED rasvjeta, koja može smanjiti potrošnju energije i račune za struju, a istovremeno pruža visokokvalitetno osvjetljenje. Osim toga, pametni sustavi rasvjete kojima se može daljinski upravljati putem aplikacija za pametne telefone ili glasovno aktiviranih pomoćnika postaju sve popularniji jer nude praktičnost i uštedu energije.

Prilikom odabira i projektiranja rasvjete za prostoriju potrebno je uzeti u obzir nekoliko čimbenika. Neki od najvažnijih čimbenika su:

- **Namjena prostorije:** Namjena prostorije bitan je čimbenik koji treba uzeti u obzir pri odabiru rasvjete. Na primjer, spavaća soba može zahtijevati meko, toplo svjetlo koje potiče opuštanje i san, dok kuhinja može trebati jarko, bijelo svjetlo koje olakšava pripremu hrane.
- **Veličina i raspored prostorije:** Veličina i raspored prostorije odredit će vrstu i raspored rasvjetnih tijela. Veće prostorije mogu zahtijevati više izvora svjetlosti, dok se manje prostorije mogu adekvatno osvijetliti jednom svjetiljkom.
- **Prirodno svjetlo:** Prilikom odabira rasvjete treba uzeti u obzir količinu prirodnog svjetla u prostoriji. Prostorije s dovoljno prirodnog svjetla možda neće zahtijevati toliko umjetne rasvjete kao one s malo ili bez prirodnog svjetla.
- **Stil i dekor sobe:** Rasvjeta se može koristiti za nadopunjavanje stila i dekora sobe, od modernog i elegantnog do tradicionalnog i ukrašenog. Izbor rasvjetnih tijela i žarulja može utjecati na ukupnu estetiku prostorije.
- **Energetska učinkovitost:** Energetska učinkovitost važan je faktor pri odabiru rasvjete. Energetski učinkovite opcije rasvjete, kao što su LED žarulje, mogu smanjiti potrošnju energije i račune za struju.
- **Održavanje i dugovječnost:** Rasvjetna tijela trebaju biti jednostavna za održavanje i trebaju imati dug životni vijek. Odabir visokokvalitetnih svjetiljki i žarulja može smanjiti potrebu za čestim zamjenama i popravcima.
- **Sigurnost i funkcionalnost:** Rasvjeta treba biti dizajnirana tako da osigurava sigurnost i funkcionalnost, uključujući odgovarajuće razine osvjetljenja za specifične zadatke i područja, sigurno ožičenje i uzemljenje te usklađenost s relevantnim sigurnosnim i građevinskim kodovima.

Općenito, čimbenici koje treba uzeti u obzir pri odabiru i projektiranju rasvjete za prostoriju mogu biti brojni, a važno je pažljivo procijeniti svaki čimbenik kako bi se osiguralo da je rasvjeta sigurna, funkcionalna, učinkovita i estetski ugodna [44].

Pri projektiranju unutarnjeg osvjetljenja, osim spomenutih čimbenika, potrebno je i zadovoljiti svjetlotehničke pojmove. Ovi svjetlotehnički pojmovi imaju ulogu boljeg

razumijevanja osiguravanja objektivnih fizikalnih prilika za pružanje maksimalne udobnosti za obavljanje radnih i vidnih zadataka. Svjetlotehnički pojmovi su [45]:

- Svjetlosni tok: količina svjetlosne energije što promatrani izvor emitira u okolni prostor u jednoj sekundi pri čemu je ta količina prilagođena osjetljivosti oka. Oznaka je Φ , a jedinica lumen (lm).
- Jakost: predstavlja snagu zračenja koju emitira svjetlost u određenom smjeru. Oznaka je I , a mjerna jedinica kandela (cd).
- Rasvjetljenost: mjerilo za količinu svjetlosnog toka od 1 lm koja pada na određenu površinu od 1m^2 . Oznaka je E , mjerna jedinica je luks (lx).
- Sjajnost: mjera kojom neka površina se čini svijetlom i jedina fotometrijska veličina koja se može odrediti ugrubo okom. Oznaka za sjajnost je L , a mjerna jedinica je kandela po metru kvadratnom (cd/m^2).
- Indeks refleksije boje: pokazuje koliko vjerodostojno vidimo boju nekog objekta, ako je ona rasvijetljena svjetlom tog izvora svjetlosti. Oznaka je R_a , u rasponu od 0 do 100 pri čemu 100 znači da se boje vide jednako dobro kao na suncu.
- Svjetlosna učinkovitost izvora svjetlosti je mjera količine električne energije koju izvor svjetlosti pretvara u svjetlost. Simbol za svjetlosnu iskoristivost je η , a izražava se kao lm/W .

2.7.1. Čimbenici osvjetljenja prostorije

Kada se govori o osvjetljenju prostorija i radnog prostora potrebno je zadovoljiti i osigurati neke osnovne uvjete. Ti osnovni uvjeti omogućavaju zadovoljenje dobrih vidnih uvjeta koji su potrebni za izvršenje radnih zadataka, no osim toga pridonose da se čovjek osjeća ugodno ili neugodno u okolini u kojoj se nalazi te pomažu u sprječavanju nezgoda i nesreća na radnom mjestu. Pri izvođenju, tj. projektiranju unutarnjeg prostora umjetnim osvjetljenjem, potrebno je uzeti u obzir da se zadovolje, ne samo svjetlotehnički zahtjevi, već i čimbenici kvalitete unutarnjeg osvjetljenja. Za kvalitetu rasvjete unutarnjeg prostora analizira se veći broj različitih čimbenika, a koji se zajednički nazivaju čimbenici osvjetljenja prostorije. U ove faktore ubrajaju se [43]:

- razina osvijetljenosti,
- ravnomjernost osvjetljenja,
- raspodjela sjajnosti,
- ograničenje bliještanja,
- smjer upada svjetla i sjenovitost,
- klima boja,
- ograničenje stroboskopskog učinka.

2.7.1.1. Razina osvjetljenosti

Razina osvjetljenosti potrebna je kako bi se mogli izvršiti radni i vidni zadaci, a ovisi o značajkama radnih i vidnih zadataka koji su povezani s radom koji se obavlja. Tako se kod unutarnjeg osvjetljenja mogu razlikovati tri osnovne razine osvjetljenosti:

- Za komunikacijske prostorije potrebna je minimalna razina osvjetljenosti
- Za radni prostor je potrebna minimalna razina osvjetljenosti
- Za radne prostore je potrebna optimalna razina osvjetljenosti

Kod komunikacijskih prostorija i radnih prostora gdje je potrebna minimalna razina osvjetljenosti kriterij je da postoji ona osvjetljenost koja je potrebna za opažanje i raspoznavanje ljudskog lica. To znači, da bi čovjek opazio crte lica druge osobe potrebna je sjajnost koja iznosi približno 1 cd/m^2 . Ova vrijednost sjajnosti približno odgovara osvjetljenosti lica po vertikali od 10 lx, dok po horizontali odgovara vrijednosti od 20 lx i odnosi se na zahtjeve vezane za minimalno osvjetljenje za komunikacijske prostore. Kao zahtjev za zadovoljavajuće raspoznavanje crta lica u radnom prostoru s minimalnim osvjetljenjem potrebna je sjajnost od 10 cd/m^2 do 20 cd/m^2 . Ova vrijednost odgovara vertikalnom osvjetljenju od 100 lx, dok po horizontali odgovara vrijednosti od 200 lx. Ove vrijednosti smatraju se donjom granicom općeg osvjetljenja u radnim prostorima. Za radne prostore gdje je potrebna optimalna razina osvjetljenja ispitivanja su pokazala da područje osvjetljenosti od 1500 lx do 2000 lx daju optimalnu produktivnost te dobru koncentraciju s minimalnim potrebama za odmor. Da bi se postigla maksimalna produktivnost te maksimalna kontrastna osjetljivost, potrebna sjajnost radnih prostora iznosi 1000 cd/m^2 , što odgovara vrijednosti osvjetljenosti od 20000 lx.

Na temelju ovih vrijednosti koje su navedene proizlaze tri glavna područja razine osvjetljenosti za radne prostore:

- Opće osvjetljenje u prolazima i malo upotrebljavanim prostorijama ima vrijednosti od 20 do 200 lx
- Opće osvjetljenje u radnim prostorima ima vrijednosti od 200 do 2000 lx
- Dodatno osvjetljenje radnih prostora i radnih mjesta za izvršavanje finih vidnih zadataka ima vrijednosti od 2000 do 20000 lx.

Opće rasvjetljenje u komunikacijskim i radnim prostorijama ima granične vrijednosti od 20 do 2000 lx, dok za dodatno osvjetljenje granične vrijednosti idu čak i do 20000 lx. Ova podjela je prema preporukama CIE, kao što je prikazano u tablici 2 [46].

Tablica 2. Razina osvjetljenosti prema preporukama CIE [46]

| Prostorija | Razina osvjetljenja | Osvjetljenost (lx) |
|---|---------------------|--------------------|
| Hodnici i stepeništa | Mala | 60 |
| Kupaonice | Vrlo mala | 120 |
| Mjesta za čitanje, ispred ogledala | Srednja | 500 |
| Tehničko crtanje | Velika | 1000 |
| Izrada elektronskih sklopova, kontrola boja u višebojnoj štampi | Vrlo velika | 1500 |
| Zlatarstvo i izrada preciznih mjernih instrumenata | Izuzetno velika | 20000 |
| Operacijske sale | Izuzetno velika | 20000 |

2.7.1.2. Ravnomjernost osvjetljenosti

Ravnomjernost osvjetljenosti potrebna je kako se ne bi smanjile vidne sposobnosti i uzrokovale zamor čovjeka pri obavljanju radnih zadataka. Ono što svakako treba naglasiti jest da ne bi smjele postojati velike razlike u osvjetljenosti prostora. Ravnomjernost osvjetljenosti definirana je kao omjer osvjetljenosti najslabije osvjetljenog mjesta u prostoriji i srednje osvjetljenosti prostorije, što znači da ravnomjernost osvjetljenosti ne bi smjela biti manja od 0,8. Faktor 0,8 označava da radno mjesto ne bi smjelo biti s manje od 80% srednje osvjetljenosti prostorije, ali isto tako da ne bi došlo do neravnomjerne osvjetljenosti radnog prostora faktor srednje osvjetljenosti prostorije ne bi smio biti veći od 1,25, kao što je prikazano u tablici 3. Ovaj faktor značajno utječe na izbor svjetiljki i njihov razmještaj pri projektiranju unutarnjeg osvjetljenja [46].

Tablica 3. Ravnomjernost osvijetljenosti [46]

| Vidni zahtjevi | Ravnomjernost osvijetljenosti, (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 |

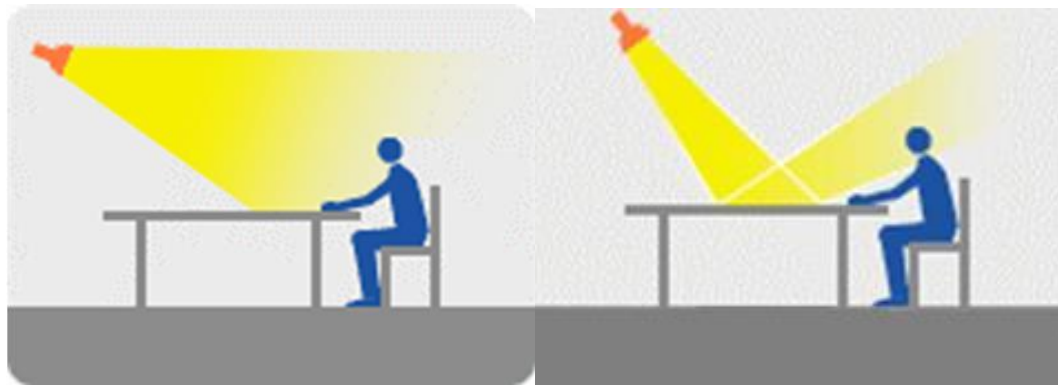
2.7.1.3. Raspodjela sjajnosti

Za raspodjelu sjajnosti je bitno da postoje što manje razlike u sjajnosti između radnih površina i površina okoline. Što manje razlike sjajnosti između površina utječu na bolje vidne uvjete čime se postiže sigurniji rad i produktivnost bez značajnog vidnog umora. Pridržavanjem uputa o najvećem dopuštenom omjeru sjajnosti postižu se prikladni uvjeti za rad i povoljna raspodjela sjajnosti. U uputama o najvećem dopuštenom omjeru navedeno je da odnos sjajnosti radnog polja u odnosu na radnu okolinu mora biti 3:1, odnos radnog polja i daljnje okoline 10:1, dok između izvora svjetlosti i susjednih površina odnos smije biti maksimalno 20:1. Ukoliko postoje premale razlike sjajnosti, tada prostori mogu davati monotoni utisak što između ostalog može i utjecati na psihološko stanje čovjeka. Sjajnost je kategorizirana u tri osnovna područja [47]:

- Područje minimalne sjajnosti-vrijednosti od 1 cd/m² do 20 cd/m²
- Područje preporučenih sjajnosti-vrijednosti od 100 cd/m² do 400 cd/m²
- Područje graničnih sjajnosti-vrijednosti od 500 cd/m² do 10000 cd/m²

2.7.1.4. Ograničavanje bliještanja

Ograničavanje bliještanja kao jednog od faktora koji značajno utječe na vidnu sposobnost u radnom prostoru od velike je važnosti. Uzimajući u obzir da bliještanje znatno utječe na smanjenje vidnih sposobnosti, kod dužeg zadržavanja izaziva i psihičku neudobnost te dovodi do zamora. Svi ovi faktori dovode do smanjenja radne sposobnosti. Bliještanje možemo podijeliti na dvije vrste, direktno i refleksno (slika 4.) [47].



a)

b)

Slika 4. Bliještanje: a) direktno i b) refleksno [43]

Direktno bliještanje ovisi o sjajnosti svjetiljki, njihovoj boji, veličini, položaju naspram vidnog polja te sjajnosti površina u posrednoj i neposrednoj okolini svjetiljke. Do direktnog bliještanja dolazi kada je sjajnost svjetiljki puno veća od opće osvjetljenosti prostorije. Kako je glavni izvor direktnog bliještanja sama sjajnost svjetiljke, potrebno je ograničenje te sjajnosti.

Do refleksnog bliještanja za razliku od direktnog dolazi zbog refleksije svjetlosti od zrcalnih površina u prostoru. Kao rješenje za ograničavanje bliještanja koristi se pri projektiranju više svjetiljki u grupama, te se pazi na smjer odbijanja svjetlosti tako da se ne poklapa sa smjerom gledanja kao i matiranjem radnih mjesta, čime se uklanjaju zrcalne površine [47].

2.7.1.5. Smjer upada svjetlosti

Kako bi raspoznali predmete u prostoriji, njihove oblike i izgled površine bitan je faktor smjera upada svjetlosti i sjenovitosti. O dobrom ili lošem upadu svjetlosti ovisi raspoznavanje plastičnosti objekta te prostoriji može dati strukturno „siromašan“ ili „bogat“ izgled koji ujedno može biti „dosadan“ ili pak „živ“. Ukoliko postoji upad svjetlosti koji dolazi iz neprirodnog smjera, tada postoji mogućnost vizualnih obmana, stoga je jako bitno da osvjetljenje prostorija ne bude siromašno sjenkama. Svojstva sjenki u prostorijama su da budu što manje tvrdoće, tj. da ne budu pretamne i da prijelazi sjenki bude što mekaniji. Iako sjenke nisu poželjne za veliku većinu vidnih zadataka jer ponekad dovode i do smetnji, poželjno ih je imati iz razloga raspoznavanja predmeta, oblika i izgleda površina.

Kada sjenke predstavljaju smetnju, tada ih je potrebno smanjiti difuznom svjetlošću svjetiljke koja ima veliku svijetleću površinu. Ovakvo osvjetljenje koje nema sjenke u velikim prostorijama djeluje zamarajuće i dosadno, stoga se za takve prostorije projektiraju svjetiljke koje posjeduju jako usmjereno svjetlo. Kriterij za izbor ovakvih svjetiljki je da ne utječu negativno na radnom mjestu na vidne zadatke te da pružaju ugodnu promjenu i opuštenost pri prijelazu pogleda oka s predmeta na radni prostor [47].

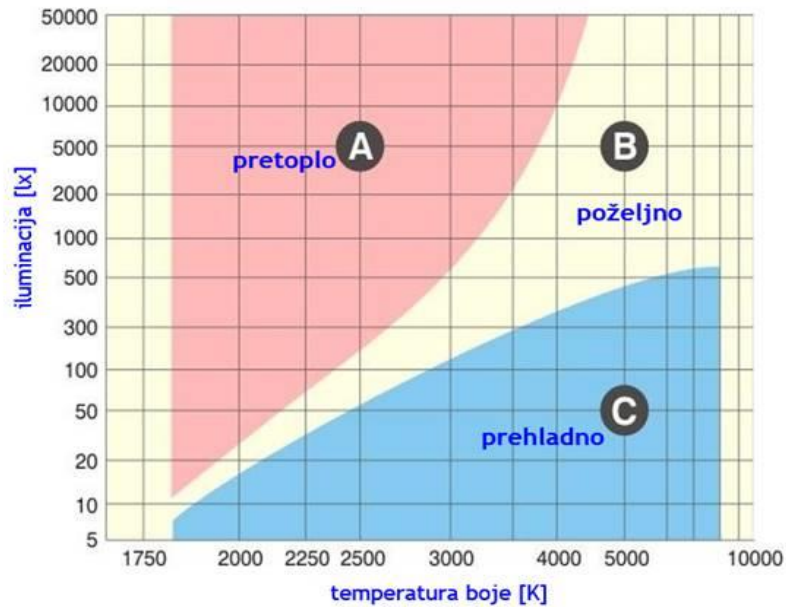
2.7.1.6. Klima boja

Klima boja je faktor kvalitete unutarnjeg osvjetljenja, koji čini prostor ugodnim i daje mu harmoničnost omogućujući pri tome vrlo dobro raspoznavanje boja predmeta. Svjetlo kao izvor svjetlosti i boje u prostoriji omogućava gledanje okoline, što oko u fiziološkom smislu registrira kao boju predmeta i boju svjetlosti. Svjetlost i boje u prostoru djeluju psihofizički na čovjeka, a višestruki uzrok ovih djelovanja naziva se „klima boja“ i one utječu na raspoloženje čovjeka. Komponente koje uzrokuju višestruko djelovanje pod nazivom „klima boja“ su boja izvora svjetlosti, boja prostorije i predmeta, reprodukcija boja te razina osvjetljenosti.

Prilikom projektiranja vrlo je bitno da se pažljivo istovremeno usklade u prostoriji vizualni događaj i dobro raspoznavanje predmeta. Boja svjetlosti i reprodukcija boja se smatraju najvažnijim komponentama klime boja, jer pravilnim izborom prostorije djeluju ugodno i harmonično, dok nepravilnim izborom prostorije djeluju vizualno neudobno i disharmonično. Iako postoje dva načina označavanja boje svjetlosti nekog izvora svjetlosti, danas se većinom koristi jednostavniji i opće prihvaćen način označavanja temperaturom boje. Kako bi što jednostavnije usporedili svojstva boje izvora svjetlosti, izvršena je podjela na tri osnovne skupine:

- Topla boja
- Neutralna bijela boja
- Hladna bijela boja

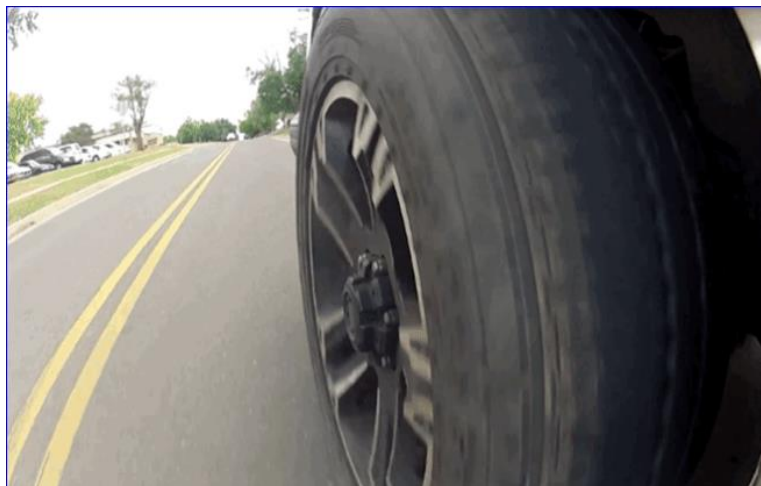
Topla bijela boja u sebi ima primjese žućkaste, crvene i narančaste tonove boja i imitira svjetlost žarulje sa žarnom niti. Temperature za boje se označavaju u Kelvinima (K) i temperaturene vrijednosti za ovu skupinu boja su od 2700 do 3300 K. Ova skupina boja je dobra za oči te se preporučuje u stambenim objektima. Kao izvori tople boje svjetlosti koriste se obične i halogene žarulje te fluorescentne cijevi s toplom bijelom bojom i visokotlačne natrijeve sijalice. Neutralna bijela boja svjetlosti daje najviše svjetlosti i kao takva pogodna je za poslovne i prodajne prostore. Temperaturene vrijednosti za ovu skupinu su od 4000 do 4500 K, a kao izvori svjetlosti za ovu skupinu koriste se fluorescentne cijevi svijetlo-bijele boje i bijele boje, visokotlačne metal halogene sijalice te visokotlačne živine sijalice. Hladna bijela boja ima karakteristične temperaturene vrijednosti od 4500 do 6500 K. To je bijela boja s primjesom plave, ne privlači kukce i kao takva je pogodna za vanjsku rasvjetu. Ukoliko se koristi za unutarnju rasvjetu tada se upotrebljava u prostorijama koje zahtijevaju visoku razinu osvjetljenosti. U ovu grupu izvora svjetlosti su svrstane fluorescentne cijevi boje dnevne svjetlosti, visokotlačne metal halogene sijalice i ksenonske sijalice. Boja svjetlosti ovisi o razini osvjetljenosti, što je prikazano na slici 5, Kriuthof-ovim dijagramom. Kao što je prikazano na slici 5, boje svjetlosti su usko povezane s razinom osvjetljenosti prostora. Ukoliko prostor ima nisku razinu osvjetljenosti, tada se preporučuju pri projektiranju tople boje, a ukoliko prostor ima visoku razinu osvjetljenosti, tada se pri projektiranju koriste hladne bijele boje. Za prostorije gdje je razina osvjetljenosti optimalna, tj. ugodna, koriste se izvori svjetlosti s neutralnom bijelom bojom [47].



Slika 5. Kruithof-ov dijagram [48]

2.7.1.7. Ograničenje stroboskopskog učinka

Stroboskopski učinak je pojava do koje dolazi kod izvora svjetlosti koji rade na principu električnog pražnjenja. Uslijed električnog pražnjenja dolazi do njihanja svjetlosnog toka što je uzrokovano naizmjeničnim naponom. Ova pojava njihanja dovodi do vidnih smetnji i vizualnih obmana, te vizualne obmane projiciraju pojavu predmeta da rotira, stoji ili pak da rotira većom ili manjom brzinom u pravom ili suprotnom smjeru. Ovakav efekt se naziva stroboskopski učinak i kao takav predstavlja značajnu opasnost za radnike čiji radni zadaci su povezani sa strojevima koji imaju rotirajuće dijelove [47]. Na slici 6. prikazan je stroboskopski učinak.



Slika 6. Stroboskopski učinak – doživljaj okretanja kotača vozila u suprotnom smjeru u odnosu na smjer kretanja [48]

2.8. Ispitivanje unutarnje rasvjete

Ispitivanje radnog okoliša je jedan od temeljnih i normiranih postupaka kojim se utvrđuje stvarno stanje čimbenika radnog okoliša. Na temelju dobivenih vrijednosti u usporedbi s dopuštenim vrijednostima koje se odnose na pojedine štetnosti u području zaštite zdravlja na radu donose se odluke kako spriječiti negativne učinke emisija koje su ispitane. Pravilnikom o zaštiti na radu za mjesta rada određeni su uvjeti koje poslodavac mora osigurati, a vezani su za unutarnju rasvjetu [49].

Uvjeti koje propisuje Pravilnik o zaštiti na radu za radno mjesto su sljedeći [27]:

- Ukoliko je moguće prednost dati prirodnom osvjetljenju radnog mjesta, a po potrebi kombinirati opskrbu osvjetljenja radnog prostora i s umjetnom rasvjetom koja mora biti primjerena zahtjevima vezanim za sigurnost i zaštitu zdravlja radnika.
- Na mjestu rada osvjetljenost mora biti sukladna važećim propisima i normama.
- Ukoliko postoje otvori koji imaju namjenu dovoda prirodnog svjetla, tada moraju biti ravnomjerno raspoređeni kako bi osiguravali ravnomjerno osvjetljenje svih dijelova radnog prostora.
- Odnos otvora kojem je svrha dovod prirodnog svjetla naspram površine poda radne prostorije mora iznositi najmanje jednu osminu.
- Pri projektiranju potrebno je voditi računa da se otvori koji dovode prirodnu svjetlost rasporede tako da spriječe direktno upadanje sunčeve svjetlosti na radnu površinu.
- Sredstva za zasjenjivanje poput zastora, zavjesa i nadstrešnica potrebno je koristiti ukoliko se otvori sa svrhom dovoda prirodne svjetlosti ne mogu rasporediti na način da spriječe direktni upad sunčeve svjetlosti.
- Ugrađivanje umjetnog osvjetljenja na mjesto rada potrebno je kada zbog tehnološkog procesa nije moguće ili nije dozvoljeno dovodenje prirodnog osvjetljenja.
- Rasvjetna instalacija koja je postavljena na mjestima rada mora biti projektirana i postavljena na način koji ne ugrožava radnike te im pruža sigurno i zdravo radno mjesto.

Prema ranije navedenom Pravilniku o ispitivanju radnog okoliša [49] utvrđene su obaveze, postupci i načini na koje se provodi ispitivanje radnog okoliša i vremenski rokovi u kojima se ta ispitivanja moraju obaviti. Nadalje, opisan je sadržaj zapisnika o ispitivanju radnog okoliša te način na koji se isti izdaje. Prema članku 2. stavka 1. Pravilnika o ispitivanju radnog okoliša ispitivanja obuhvaćaju fizikalne, kemijske i biološke čimbenike. Fizikalni čimbenici obuhvaćaju relativnu vlažnost i temperaturu zraka, vibracije, buku, brzinu strujanja zraka i nama najvažnije u ovom radu osvjetljenost, dok kemijski čimbenici obuhvaćaju koncentracije para, plinova, prašina i aerosola. Ispitivanja radnog okoliša za navedene čimbenike provodi ovlaštena osoba koja ima sukladno odredbama propisa s područja poslova zaštite na radu potrebna ovlaštenja uz ispunjene tehničke uvjete koji su propisani ovim Pravilnikom.

Za samo izvršenje ispitivanja radnog okoliša ovlaštena osoba mora imati odgovarajuću mjernu opremu uključujući i ispitnu opremu koja je propisana u Prilogu Pravilnika o ispitivanju radnog okoliša. Svu mjernu i ispitnu opremu koja se koristi u svrhu ispitivanja radnog okoliša potrebno je čuvati i održavati na način koji je naznačio proizvođač u uputama te voditi dokumentaciju o istoj. U dokumentaciji mjerne i ispitne opreme moraju biti navedeni podaci o

nazivu opreme koja se koristi u svrhu ispitivanja i mjerenja, ime proizvođača, oznaka tipa i serijski broj, godina kada je proizvedena, kao i godina kada je stavljena u uporabu, te datum kada je izvršeno umjeravanje uz dokaz o vlasništvu odnosno najmu opreme, ako se radi o dodatnoj opremi.

Održavanje normalnih, tj. propisanih radnih uvjeta u radnom okolišu obaveza su svakog poslodavca, pa tako i odgovarajuće razine osvjetljenosti. Poslodavac mora na propisani način osigurati ispitivanje radnog okoliša ukoliko je došlo do promjene u uvjetima, izdano rješenje inspektora rada ili ako nije posebnim propisom određeno drugačije doli periodičkim pregledom. Prilikom ispitivanja radnog okoliša ovlaštena osoba je dužna voditi svu potrebnu dokumentiranu evidenciju o predmetima, postupcima, uvjetima, rezultatima i opremi koju je koristila prilikom ispitivanja. Nakon ispitivanja sastavlja se zapisnik u kojem su sadržani podaci o poslodavcu koji je vlasnik prostorija koje se ispituju, zatim podaci o ovlaštenoj osobi koja je provodila ispitivanje, broj zapisnika i datum kada je sastavljen isti, rješenje kao dokaz o ovlaštenju za obavljanje poslova ispitivanja, nazivi propisa i normi koje su korištene tijekom ispitivanja, podaci o izmjerenim vrijednostima, vrsta obavljenog ispitivanja, opis prostorija u kojima su se ispitivanja provodila zajedno sa skicom. Ukoliko je sudjelovalo više osoba u ispitivanju tada se unose svi potrebni podaci o tim osobama.

Osim navedenih podataka potrebno je u zapisnik unesti i podatke o datumu početka i završetka ispitivanja, tehničkoj dokumentaciji ukoliko je korištena, podatke o vanjskim uvjetima koji su mogli utjecati na rezultate ispitivanja, metode i postupke koji su korišteni, uvjete procesa rada u kojem je obavljeno ispitivanje, tablični prikaz izmjerenih i dopuštenih vrijednosti te zaključnu ocjenu. Zaključna ocjena mora biti iskazana pregledno za svaku prostoriju i/ili prostor i na kraju za okoliš. Za mjerenje osvjetljenosti koriste se instrumenti koji prema karakteristikama zadovoljavaju zahtjeve iz već ranije navedene norme [49].

Rezultati se uspoređuju s propisanim vrijednostima koje su utvrđene odgovarajućim hrvatskim normama. Za unutarnje osvjetljenje koristi se norma Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 1. dio: Unutrašnji radni prostori *HRN EN 12464-1:2021* [50, 51]. Ovaj dokument utvrđuje zahtjeve za osvjetljenje ljudi na radnim mjestima u zatvorenim prostorima, koji zadovoljavaju potrebe za vizualnom udobnošću i radnim učinkom ljudi s normalnim ili ispravljenim na normalan oftalmološki (vidni) kapacitet. Uzimaju se u obzir svi uobičajeni vizualni zadaci, uključujući zaslonsku opremu. Ovaj dokument specificira zahtjeve za rasvjetna rješenja za većinu unutarnjih radnih mjesta i njima pridruženih područja u smislu količine i kvalitete osvjetljenja. Osim toga, daju se preporuke za dobru rasvjetnu praksu, uključujući vizualne i ne vizualne (bez stvaranja slike) potrebe za rasvjetom. Ovaj dokument ne nudi konkretna rješenja, niti ograničava slobodu dizajnera u istraživanju novih tehnika, kao što ne ograničava upotrebu inovativne opreme. Osvjetljenje se može osigurati dnevnim svjetlom, električnom rasvjetom ili njihovom kombinacijom [50].

Provjera unutarnje rasvjete uključuje pažljivu procjenu sustava rasvjete, kako bi se osiguralo da radi ispravno, sigurno i učinkovito. Postoji nekoliko koraka koji se mogu slijediti pri provjeri unutarnje rasvjete:

- Provjeravanje rasvjetnih tijela na oštećenja ili znakove istrošenosti, te jesu li uređaji čvrsto pričvršćeni na strop ili zid i jesu li sve izložene žice pravilno izolirane.
- Testiranje žarulja jesu li odgovarajuće snage za uređaj te zamjena svih žarulja koje su pregorjele ili trepere.

- Provjera prekidača i prigušivača: testiranje svih prekidača i prigušivača kako bismo bili sigurni da rade ispravno, te provjeravanje jesu li prekidači i prigušivači pravilno ožičeni i uzemljeni.
- Procjena razine osvjetljenja: mjerenjem razine osvjetljenja u prostoriji pomoću svjetlomjera kako bismo bili sigurni da su prikladne za namjeravanu upotrebu prostora uz provjeru je li osvjetljenje ravnomjerno raspoređeno i nema li tamnih mrlja ili odsjaja.
- Pregledavanje ožičenja na znakove istrošenosti, korozije ili oštećenja uz provjeru je li ožičenje ispravno uzemljeno i jesu li svi spojevi sigurni.
- Procjena energetske učinkovitosti sustava rasvjete provjerom značajki za uštedu energije kao što su LED žarulje, mjerači vremena ili senzori pokreta.
- Provjeravanje usklađenosti sa svim relevantnim sigurnosnim i građevinskim propisima.

Općenito, temeljita inspekcija unutarnje rasvjete može pomoći u prepoznavanju problema i osigurati da sustav rasvjete radi sigurno, učinkovito i djelotvorno. Postoji nekoliko instrumenata koji se mogu koristiti za ispitivanje unutarnje rasvjete. Evo nekoliko primjera:

- Svjetlomjer je uređaj koji se koristi za mjerenje razine osvjetljenosti u sobi ili prostoru. Može se koristiti kako bi se osiguralo da je rasvjeta odgovarajuća i ravnomjerno raspoređena.
- Multimetar je svestran alat koji se može koristiti za ispitivanje napona, struje i otpora rasvjetnih tijela, prekidača i ožičenja. Može se koristiti za prepoznavanje problema s električnim komponentama sustava rasvjete.
- Infracrveni termometar može se koristiti za mjerenje temperature rasvjetnih tijela, što može pomoći u prepoznavanju problema s pregrijavanjem koji bi mogli uzrokovati štetu ili predstavljati opasnost od požara.
- Ispitivač strujnog kruga je uređaj koji se koristi za ispitivanje prisutnosti napona u strujnom krugu. Može se koristiti kako bi se osiguralo da su ožičenje i spojevi u sustavu rasvjete ispravno uzemljeni i da nema električnih opasnosti.
- Analizator snage je uređaj koji se koristi za mjerenje potrošnje energije rasvjetnih tijela i drugih električnih uređaja. Može se koristiti za prepoznavanje svih neučinkovitosti u sustavu rasvjete i predlaganje načina za smanjenje potrošnje energije i troškova.
- Luxmetar je uređaj koji se koristi za mjerenje intenziteta svjetlosti koja pada na površinu. Može se koristiti kako bi se osiguralo da su razine osvjetljenja prikladne za namjeravanu upotrebu prostora.

Općenito, ovi instrumenti mogu pomoći da se osigura da je unutarnja rasvjeta sigurna, učinkovita i djelotvorna te mogu identificirati sve probleme koje bi možda trebalo riješiti [51].

3. EKSPERIMENTALNI DIO

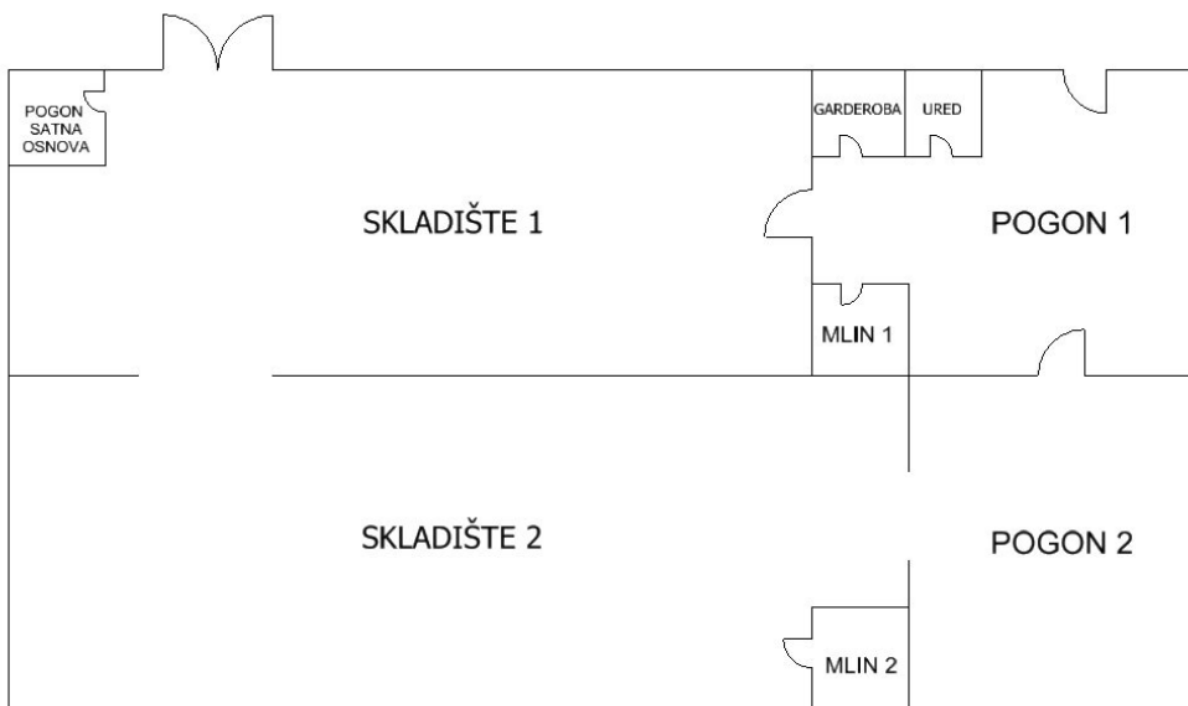
3.1. Opis postrojenja

U ovome radu iskazani su rezultati mjerenja rasvijetljenosti u pogonu za proizvodnju pčelinjih pogača, skladištu te prostorijama u kojima se melje šećer na zadanu granulaciju. Proizvodni pogon za proizvodnju hrane za pčele i preradu voska dio je objekta koji se sastoji od prodajnog prostora, skladišnog prostora, prostora za proizvodnju hrane za pčele i preradu voska, garderobe i sanitarnog čvora za djelatnike, kao što se može vidjeti na slici 7. Rasvjeta u svim prostorima u kojima radnici obavljaju radne zadatke izvedena je sustavom opće rasvjete i to uz pomoć LED cijevi, koje su zamijenile pomalo zastarjele klasične fluorescentne cijevi te LED reflektora. Zamjena klasičnih fluorescentnih cijevi s LED cijevima pokazala se kao dobra odluka rukovodstva upravo sa stajališta smanjene potrošnje električne energije, dugotrajnosti, ali i veće količine svjetlosti uz pomoć manje energije. Cilj rada je je provjera usklađenosti postojećeg rasporeda rasvjetnih tijela s važećim propisima i rasvijetljenosti pojedinih radnih mjesta koja moraju biti sigurna, funkcionalna i estetski ugodna.

3.2. Izrada mreže mjerenja

Odabrana mjerna mjesta i područje mjerenja rasvijetljenosti mogu se primijetiti na tlocrtnom prikazu pogona za proizvodnju pčelinjih pogača i skladišta, kao što se može vidjeti na slici 7. U radnim prostorijama u kojima je mjerena rasvijetljenost postoje umjetni i prirodni izvori svjetlosti. Prirodni izvori svjetla osigurani su kroz prozore koji se nalaze na visini od 5 m na bočnim zidovima prostorija. Umjetno osvjetljenje osigurano je rasvjetnim tijelima s LED cijevima i LED reflektorima.

S obzirom na to da je rad u pogonu organiziran u dvije smjene, odnosno u jutarnjoj i popodnevnoj smjeni, mjerenje rasvijetljenosti na svim radnim mjestima, osim u Mlinu 1 i Mlinu 2, urađeno je pri dnevnom svjetlu te bez prisutnosti dnevnog svjetla. Zbog činjenice kako radni prostor u Mlinu 1 i Mlinu 2 nema prozore ni svjetlarnike, tj. dnevna svjetlost ne može utjecati na mjerne rezultate, nije bilo potrebno raditi i dnevno i noćno mjerenje. Radne prostorije u kojima je mjerena rasvijetljenost jesu Pogon 1, Pogon 2, Skladište 1, Skladište 2, Mlin 1 i Mlin 2.



Slika 7. Tlocrtni prikaz pogona za proizvodnju pčelinjih pogača i skladišta

U proizvodnji robe za pčelarstvo provodi se proizvodnja i pakiranje hrane za pčele. U sklopu pogona nalazi se i skladišni dio za repromaterijal i sirovinu koja se koristi za proizvodnju pčelarskih pogača i satne osnove. Unutar je sistematizirano radno mjesto s posebnim uvjetima rada: rukovatelj na stroju za proizvodnju stočne hrane.

3.3. Norma HRN EN 12464-1:2021., Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 1. dio: Unutrašnji radni prostori

Rezultati mjerenja rasvijetljenosti u prostorijama za rad koji su dobiveni uz pomoć svjetlomjera Testo 545, uspoređeni su s Normom HRN EN 12464-1:2021 Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 1. dio: Unutrašnji radni prostori, u kojoj su utvrđeni zahtjevi za osvjetljenje ljudi na radnim mjestima u zatvorenim prostorima. Osim što spomenuta norma jasno određuje zahtjeve za većinu radnih mjesta po pitanju kvalitete i količine osvjetljenja, ona također daje i preporuke u smislu dobre rasvjetne prakse. Glavna podjela rasvijetljenosti na radnim mjestima može se iskazati u 3 razine i to za [52]:

- Hodnike i prostorije koji se rijetko koriste (20-200 lx)
- Radionice (opće osvjetljenje, 200-2000 lx)
- Prostorije i radni prostori u kojima se obavlja delikatan rad (Operacijske sale, 2000 – 20 000 lx)

S obzirom na vrstu djelatnosti i tip prostora u kojemu je obavljeno mjerenje rasvijetljenosti, u tablici 4 su prikazane vrijednosti za grupe djelatnosti u industriji,

proizvodnim pogonima i manufakturi, prema HRN EN 12464-1:2021, Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 1. dio: Unutrašnji radni prostori.

Tablica 4. Razine osvjetljenosti prema HRN EN 12464-1:2021, Industrija, proizvodni pogoni, manufaktura [51]

| Industrija | Djelatnost | E_m (lx) | UGR_L | R_a |
|--|--|------------|---------|-------|
| Opći prostori | Ostave i skladišta | 100 | 25 | 60 |
| | Prostori za pakiranje (prije otpreme) | 300 | 25 | 60 |
| Agrokultura | Unošenje i operiranje dobrima, rukovanje opremom i strojevima | 200 | 25 | 80 |
| | Zgrade za životinje | 50 | / | 40 |
| | Priprema hrane, mljekarstvo, pranje posuda | 200 | 25 | 80 |
| Pekarnice | Pripremanje i pečenje | 300 | 22 | 80 |
| | Završavanje, glazura, dekoriranje | 500 | 22 | 80 |
| Cement, proizvodi od cementa, beton, opeka | Sušenje | 50 | 28 | 20 |
| | Priprema materijala, rad s vapnom i miješalicom | 200 | 28 | 40 |
| | Rad na strojevima - općenito | 300 | 25 | 80 |
| | Grube forme | 300 | 25 | 80 |
| Keramika, terakota, staklo, staklena roba | Sušenje | 50 | 28 | 20 |
| | Priprema, rad na stroju općenito | 300 | 25 | 80 |
| | Emajliranje, valjanje, tlačenje, oblikovanje jednostavnih dijelova, glaziranje, puhanje stakla | 300 | 25 | 80 |
| | Brušenje, graviranje, poliranje stakla, oblikovanje preciznih dijelova, proizv. staklenih instrumenata | 750 | 19 | 80 |
| | Brušenje optičkih stakala, brušenje kristala, ručno brušenje i graviranje | 750 | 16 | 80 |
| | Precizni rad, npr. dekorativno brušenje, ručno slikanje | 1000 | 16 | 90 |
| | Proizvodnja sintetičkog dragog kamenja | 1500 | 16 | 90 |

| Industrija | Djelatnost | E_m (lx) | UGR_L | R_a |
|---|--|------------|---------|-------|
| Kemijska industrija, industrija gume i plastike | Procesne instalacije s daljinskim upravljanjem | 50 | / | 20 |
| | Procesne instalacije s ograničenim ljudskim intervencijama | 150 | 28 | 40 |
| | Radni prostori sa stalnim prisustvom ljudi u procesnim instalacijama | 300 | 25 | 80 |
| | Prostori za precizno mjerenje, laboratoriji | 500 | 19 | 80 |
| | Proizvodnja farmaceutskih proizvoda | 500 | 22 | 80 |
| | Kontrola boja | 1000 | 16 | 90 |
| | Rezanje, završavanje, kontrola | 750 | 19 | 80 |
| Elektroindustrija | Proizvodnja kabela i vodova | 300 | 25 | 80 |
| | Galvanizacija | 300 | 25 | 80 |
| | Sklapanje, sastavljanje npr. razvodne ploče, ormari | 500 | 22 | 80 |
| | Precizno mjerenje | 1000 | 16 | 80 |
| | Elektroničke radionice, testiranje, podešavanje | 1500 | 16 | 80 |
| Obrada hrane i industrija delikatesne hrane | Sortiranje i pranje proizvoda, mljevenje | 300 | 25 | 80 |
| | Rezanje i sortiranje voća i povrća | 300 | 25 | 80 |
| | Proizvodnja delikatesne hrane, kuhinjski posao | 500 | 22 | 80 |
| | Inspekcija čaša i boca, kontrola proizvoda, sortiranje, dotjerivanje | 500 | 22 | 80 |
| | Kontrola boja | 1000 | 16 | 90 |
| Rotirajući mlinovi, rad s čelikom i željezom | Proizvodno postrojenje bez ručnog rada | 50 | / | 20 |
| | Proizvodno postrojenje s povremenim ručnim radom | 200 | 25 | 80 |
| | Visoke peći, industrijske peći | 200 | 25 | 20 |
| | Mlinski vlak, namatalo, linija za rezanje | 300 | 25 | 40 |
| | Kontrolne platforme, kontrolni paneli | 300 | 22 | 80 |

Legenda:

E_m (lx) – srednja horizontalna rasvjetljenost na radnoj površini (određuje se za radno područje na radnoj visini H_r . Radna visina iznosi $H_r = 0,85$ m, ukoliko nije drugačije definirano).

UGR_L – faktor bliještanja

R_a – faktor refleksije boje

Tablica 4 jasno prikazuje poslove, koji s obzirom na radne zadatke, mogu imati značajnije zahtjeve za osvjetljenost radnog prostora te one s manjim zahtjevima za osvjetljenost. Poslovi koji zahtijevaju veću preciznost i više detalja, kao što su npr. poslovi testiranja i podešavanja u elektroindustriji, imaju veće zahtjeve za osvjetljenost. S druge strane, oni poslovi koji u svojim radnim zadacima zahtijevaju manju preciznost i manje detalja, kao što je to npr. postrojenje bez ručnog rada, imaju manje kriterije za osvjetljenost radnog mjesta. Ona radna mjesta koja ne zahtijevaju prisutnost radnika ili su potpuno automatizirana imaju najniže zahtjeve za rasvjetu. Svijetla točka automatizacije procesa je činjenica kako se stvara značajnija ušteda energije na rasvjetnim tijelima.

3.4. Metode, tehnike i mjerna ispitna oprema

3.4.1. Mjerna ispitna oprema

Mjerenje rasvjetljenosti na svim radnim mjestima i po svim navedenim metodama izvršeno je mjernim uređajem proizvođača Testo 545, slika 8, na visini od oko 0,85 m od poda.



Slika 8. Instrument za mjerenje intenziteta svjetlosti, Testo 545 [53]

Svjetlomjer Testo 545 koristi se za mjerenje prirodnog i umjetnog svjetla uz pomoć svjetlosnog senzora. Prema podacima koji se nalaze u uputama za korištenje, Testo 545 koristi se za selektivna i dugotrajna mjerenje svjetlosti. Također, može u sebe bilježiti do 3000 mjerenja pomoću ugrađenog uređaja za bilježenje podataka te se može koristiti za izračun

selektivnog i vremenskog prosjeka mjerenja. Ugrađeni software osigurava postavljanje do 99 mjernih mjesta koje uređaj naknadno može prikazati u obliku krivulje. Ova značajka vrlo jasno može ukazati na ujednačenost osvjetljenja u prostoru u kojemu se provodi mjerenje [54].

3.4.2. Metode i tehnike mjerenja rasvjetljenosti

U svakoj od spomenutih radnih prostorija izvedena su tri seta mjerenja, odnosno korištene su tri različite metode mjerenja rasvjetljenosti.

3.4.2.1. Mjerenje u paralelnim linijama u prostoru, *šnitiranje*

Mjerenje rasvjetljenosti u paralelnim linijama u prostoru urađeno je tako da se ispitivač kretao po prostoru, prvo u jednu stranu bilježeći vrijednosti rasvjetljenosti, zatim u suprotnu stranu. Svakom novom linijom ispitivač je zahvatio sve veći dio prostora dok nije došao do kraja. Izmjerene vrijednosti rasvjetljenosti zapisivane su tijekom mjerenja [55].

3.4.2.2. Mjerenje na tajmer

Kod ovakve metode mjerenja uređaj uzima sve vrijednosti prilikom hodanja te izračunava srednju vrijednost. Obzirom na to da uređaj svake sekunde izmjeri određenu vrijednost rasvjetljenosti dolazi do nastanka velikog broja mjernih točaka te je mjerenje reprezentativnije [55].

3.4.2.3. Točkasto mjerenje ili mjerenje po pozicijama

Točkasto mjerenje ili mjerenje po pozicijama, koristi se kad u radnom prostoru postoje točke rada koje predstavljaju povećanu opasnost. Mjerne pozicije se odnose na ona mjesta gdje rade radnici sa strojevima i uređajima pri čijem korištenju može postojati povećana opasnost po sigurnost i zdravlje radnika. S toga gledišta mjerenje po pozicijama predstavlja značajan doprinos u otkrivanju i sprječavanju povećane opasnosti mjesta rada s obzirom na rasvjetljenost [55].

4. REZULTATI I RASPRAVA

Kako je već ranije rečeno, rezultati mjerenja rasvjetljenosti uspoređeni su s vrijednostima rasvjetljenosti koji su propisani Normom, a odnose se na radne prostore Pogon 1, Pogon 2, Skladište 1, Skladište 2, Mlin1 i Mlin 2.

4.1. Pogon 1.

U pogonu 1 provodi se proizvodnja pogača za pčele. Radnici najveći dio radnog vremena borave neposredno uz stroj pakirajući proizvod u kutiju te ga slažu na paletu. Ostatak vremena radnici snabdjevaju stroj sirovinama koje su neophodne za njegov kontinuirani rad.

Stroj je sačinjen od dva dijela, miješalice u kojem se sirovine miješaju i pretvaraju u finalnu smjesu te pakirnice koja finalnu smjesu pakira u plastične vrećice. Takav proizvod izlazi iz stroja te se transportira pokretnim trakama do rotacijskog stola s kojega se pakira u ambalažu. U pogonu se nalaze duplikatori ili veliki kotlovi u kojima se priprema tekuća faza za izradu pogača za pčele. Prema Normi HRN EN 12464-1:2021, Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 1. dio: Unutrašnji radni prostori, proizvodni pogon [51] ima zahtjev za razinom osvijetljenosti od 300 lx. Kako je već ranije rečeno mjerenja rasvijetljenosti izvedena su pri dnevnom svjetlu i bez prisustva dnevnog svjetla (Prilozi 1 – 4). Rezultati dobiveni mjerenjem iskazani su u tablici 5.

Tablica 5. Rezultati dnevnog i noćnog mjerenja s obzirom na metodu mjerenja za Pogon 1

| Vrijednost rasvijetljenosti (lx) | POGON 1 | | | | | |
|----------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|--------------------|
| | Dnevno mjerenje | | | Noćno mjerenje | | |
| | Paralelno u linijama | Mjerenje po pozicijama | Mjerenje na tajmer | Paralelno u linijama | Mjerenje po pozicijama | Mjerenje na tajmer |
| Minimalna vrijednost | 178 | 143 | / | 100 | 121 | / |
| Maksimalna vrijednost | 554 | 497 | / | 520 | 532 | / |
| Srednja vrijednost | 367 | 312 | 378 | 357 | 281 | 361 |
| ZADOVOLJAVA | DA | DA | DA | DA | NE | DA |

U tablici 5 prikazane su vrijednosti dnevnog i noćnog mjerenja rasvijetljenosti u Pogonu 1. Prema podacima iz tablice za dnevno mjerenje, napravljene su tri različite metode mjerenja rasvijetljenosti koje su prikazane kroz minimalnu, maksimalnu i srednju vrijednost. Metodom mjerenja paralelnim linijama po prostoru, tzv. šnitanjem, može se primijetiti velika razlika s obzirom na minimalnu vrijednost od 178 lx i maksimalnu vrijednost mjerenja od 554 lx, što upućuje na neravnomjernu rasvijetljenost od strane rasvjetnih tijela u Pogonu 1. S obzirom na srednju vrijednost rasvijetljenosti od 367 lx, ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja odgovaraju zahtjevima norme [51]. Mjerenje po pozicijama, tzv. točkasto mjerenje, daje prikaz za minimalnu vrijednost od 143 lx te maksimalnu vrijednost od 497 lx, koja također upućuje na neravnomjernu rasvijetljenost. Srednja vrijednost od 312 lx odgovara zahtjevima norme te je označena kao zadovoljavajuća. Metodom mjerenja na tajmer dobivena je vrijednost od 378 lx što je prema zahtjevima norme zadovoljavajuće.

Prema podacima iz tablice za noćno mjerenje dobivene su nešto niže vrijednosti što jasno upućuje na nedostatak dnevnog svjetla. Metodom mjerenja paralelnim linijama po prostoru, tzv. šnitanjem, izmjerena je minimalna vrijednost od 100 lx, maksimalna vrijednost

od 520 lx te srednja vrijednost od 357 lx koja je prema zahtjevima norme zadovoljavajuća. Mjerenje po pozicijama, tzv. točkasto mjerenje, daje prikaz za minimalnu vrijednost od 121 lx te maksimalnu vrijednost od 532 lx. Srednja vrijednost od 281 lx ne odgovara zahtjevima norme te je označena kao nezadovoljavajuća. Metodom mjerenja na tajmer dobivena je vrijednost od 361 lx, što je prema zahtjevima norme zadovoljavajuće.

4.2. Pogon 2.

U Pogonu 2 obavljaju se isti radni zadaci kao i u Pogonu 1. Radnici najveći dio radnog vremena borave neposredno uz stroj pakirajući proizvod u kutiju te ga slažu na paletu. Ostatak vremena radnici snabdjevaju stroj sirovinama koje su neophodne za njegov kontinuirani rad. Stroj je također sačinjen od dva dijela, miješalice u kojem se sirovine miješaju i pretvaraju u finalnu smjesu te pakirnice koja finalnu smjesu pakira u plastične vrećice. Kapacitet stroja je dvostruko veći od onoga u Pogonu 1 pa je stoga rad u ovom pogonu dosta dinamičniji. Pogon 2 prema Normi HRN EN 12464-1:2021, Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 1. dio: Unutrašnji radni prostori [51], ima zahtjev za razinom osvjetljenosti od 300 lx. Mjerenja rasvijetljenosti izvedena su pri dnevnom svjetlu i bez prisustva dnevnog svjetla (Prilozi 5 - 8). Rezultati dobiveni mjerenjem iskazani su u tablici 6.

Tablica 6. Rezultati dnevnog i noćnog mjerenja s obzirom na metodu mjerenja za Pogon 2

| Vrijednost rasvijetljenosti (lx) | POGON 2 | | | | | |
|----------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|--------------------|
| | Dnevno mjerenje | | | Noćno mjerenje | | |
| | Paralelno u linijama | Mjerenje po pozicijama | Mjerenje na tajmer | Paralelno u linijama | Mjerenje po pozicijama | Mjerenje na tajmer |
| Minimalna vrijednost | 168 | 99 | / | 143 | 144 | / |
| Maksimalna vrijednost | 356 | 298 | / | 304 | 282 | / |
| Srednja vrijednost | 249 | 229 | 256 | 232 | 218 | 233 |
| ZADOVOLJAVA | NE | NE | NE | NE | NE | NE |

U tablici 6 prikazane su vrijednosti dnevnog i noćnog mjerenja rasvijetljenosti u Pogonu 2. Dnevno mjerenje rasvijetljenosti, metodom mjerenja paralelno u linijama, daje vrijednosti koje su niže od zahtjeva koji su zadani u normi, a to je minimalna razina osvjetljenosti od 300 lx. Minimalna vrijednost je 168 lx, dok je maksimalna vrijednost 356 lx. Srednja vrijednost od 249 lx ne odgovara zahtjevima norme. Mjerenje po pozicijama, tzv. točkasto mjerenje, daje prikaz za minimalnu vrijednost od 99 lx te maksimalnu vrijednost od 298 lx. Srednja vrijednost

od 229 lx ne odgovara zahtjevima norme te je označena kao nezadovoljavajuća. Metodom mjerenja na tajmer dobivena je vrijednost od 256 lx, što je prema zahtjevima norme ocijenjeno kao nezadovoljavajuće.

Prema podacima iz tablice za noćno mjerenje dobivene su sljedeće vrijednosti s obzirom na metodu mjerenja. Metodom mjerenja paralelno u linijama minimalna izmjerena vrijednost je 143 lx, dok je maksimalna izmjerena vrijednost 304 lx. Srednja izmjerena vrijednost od 232 lx ne odgovara zahtjevima norme te je označena kao nezadovoljavajuća. Minimalna izmjerena vrijednost metodom mjerenja po pozicijama je 144 lx, dok je maksimalna izmjerena vrijednost 282 lx. Srednja izmjerena vrijednost je 218 lx te ne odgovara zahtjevima norme. Metodom mjerenja na tajmer dobivena je vrijednost od 233 lx, što je prema zahtjevima norme nezadovoljavajuće.

4.3. Skladište 1.

Pčelinje pogače koje se proizvedu u Pogonu 1 i Pogonu 2, izvoze se uz pomoć ručnog paletara u Skladište 1. Ovisno o vrsti robe, radnik skladišti proizvode na predviđeno mjesto u skladišnom prostoru. U skladišnom prostoru objekta potrebno je voditi rotaciju zaliha kako bi se količina zaliha kojima se bliži rok trajanja držala u najmanjoj mogućoj mjeri. Unutar skladišta manipulira se električnim viličarom kojim se prenose i podižu palete s gotovom robom na police. Obzirom na navedeno, potrebna je brza i jednostavna identifikacija proizvoda pa je razina rasvjetljenosti bitan čimbenik u tome procesu. Prema Normi HRN EN 12464-1:2021, Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 1. dio: Unutrašnji radni prostori [51], skladišni prostor ima zahtjev za razinom osvijetljenosti od 100 lx. Mjerenja rasvjetljenosti izvedena su pri dnevnom svjetlu i bez prisustva dnevnog svjetla (Prilozi 9 - 12). Rezultati dobiveni mjerenjem iskazani su u tablici 7.

Tablica 7. Rezultati dnevnog i noćnog mjerenja s obzirom na metodu mjerenja za Skladište 1

| Vrijednost rasvjetljenosti (lx) | SKLADIŠTE 1 | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|--------------------|
| | Dnevno mjerenje | | | Noćno mjerenje | | |
| | Paralelno u linijama | Mjerenje po pozicijama | Mjerenje na tajmer | Paralelno u linijama | Mjerenje po pozicijama | Mjerenje na tajmer |
| Minimalna vrijednost | 32 | 15 | / | 22 | 17 | / |
| Maksimalna vrijednost | 145 | 151 | / | 145 | 131 | / |
| Srednja vrijednost | 90,7 | 86 | 89 | 94,1 | 74,4 | 84 |
| ZADOVOLJAVA | NE | NE | NE | NE | NE | NE |

U tablici 7 prikazane su vrijednosti dnevnog i noćnog mjerenja rasvijetljenosti u Skladištu 1. Prema podacima iz tablice za dnevno mjerenje, napravljene su tri različite metode mjerenja rasvijetljenosti koje su prikazane kroz minimalnu, maksimalnu i srednju vrijednost. Metodom mjerenja paralelnim linijama po prostoru, tzv. šnitanjem, može se primijetiti kako je minimalna vrijednost rasvijetljenosti 32 lx, dok je maksimalna vrijednost mjerenja 145 lx, što upućuje na neravnomjernu rasvijetljenost od strane rasvjetnih tijela u Skladištu 1. S obzirom na srednju vrijednost rasvijetljenosti od 90,7 lx, može se ustanoviti kako kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja ne odgovaraju zahtjevima norme. Mjerenje po pozicijama, tzv. točkasto mjerenje, daje podatke za minimalnu vrijednost od 15 lx te maksimalnu vrijednost od 151 lx, što upućuje na neravnomjernu rasvijetljenost. Srednja vrijednost od 86 lx ne odgovara zahtjevima norme te je označena kao nezadovoljavajuća. Metodom mjerenja na tajmer dobivena je vrijednost od 89 lx, što je prema zahtjevima norme također nezadovoljavajuće.

Što se podataka noćnog mjerenja tiče, ne dolazi do većeg odstupanja od dnevnog mjerenja, pa tako metodom mjerenja paralelno u linijama minimalna izmjerena vrijednost je 22 lx, dok je maksimalna izmjerena vrijednost 145 lx. Srednja izmjerena vrijednost od 94,1 lx ne odgovara zahtjevima norme te je označena kao nezadovoljavajuća. Minimalna izmjerena vrijednost metodom mjerenja po pozicijama je 17 lx, dok je maksimalna izmjerena vrijednost 131 lx. Srednja vrijednost je 74,4 lx te ne odgovara zahtjevima norme. Metodom mjerenja na tajmer dobivena je vrijednost od 84 lx, što je prema zahtjevima norme ocijenjeno kao nezadovoljavajuće.

4.4. Skladište 2.

Skladište 2 prostor je u kojemu se skladište sirovine za proizvodnju te ambalaža. Sva roba, uključujući sirovine u krutom ili rasutom stanju, ambalažu, odnosno kutije, folije, kartonske podloške i dr., skladištar uvozi u Skladište 2 te odlaže na za to predviđeno mjesto. U skladu s proizvodnim procesom i dinamikom proizvodnje, radnici odlaze u Skladište 2 te prema potrebi uvoze sirovinu i ambalažu u proizvodne pogone. S obzirom na to da se u Skladištu 2 najčešće manipulira električnim paletarom i viličarem, od iznimne je važnosti voditi računa o preciznosti same manipulacije, kako ne bi došlo do nesreće prilikom prenošenja tereta. Iz toga razloga važno je da rasvijetljenost skladišnog prostora udovoljava zahtjevima norme [51] od minimalno 100 lx. Mjerenja rasvijetljenosti izvedena su pri dnevnom svjetlu i bez prisustva dnevnog svjetla (Prilozi 13 - 16). Rezultati mjerenja prikazani su u tablici 8.

Tablica 8. Rezultati dnevnog i noćnog mjerenja s obzirom na metodu mjerenja za Skladište 2

| Vrijednost rasvijetljenosti (lx) | SKLADIŠTE 2 | | | | | |
|----------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------|----------------------|------------------------|--------------------|
| | Dnevno mjerenje | | | Noćno mjerenje | | |
| | Paralelno u linijama | Mjerenje po pozicijama | Mjerenje na tajmer | Paralelno u linijama | Mjerenje po pozicijama | Mjerenje na tajmer |
| Minimalna vrijednost | 16 | 10 | / | 8 | 6 | / |
| Maksimalna vrijednost | 35 | 29 | / | 26 | 27 | / |
| Srednja vrijednost | 24 | 18,7 | 25 | 15,9 | 17 | 16 |
| ZADOVOLJAVA | NE | NE | NE | NE | NE | NE |

U tablici 8 prikazane su vrijednosti dnevnog i noćnog mjerenja rasvijetljenosti u Skladištu 2. Rezultati dnevnog mjerenja, metodom mjerenja u paralelnim linijama, iskazuju minimalnu vrijednost rasvijetljenosti od 16 lx te maksimalnu vrijednost od 35 lx. Srednja vrijednost od 24 lx ne odgovara zahtjevima norme. Mjerenje po pozicijama, tzv. točkasto mjerenje, daje podatke za minimalnu vrijednost od 10 lx te maksimalnu vrijednost od 29 lx. Srednja vrijednost od 18,7 lx ne odgovara zahtjevima norme te je označena kao nezadovoljavajuća. Metodom mjerenja na tajmer dobivena je vrijednost od 25 lx, što je prema zahtjevima norme također nezadovoljavajuće.

Prema podacima iz tablice za noćno mjerenje dobivene vrijednosti također ukazuju na nedovoljnu rasvijetljenost u Skladištu 2. Naime, s obzirom na nedostatak dnevne rasvjete prilikom noćnog mjerenja, izmjerene vrijednosti su vrlo niske te radnicima mogu sigurno predstavljati problem prilikom identifikacije određene sirovine ili ambalaže. Metodom mjerenja paralelno u linijama minimalna izmjerena vrijednost je 8 lx, dok je maksimalna izmjerena vrijednost 26 lx. Srednja izmjerena vrijednost od 15,9 lx ne odgovara zahtjevima norme te je označena kao nezadovoljavajuća. Minimalna izmjerena vrijednost metodom mjerenja po pozicijama je 6 lx, dok je maksimalna izmjerena vrijednost 27 lx. Srednja izmjerena vrijednost je 17 lx te ne odgovara zahtjevima norme. Metodom mjerenja na tajmer dobivena je vrijednost od 16 lx, što je prema zahtjevima norme nezadovoljavajuće.

4.5. Mlin 1.

Mlin 1 je prostor u kojemu se šećer strojno usitnjava na zadanu granulaciju. Iz Mlina 1 se šećer prenosi mehanički, uz pomoć pužnih vijaka ili spirala, prema pogonu u miješalicu. Prisustvo radnika u prostoru Mlina 1 nije nužno, pa se s obzirom na tu činjenicu Mlin 1 svrstava u Procesnu instalaciju s daljinskim upravljanjem, koji prema normi [51] ima zahtjev za razinom

osvijetljenosti od 50 lx. S obzirom na to da radni prostor u Mlinu 1 nema prozore ni svjetlarnike, tj. dnevna svjetlost ne može utjecati na mjerne rezultate, nije bilo potrebno raditi i dnevno i noćno mjerenje (Prilozi 17 - 18). Rezultati mjerenja prikazani su u tablici 9.

Tablica 9. Rezultati mjerenja s obzirom na metodu mjerenja za Mlin 1

| Vrijednost rasvijetljenosti (lx) | MLIN 1 | | |
|----------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------|
| | Metoda mjerenja | | |
| | Paralelno u linijama | Mjerenje po pozicijama | Mjerenje na tajmer |
| Minimalna vrijednost | 95 | 109 | / |
| Maksimalna vrijednost | 157 | 165 | / |
| Srednja vrijednost | 129 | 140 | 137 |
| ZADOVOLJAVA | DA | DA | DA |

U tablici 9 prikazane su vrijednosti mjerenja rasvijetljenosti u Mlinu 1 s obzirom na metodu mjerenja. Rezultati dobiveni metodom mjerenja u paralelnim linijama, daju prikaz za minimalnu razinu rasvijetljenosti, koja iznosi 95 lx i maksimalnu razinu rasvijetljenosti koja iznosi 157 lx. Srednja dobivena vrijednost rasvijetljenosti iznosi 129 lx, što zadovoljava zahtjeve norme od minimalno 50 lx. Mjerenje rasvijetljenosti po pozicijama daje minimalnu vrijednost od 109 lx te maksimalnu vrijednost rasvijetljenosti od 165 lx. Dobivena srednja vrijednost rasvijetljenosti iznosi 140 lx te kao takva zadovoljava zahtjeve norme. Metodom mjerenja na tajmer dobivena je vrijednost od 137 lx što je prema zahtjevima norme ocijenjeno kao zadovoljavajuće.

4.6. Mlin 2.

Kako je već spomenuto pri opisu tehnološkog procesa za Mlin 1, u Mlinu 2 odvija se strojno usitnjavanje šećera na zadanu granulaciju uz pomoć sita. Jedina razlika između mlinova je broj pužnih vijaka ili elevatora koji odvođe šećer izvan mlina u miješalicu u pogonu. Naime, u Pogonu 2 se u tehnološkom procesu koriste dvije miješalice, pa je Mlin 2 i znatnije opterećen radom. Za Mlin 2 vrijede jednaki uvjeti razine rasvijetljenosti kao i za Mlin 1, odnosno prema normi [51] ima zahtjev za razinom osvijetljenosti od 50 lx. S obzirom da radni prostor u Mlinu 2 nema prozore ni svjetlarnike, tj. dnevna svjetlost ne može utjecati na mjerne rezultate, nije

bilo potrebno raditi i dnevno i noćno mjerenje (Prilozi 19 - 20). Rezultati mjerenja prikazani su u tablici 10.

Tablica 10. Rezultati mjerenja s obzirom na metodu mjerenja za Mlin 2

| Vrijednost rasvijetljenosti (lx) | MLIN 2 | | |
|----------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------|
| | Metoda mjerenja | | |
| | Paralelno u linijama | Mjerenje po pozicijama | Mjerenje na tajmer |
| Minimalna vrijednost | 54 | 48 | / |
| Maksimalna vrijednost | 99 | 88 | / |
| Srednja vrijednost | 71 | 70,1 | 73 |
| ZADOVOLJAVA | DA | DA | DA |

U tablici 10 prikazane su vrijednosti mjerenja rasvijetljenosti u Mlinu 1 s obzirom na metodu mjerenja. Minimalna vrijednost rasvijetljenosti, izmjerena metodom paralelno u linijama, iznosi 54 lx, dok je maksimalna izmjerena vrijednost 99 lx. Srednja vrijednost rasvijetljenosti iznosi 71 lx, što zadovoljava zahtjeve norme od minimalno 50 lx. Mjerenje po pozicijama, tzv. točkasto mjerenje, daje podatke za minimalnu vrijednost od 48 lx te maksimalnu vrijednost od 88 lx. Srednja vrijednost od 70,1 lx odgovara zahtjevima norme te je označena kao zadovoljavajuća. Metodom mjerenja na tajmer dobivena je vrijednost od 73 lx, što je prema zahtjevima norme također zadovoljavajuće.

Na osnovu rezultata mjerenja može se zaključiti, da s obzirom na to da su dobivene vrijednosti rasvijetljenosti u Pogonu 2, Skladištu 1 i Skladištu 2 nezadovoljavajuće, potrebno je poboljšati rasvjetna tijela i uskladiti njihov raspored, kako bi se u pogonu za proizvodnju pčelinjih pogača zadovoljile normom propisane vrijednosti i radnicima osigurala rasvijetljenost radnih mjesta koja moraju biti sigurna, funkcionalna i estetski ugodna.

5. ZAKLJUČAK

Razina rasvijetljenosti važan je čimbenik radnog okoliša koji, ukoliko nije zadovoljen, može utjecati na izvedbu radnih zadataka i aktivnosti u obliku produktivnosti i kvalitete. Također, može utjecati na mogućnost nastanka nesreće ukoliko razina rasvijetljenosti ne zadovoljava minimalnu razinu prema važećim propisima. Mjerenjem rasvijetljenosti u pogonu za proizvodnju pčelinjih pogača, dobiveni su rezultati koji su iskazani kao zadovoljavajući i nezadovoljavajući u usporedbi s Normom „Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 1. dio: Unutrašnji radni prostori HRN EN 12464-1:2021“ za pojedini radni prostor u kojemu je mjerenje izvršeno, kako slijedi:

- Pogon 1 – Mjerenje rasvijetljenosti u Pogonu 1 dalo je zadovoljavajuće rezultate pri dnevnom mjerenju rasvijetljenosti, u usporedbi s normom koja propisuje minimalno 300 lx za proizvodne pogone, s obzirom na svaku od metoda mjerenja. Noćno mjerenje rasvijetljenosti donosi nešto niže vrijednosti, no još uvijek zadovoljavajuće, osim kod mjerenja rasvijetljenosti po pozicijama gdje je srednja vrijednost ocijenjena kao nezadovoljavajuća.
- Pogon 2 – Mjerenje rasvijetljenosti u Pogonu 2 nije dalo zadovoljavajuće rezultate prilikom dnevnog i noćnog mjerenja s obzirom na normu koja propisuje minimalno 300 lx za proizvodne pogone.
- Skladište 1 – Mjerenje rasvijetljenosti u Skladištu 1 nije dalo zadovoljavajuće rezultate prilikom dnevnog i noćnog mjerenja. Izmjerene vrijednosti ispod su minimuma od 100 lx koji je propisan za skladišne prostore. Može se primijetiti velika oscilacija između minimalne i maksimalne dobivene vrijednosti, što upućuje na neravnomjernu rasvijetljenost prostora.
- Skladište 2 – Mjerenje rasvijetljenosti u Skladištu 2 nije dalo zadovoljavajuće rezultate prilikom dnevnog i noćnog mjerenja. Izmjerene vrijednosti su, s obzirom na normu, ispod minimuma od 100 lx koji je propisan za skladišne prostore.
- Mlin 1 – Mjerenje rasvijetljenosti u Mlinu 1 dalo je zadovoljavajuće rezultate pri dnevnom mjerenju rasvijetljenosti, u usporedbi s normom koja propisuje minimalno 50 lx za prostore s procesnim instalacijama s daljinskim upravljanjem, a s obzirom na svaku od metoda mjerenja.
- Mlin 2 - Mjerenje rasvijetljenosti u Mlinu 2 dalo je zadovoljavajuće rezultate pri dnevnom mjerenju rasvijetljenosti, u usporedbi s normom koja propisuje minimalno 50 lx za prostore s procesnim instalacijama s daljinskim upravljanjem, a s obzirom na svaku od metoda mjerenja.

Utjecaj dnevnog svjetla generalno ne daje veliku razliku dobivenih vrijednosti, iz razloga što su prozorska okna mala i natkrivena krovnim limom, pa ne dolazi do direktnog upada sunčeve svjetlosti u radni prostor. Izvršena mjerenja upućuju na preispitivanje i poboljšanje rasvjetnih tijela te usklađivanje rasporeda rasvjetnih tijela s važećim propisima i rasvijetljenosti pojedinih radnih mjesta koja mora biti sigurna, funkcionalna i estetski

ugodna. U svakom slučaju je potrebno sagledati pitanje ispravne rasvjete sa stajališta sigurnosti na radu, kao i sprječavanja ozljeda na radu i nastanak profesionalnih bolesti.

6. LITERATURA

- [1] <https://biblija.ks.hr/knjiga-postanka/1> (pristupljeno: 15.01.2024.)
- [2] <https://www.lipapromet.hr/Usluge/ProjektiranjeSvjetlotehnike/RasvjetaznanjeIiskustva/tabid/72/ctl/details/itemid/175/mid/527/kratka-povijest-svjetlosti.aspx> (pristupljeno: 28.09.2023.)
- [3] <https://www.britannica.com/science/light/Early-particle-and-wave-theories> (pristupljeno: 28.09.2023.)
- [4] D. Sliney, What is light? The visible spectrum and beyond, *Eye* **30**, (2016) 222–229. <https://doi.org/10.1038/eye.2015.252>
- [5] M. Martinis, V. Mikuta-Martinis, Život pod umjetnom rasvjetom i zdravlje, *Sigurnost* **50** (2), (2008) 97 - 103.
- [6] B. Vohnsen, A Short History of Optics, *Physica Scripta*. Vol. T**109**, (2004) 75–79.
- [7] <https://www.svijet-svjetiljki.hr/clanci/tko-je-izumio-zarulju/> (pristupljeno: 14.10.2024.)
- [8] <https://povijest.hr/izumi/prvu-zarulju-s-volframovim-niti-konstruirao-je-hrvatski-kemicar/> (15.10.2024.)
- [9] T. I. Giovanni, Implementacija LED rasvjete, Završni rad, Istarsko veleučilište, Pula, 2020., str. 1-3.
- [10] P. Zorko, Svojstva, primjena i zaštita od infracrvenog zračenja, Diplomski rad, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2020., str. 2.
- [11] Svjetlost. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2013 – 2024. <<https://enciklopedija.hr/clanak/svjetlost>>(Pristupljeno 3.4.2024)
- [12] <https://edutorij.e-skole.hr/> (pristupljeno: 11.09.2023.)
- [13] R. Mandić, Unutarnje osvjetljenje, Završni rad, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2017., str. 2-5.
- [14] <https://sites.uci.edu/morningsignout/2021/08/04/the-sunny-science-of-why-we-need-sunlight/> (dostupno 12.09.2023.)
- [15] D. Beštak, Utjecaj svjetla na zdravlje, XXXV. seminar – Zbornik radova za medicinske sestre, Hrvatska proljetna pedijatrijska škola, Klinički bolnički centar Split i Klinika za dječje bolesti, 16.-20.04.2018., Split, str. 122-126.
- [16] <https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/svjetlosno-oneciscenje-okolisa/> (pristupljeno: 28.09.2023.)
- [17] Zakon o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja (NN br. 14/2019)
- [18] V. Ocelić Bulatović, Utjecaj svjetlosnog onečišćenja, *Zaštita okoliša, Kem. Ind.* **71** (1-2), (2022) 78–83.
- [19] D. Hamidović, Kako smanjiti utjecaj svjetlosnog onečišćenja na prirodu – smjernice i dobra praksa, 8. Konferencija o energetskej učinkovitoj rasvjeti, pametnim domovima, zgradama i gradovima, Učinkovita rasvjeta 2022., Zagreb, 2023.
- [20] UN CMS Rezolucija 13.5 o smjernicama za smanjenje utjecaja svjetlosnog onečišćenja na divlje životinje
- [21] A. M. Hutson, F. Marnell, R. Petermann, A guide to the implementation of the Agreement on the Conservation of Populations of European Bats (EUROBATS) Version 2, Bonn, Germany, 2019.
- [22] Ž. Andreić, Night sky brightness above Zagreb, Croatia, 2012.-2017., *Rudarsko-geološko-Naftni Zbornik*, Vol **33** (3), 85–94. <https://doi.org/10.17794/rngn.2018.3.9>

- [23] <https://kaportal.net.hr/nekategorizirano/3783217/odrzan-jos-jedan-petrova-gora-star-party-moze-li-ovo-podrucje-postati-prvi-hrvatski-park-tamnog-neba/> (pristupljeno 29.09.2023.)
- [24] V. Šepl, Park tamnog neba kao inovativni turistički proizvod u ruralnom području, Završni rad, Veleučilište u Virovitici, Virovitica, 2023., str. 9-12.
- [25] A. Venkatesan, J. Barentine, Noctalgia (sky grief): Our Brightening Night Skies and Loss of Environment for Astronomy and Sky Traditions
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.14685>
- [26] Zakon o zaštiti na radu (NN br. 71/2014)
- [27] Pravilnik o zaštiti na radu za mjestu rada (NN br. 105/2020).
- [28] Pravilnik o zaštiti na radu radnika izloženih statodinamičkim, psihofiziološkim i drugim naporima na radu (NN br. 73/2021).
- [29] Pravilnik o sigurnosti i zaštiti zdravlja pri radu s računalom (NN br. 69/2005).
- [30] S. Momčilović, Prikaz i analiza propisa, standarda i direktiva povezanih s radnim uvjetima, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2021., str. 49-52.
- [31] M. Košćak, Učinkovitost različitih izvora svjetlosti, Završni rad, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Osijek, 2015., str.11.
- [32] <http://www.mathos.unios.hr/~mdjumic/uploads/diplomski/KO%C5%A107.pdf> (pristupljeno 13.09.2023.)
- [33] J. Ilakovac, Sunčev spektar elektromagnetskog zračenja crnog tijela i propusnost zemljine atmosfere za njega, Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Osijek, 2021., str. 16-17.
- [34] <https://she.hr/uv-zrake-i-kako-se-zastiti/> (pristupljeno: 14.09.2023.)
- [35] I. Tuškan, Znanje o UV zračenju i važnosti fotoprotekcije kod studenata dentalne medicine, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet, Zagreb, 2019., str.2.
- [36] R. Ribarić, Teorija i primjena rasvjete te primjer proračuna, Završni rad, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2021. str: 11.
- [37] <https://geek.hr/e-kako/znanost/kako-mjesec-sjaji/> (pristupljeno: 27.09.2023.)
- [38] D. Šimić, Bioluminescencija kod životinja, Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju, Preddiplomski studij biologije, Osijek, 2018., str. 1-9.
- [39] A. Kerum, Zeleni fluorescentni protein, Završni rad, Sveučilište u Splitu, Sveučilišni odjel za studije mora, Split, 2018., str. 4.
- [40] <https://hr.eferrit.com/10-nevjerojatnih-bioluminiscentnih-organizama/> (pristupljeno: 02.10.2023.)
- [41] <https://centar-velikezvijeri.eu/2019/10/16/bioluminiscencija-gljiva/> (pristupljeno: 02.10.2023.)
- [42] T. Vujnović, Rad pod umjetnom rasvjetom kao rizik za zdravlje, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet, Zagreb, 2017., str. 9-12.
- [43] S. Zajec, Faktori kvalitete unutrašnjeg osvjetljenja, Završni rad, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2015., str. 2-20.
- [44] Izvješće komisije europskom parlamentu, vijeću i europskom gospodarskom i socijalnom odboru, Izvješće o utjecaju umjetne inteligencije, interneta stvari i robotike na sigurnost i odgovornost, Bruxelles, 2020.

- [45] Svjetlotehnički priručnik, Katalog energetski učinkovite rasvjete, <https://regea.org/wp-content/uploads/2018/05/Svjetlotehni%C4%8Dki-priru%C4%8Dnik-Katalog-energetski-u%C4%8Dinkovite-rasvjete-sije%C4%8Danj-2013..pdf> (pristupljeno: 15.10.2023.)
- [46] A. Čukušić, Vrste rasvjete, Završni rad, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2020., str. 12-13.
- [47] M. Ivanković, Projektiranje električne instalacije u ugostiteljskom objektu, Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Osijek, 2019., str. 15-19.
- [48] Ppt predavanja doc. dr. sc. Tahir Sofilić, Svjetlost u radnom okolišu
- [49] Pravilnik o ispitivanju radnog okoliša (NN br. 16/2016)
- [50] L. Božanović, Projektiranje rasvjete u unutrašnjim radnim prostorima, Završni rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek, Osijek, 2023., str. 3.
- [51] Hrvatski zavod za norme, Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 1. dio: Unutrašnji radni prostori (EN 12464-1), Zagreb, 2021.
- [52] I. Simetić, Proračun i mjerenje rasvjete, Završni rad, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Tehnički fakultet u Puli, Pula, 2022., str. 25.
- [53] <https://hip.hr/testo-545/> (pristupljeno: 05.03.2024.)
- [54] <https://www.testo-direct.com/product/testo-0560-0545-light-meter-logger> (pristupljeno: 08.03.2024.)
- [55] <https://static.testo.com/image/upload/Instruction-manual-and-Software/Instruction-manuals/testo-545-instruction-manual-8068.pdf> (pristupljeno: 09.03.2024.)

7. ŽIVOTOPIS

Osobni podaci:

Ime i prezime: Lovro Zadrović
Datum i mjesto rođenja: 13.7.1983., Sisak
Adresa: A. G. Matoša 19, 44000 Sisak
Telefon: 091 940 3895
E-mail: zadrovic@gmail.com

Obrazovanje:

1990. - 1998. – Osnovna škola „Viktorovac“ Sisak
1998. - 2003. – Opća gimnazija Sisak, Sisak
2019. - 2022. – Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Preddiplomski Sveučilišni studij Sigurnost, zdravlje na radu i radni okoliš
2022. - 2024.– Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Diplomski Sveučilišni studij Sigurnost, zdravlje na radu i radni okoliš

Radno iskustvo:

D.E.A.M. Pletačko – trikotažerski obrt i servis strojeva (2018. - 2022.)
Agro Simpa d.o.o. (2022. - nadalje)

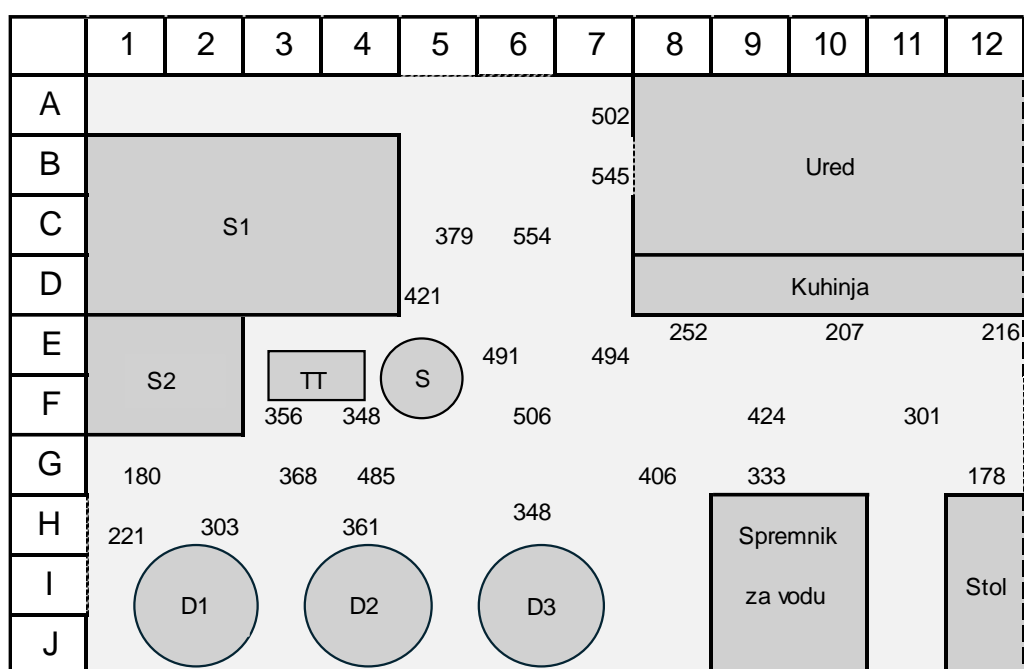
Digitalne vještine:

Microsoft Office (Word, Excel, PPP)
AutoCad, Corel, Adobe Photoshop, Adobe Audition CC
Strani jezik: Engleski
Vozačka dozvola: B kategorija

8. PRILOZI

Prilog 1.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|----------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Pogon 1 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 78,04 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Danju |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 300 |
| 6. | Metoda mjerenja: | U paralelnim linijama - šnitanje |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 10 / 10 LED; strop (h = 5,46 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 100% čista |



Legenda:

Vrata Prozor - - - - -

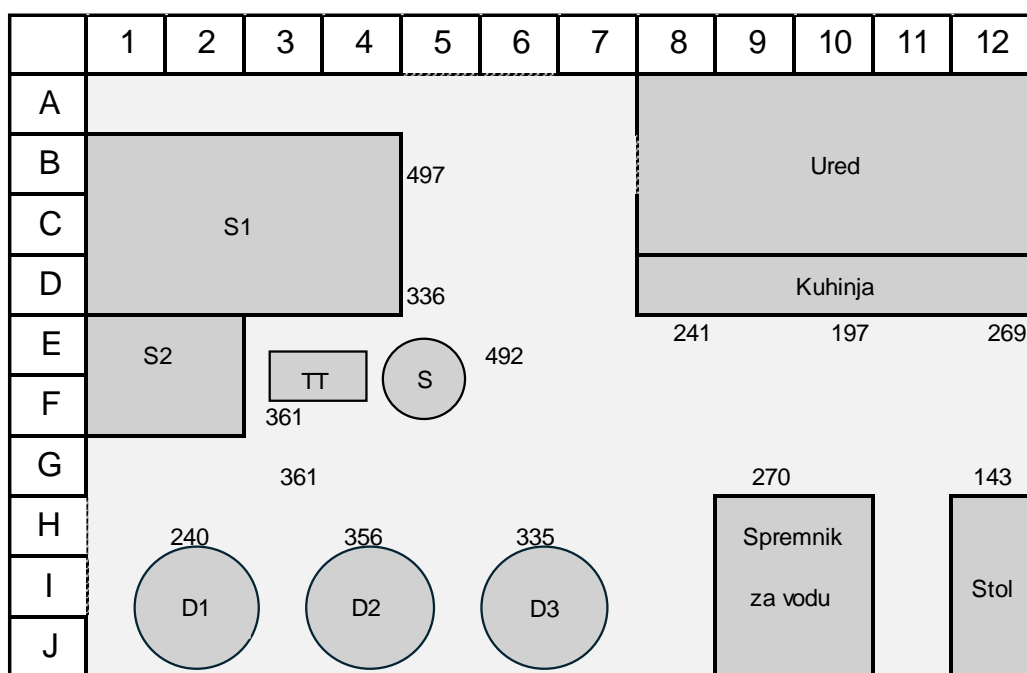
S1 – Stroj 1, S2 – Stroj 2, TT – transportna traka, S – stol, D1– duplikator 1,
D2 – duplikator 2, D3 – duplikator 3

| | | |
|----|---|-------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 367 - zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 554 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 178 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 2.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Pogon 1 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 78,04 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Danju |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 300 |
| 6. | Metoda mjerenja: | Mjerenje po pozicijama - točkasto |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 10 / 10 LED; strop (h = 5,46 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 100% čista |



Legenda:

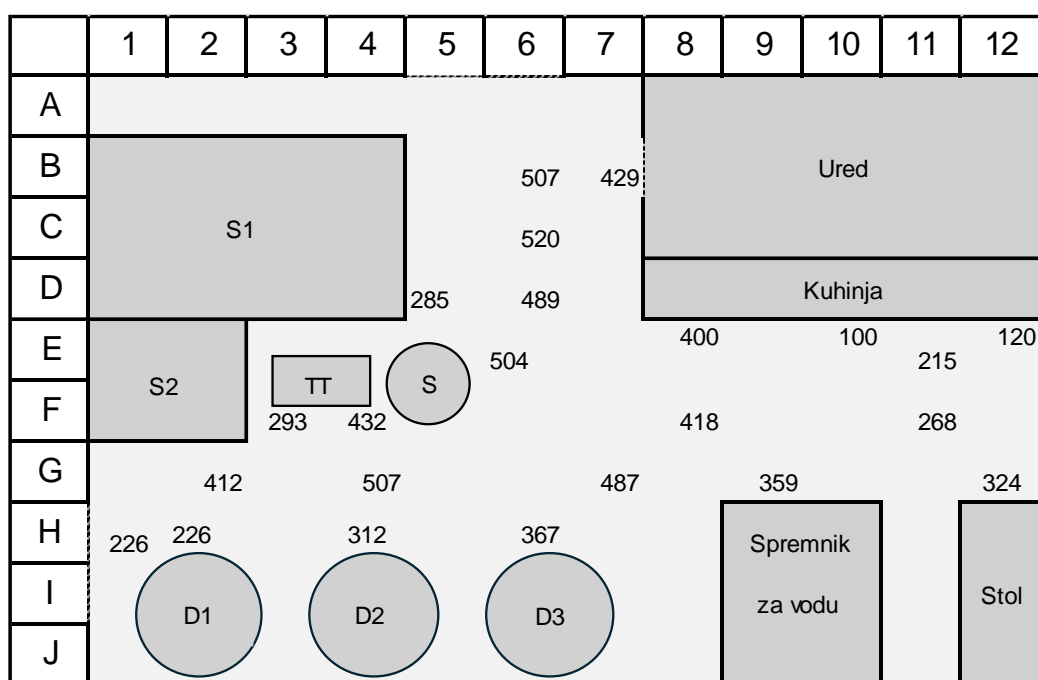
| | | | |
|--|-------|--------|-------|
| Vrata | | Prozor | ----- |
| S1 – Stroj 1, S2 – Stroj 2, TT – transportna traka, S – stol, D1– duplikator 1, D2 – duplikator 2, D3 – duplikator 3 | | | |

| | | |
|----|---|-------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 312 - zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 497 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 143 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 3.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|----------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Pogon 1 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 78,04 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Noću |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 300 |
| 6. | Metoda mjerenja: | U paralelnim linijama - šnitanje |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 10 / 10 LED; strop (h = 5,46 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 100% čista |



Legenda:

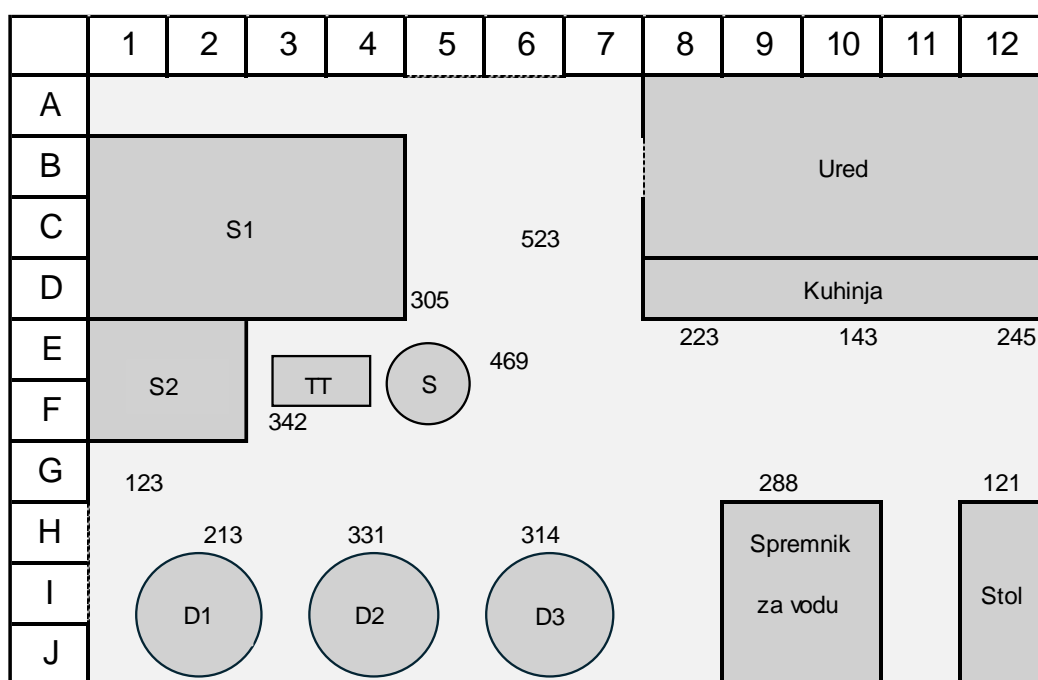
| | | | |
|--|-------|--------|-------|
| Vrata | | Prozor | ----- |
| S1 – Stroj 1, S2 – Stroj 2, TT – transportna traka, S – stol, D1– duplikator 1, D2 – duplikator 2, D3 – duplikator 3 | | | |

| | | |
|----|---|-------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 357 – zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 520 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 100 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 4.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Pogon 1 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 78,04 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Noću |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 300 |
| 6. | Metoda mjerenja: | Mjerenje po pozicijama - točkasto |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 10 / 10 LED; strop (h = 5,46 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 100% čista |



Legenda:

Vrata Prozor - - - - -

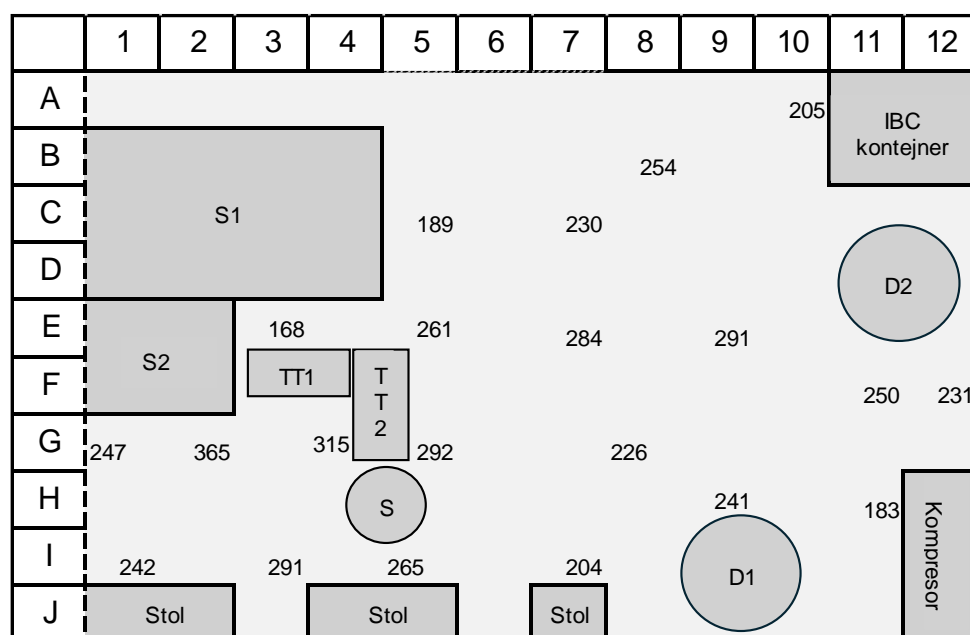
S1 – Stroj 1, S2 – Stroj 2, TT – transportna traka, S – stol, D1– duplikator 1,
D2 – duplikator 2, D3 – duplikator 3

| | | |
|----|---|----------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 281 – ne zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 532 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 121 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja ne odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 5.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|------------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Pogon 2 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 93,4 |
| 4. | Mjerenje unutar 24 sata | Danju |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 300 |
| 6. | Metoda mjerenja: | U paralelnim linijama - šnitiranje |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 8 / 8 LED; strop (h = 5,35 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 100% čista |



Legenda:

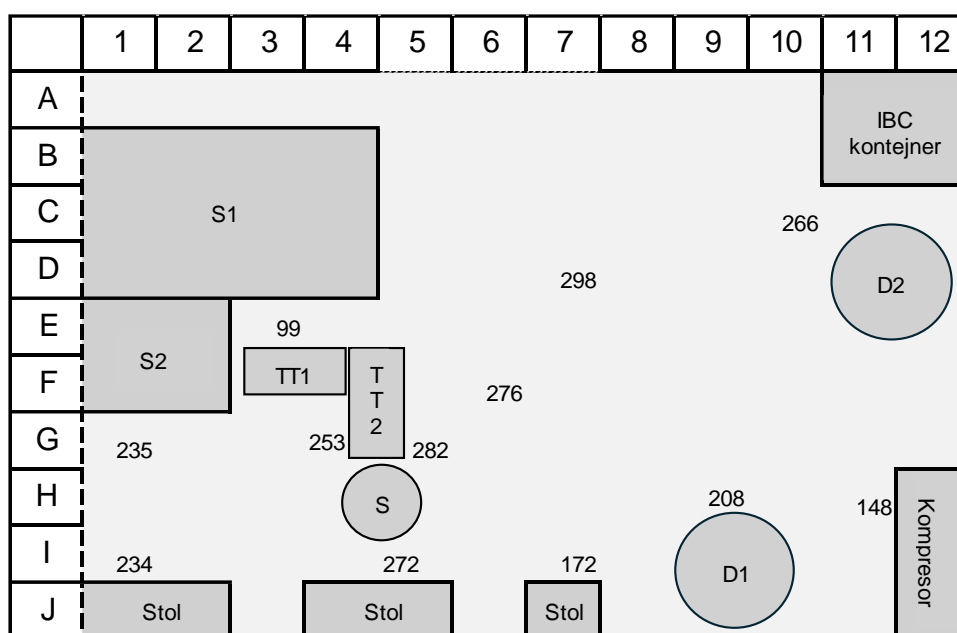
| | | | |
|--|-------|--------|-------|
| Vrata | | Prozor | ----- |
| S1 – Stroj 1, S2 – Stroj 2, TT1– transportna traka 1, TT2– transportna traka 2, S – stol, D1 – duplikator 1, D2 – duplikator 2 | | | |

| | | |
|----|---|----------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 249 – ne zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 356 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 168 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja ne odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 6.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Pogon 2 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 93,4 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Danju |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 300 |
| 6. | Metoda mjerenja: | Mjerenje po pozicijama - točkasto |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 8 / 8 LED; strop (h = 5,35 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 100% čista |



Legenda:

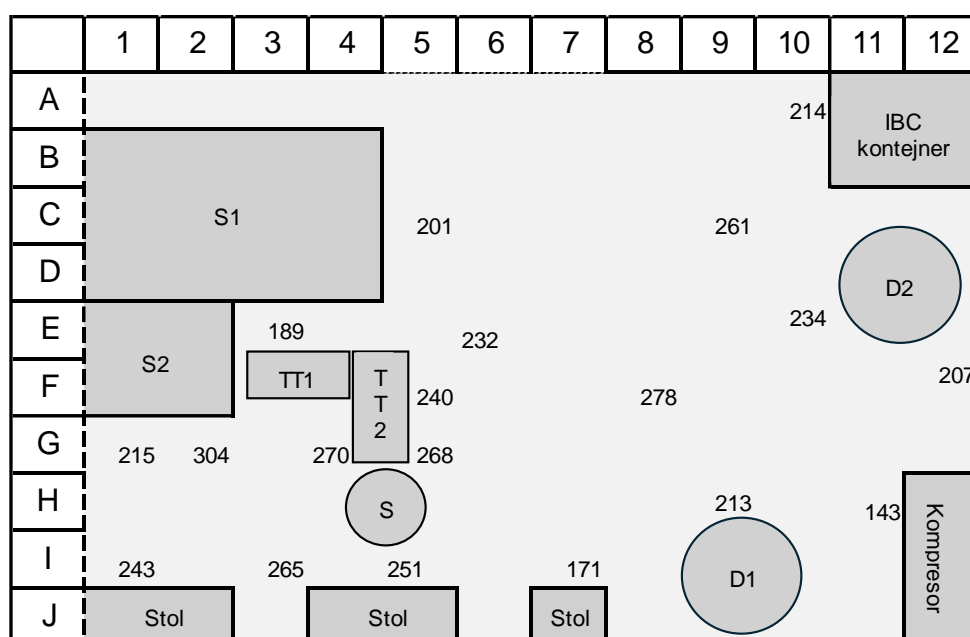
| | | | |
|---|-------|--------|-------|
| Vrata | | Prozor | ----- |
| S1 – Stroj 1, S2 – Stroj 2, TT1– transportna traka 1, TT2– transportna traka 2, S – stol, D1 – duplikator 1, D2 – duplikator 2 | | | |

| | | |
|----|---|----------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 229 – ne zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 298 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 99 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja ne odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 7.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|----------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Pogon 2 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 93,4 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Noću |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 300 |
| 6. | Metoda mjerenja: | U paralelnim linijama - šnitanje |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 8 / 8 LED; strop (h = 5,35 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 100% čista |



Legenda:

Vrata Prozor - - - - -

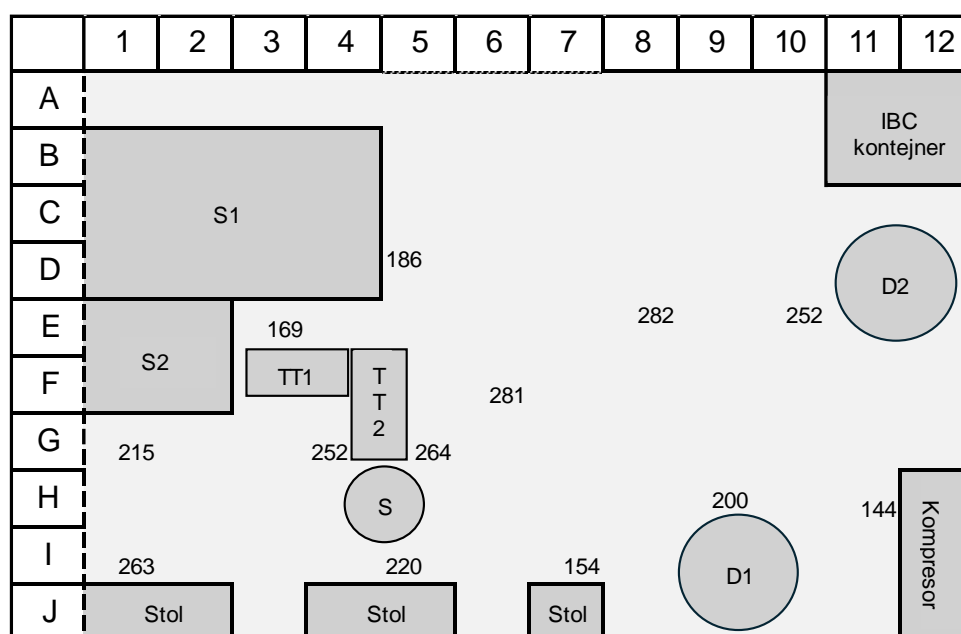
S1 – Stroj 1, S2 – Stroj 2, TT1– transportna traka 1, TT2– transportna traka 2, S – stol,
D1 – duplikator 1, D2 – duplikator 2

| | | |
|----|---|----------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 232 – ne zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 304 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 143 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja ne odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 8.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Pogon 2 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 93,4 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Noću |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenje (lx): | 300 |
| 6. | Metoda mjerenja: | Mjerenje po pozicijama - točkasto |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 8 / 8 LED; strop (h = 5,35 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 100% čista |



Legenda:

| | |
|---|------------------|
| Vrata | Prozor - - - - - |
| S1 – Stroj 1, S2 – Stroj 2, TT1– transportna traka 1, TT2– transportna traka 2, S – stol, D1 – duplikator 1, D2 – duplikator 2 | |

| | | |
|----|---|----------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 218 – ne zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 282 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 144 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja ne odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 9.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Skladište 1 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 225,4 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Danju |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 100 |
| 6. | Metoda mjerenja: | Paralelno u linijama - šnitiranje |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 8 / 9 LED; strop (h = 5,53 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 89 % čista |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|----|---|-----|-----|--------|-----|---|-----|----|-----|-----|----------|
| A | | | | | Polica | | | | | | | Hladnjak |
| B | | | | | Polica | | | | | | | Hladnjak |
| C | 32 | | 57 | 48 | 51 | 78 | | 105 | 97 | 109 | 95 | 61 |
| D | | | | | Polica | | | | | | | Hladnjak |
| E | | | | | Polica | | | | | | 69 | Hladnjak |
| F | 57 | | 117 | 121 | | 145 | | 142 | | 128 | 137 | 74 |
| G | | | | | Polica | | | | | | | Hladnjak |
| H | | | | | Polica | | | | | | | Hladnjak |

Legenda:

| | |
|-------------|------------------|
| Vrata | Prozor - - - - - |
|-------------|------------------|

| | | |
|----|---|-----------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 90,7 – ne zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 145 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 32 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja ne odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 10.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Skladište 1 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 225,4 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Danju |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 100 |
| 6. | Metoda mjerenja: | Mjerenje po pozicijama - točkasto |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 8 / 9 FC; strop (h = 5,53 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 89 % čista |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|--------|----|-----|---|-----|----|----------|----|
| A | | | | | Polica | | | | | | Hladnjak | |
| B | | | | | Polica | | | | | | Hladnjak | |
| C | | | | | 15 | 82 | | | 102 | | | 57 |
| D | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | 120 | | 151 | | | 75 | | |
| G | | | | | Polica | | | | | | | |
| H | | | | | Polica | | | | | | | |

Legenda:

Vrata Prozor - - - - -

| | | |
|----|---|---------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 86 – ne zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 151 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 15 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja ne odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 11.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|---------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Skladište 1 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 225,4 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Noću |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 100 |
| 6. | Metoda mjerenja: | Paralelno u linijama - šnitanje |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 8 / 9 FC; strop (h = 5,53 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 89 % čista |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----------|
| A | | | | | Polica | | | | | | | Hladnjač |
| B | | | | | Polica | | | | | | | Hladnjač |
| C | 43 | 75 | 69 | 63 | 72 | 88 | 106 | 100 | 110 | 79 | 55 | |
| D | 22 | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | 96 | | 60 | |
| F | 79 | 112 | 120 | 145 | 143 | 138 | 140 | 135 | 134 | 100 | 69 | |
| G | | | | | Polica | | | | | | | |
| H | | | | | Polica | | | | | | | |

Legenda:

| | |
|-------------|------------------|
| Vrata | Prozor - - - - - |
|-------------|------------------|

| | | |
|----|---|-----------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 94,1 – ne zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 145 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 22 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja ne odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 12.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Skladište 1 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 225,4 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Noću |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 100 |
| 6. | Metoda mjerenja: | Mjerenje po pozicijama - točkasto |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 8 / 9 FC; strop (h = 5,53 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 89 % čista |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|----|---|---|---|--------|---|-----|---|----|----|----|----------|
| A | | | | | Polica | | | | | | | Hladnjač |
| B | | | | | Polica | | | | | | | |
| C | 17 | | | | 37 | | 69 | | 95 | | 59 | |
| D | | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | 116 | | 131 | | 71 | | | |
| G | | | | | Polica | | | | | | | |
| H | | | | | Polica | | | | | | | |

Legenda:

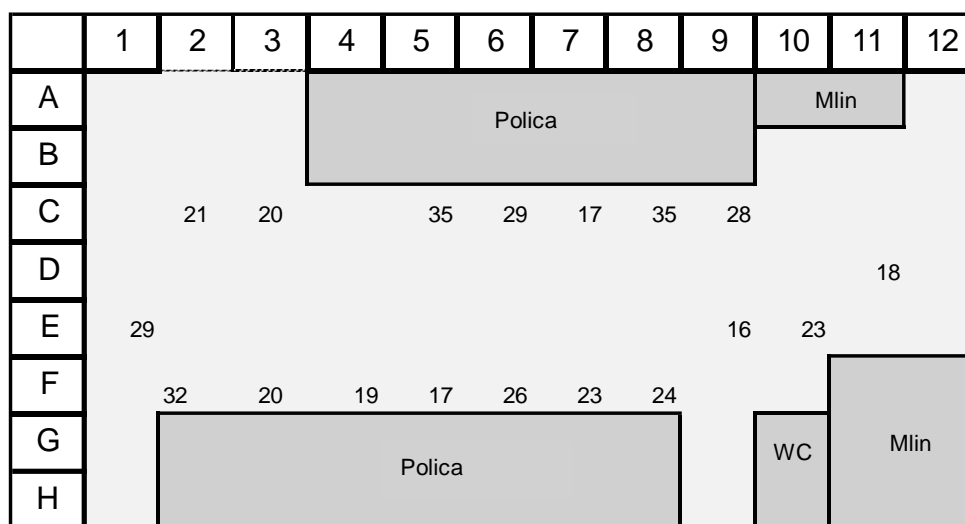
| | |
|-------------|------------------|
| Vrata | Prozor - - - - - |
|-------------|------------------|

| | | |
|----|---|-----------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 74,4 – ne zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 131 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 17 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja ne odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 13.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|---------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Skladište 2 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 333,4 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Danju |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 100 |
| 6. | Metoda mjerenja: | Paralelnu u linijama - šnitanje |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 12 / 12 FC; strop (h = 5,32 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 100 % čista |



Legenda:

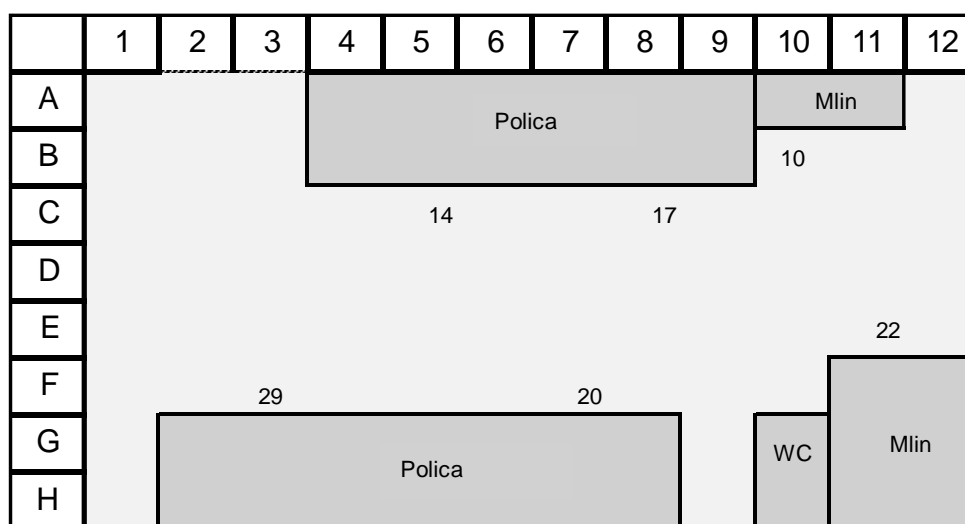
| | |
|-------------|------------------|
| Vrata | Prozor - - - - - |
|-------------|------------------|

| | | |
|----|---|---------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 24 – ne zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 35 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 16 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja ne odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 14.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Skladište 2 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 333,4 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Danju |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 100 |
| 6. | Metoda mjerenja: | Mjerenje po pozicijama - točkasto |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 12 / 12 FC; strop (h = 5,32 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 100 % čista |



Legenda:

| | | | |
|-------|-------|--------|-------|
| Vrata | | Prozor | ----- |
|-------|-------|--------|-------|

| | | |
|----|---|-----------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 18,7 – ne zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 29 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 10 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja ne odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 15.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Skladište 2 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 333,4 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Noću |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 100 |
| 6. | Metoda mjerenja: | Paralelno u linijama - šnitiranje |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 12 / 12 FC; strop (h = 5,32 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 100 % čista |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|--------|--------|----|----|----|----|----|----|----|------|------|----|
| A | Polica | | | | | | | | | Mlin | | |
| B | 23 | Polica | | | | | | | | | 9 | 8 |
| C | 19 | 14 | 10 | 24 | 16 | 11 | 14 | 26 | 21 | | | |
| D | 23 | 11 | | 25 | | | | | | | | |
| E | 20 | 16 | | | | | | | | 15 | 10 | 9 |
| F | 11 | 10 | 16 | 23 | 22 | 17 | 8 | 10 | 17 | 19 | Mlin | |
| G | Polica | | | | | | | | | WC | Mlin | |
| H | Polica | | | | | | | | | WC | Mlin | |

Legenda:

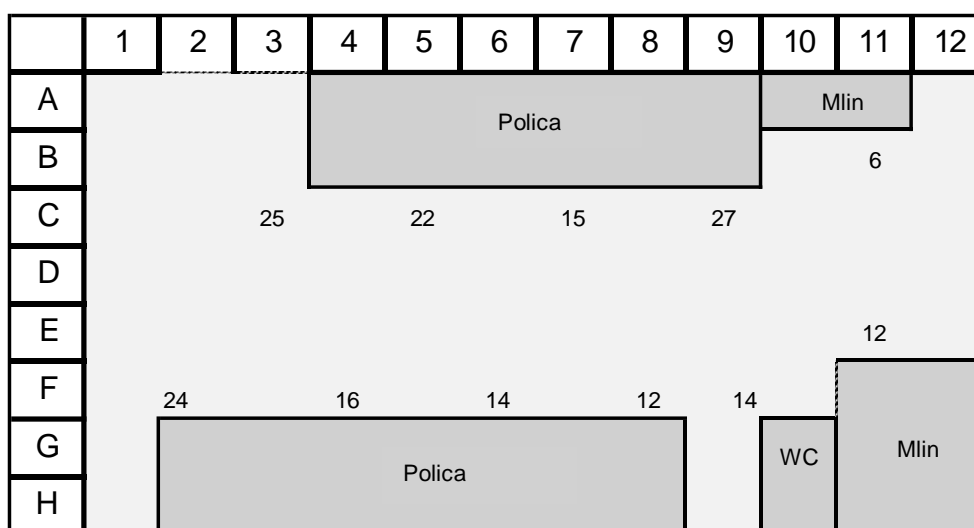
Vrata Prozor - - - - -

| | | |
|----|---|-----------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 15,9 – ne zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 26 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 8 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja ne odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 16.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Skladište 2 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 333,4 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Noću |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 100 |
| 6. | Metoda mjerenja: | Mjerenje po pozicijama - točkasto |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 12 / 12 FC; strop (h = 5,32 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 100 % čista |



Legenda:

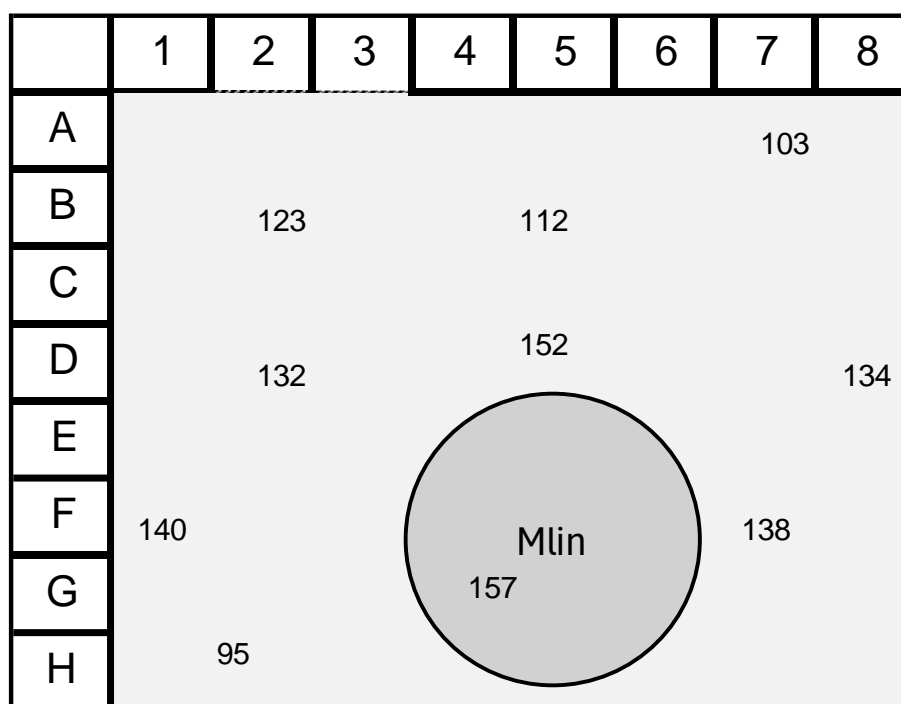
| | |
|-------------|------------------|
| Vrata | Prozor - - - - - |
|-------------|------------------|

| | | |
|----|---|---------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 17 – ne zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 27 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 6 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja ne odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 17.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|--------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Mlin 1 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 8,9 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Danju |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 50 |
| 6. | Metoda mjerenja: | Paralelnim linijama - šnitanje |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 2 / 2 LED; strop (h = 2,98 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 100 % čista |



Legenda:

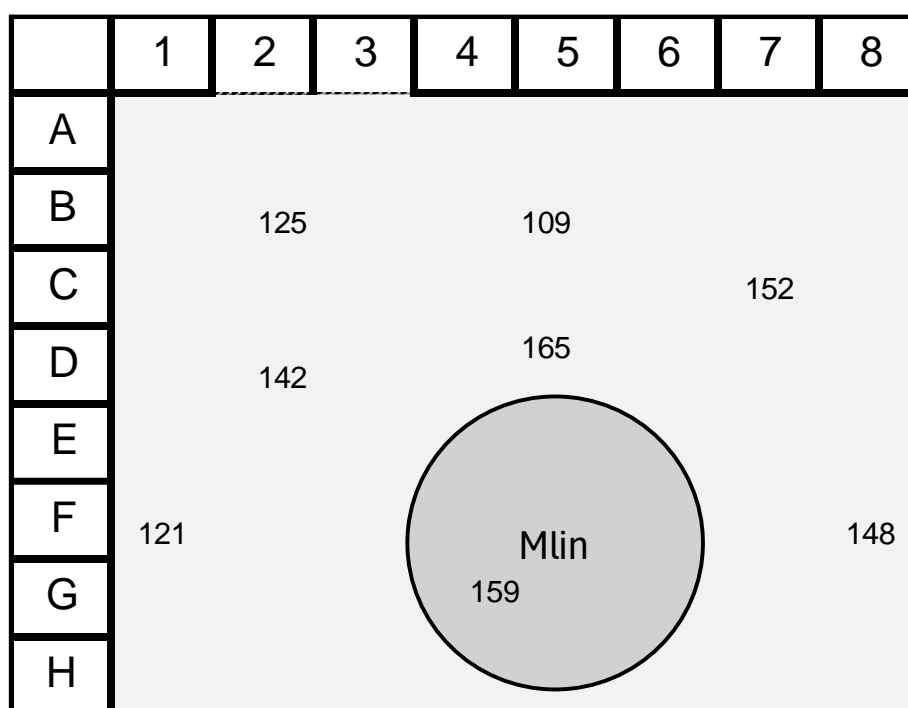
| | | | |
|-------|-------|--------|-------|
| Vrata | | Prozor | ----- |
|-------|-------|--------|-------|

| | | |
|----|---|-------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 129 – zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 157 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 95 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 18.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Mlin 1 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 8,9 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Danju |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenošću (lx): | 50 |
| 6. | Metoda mjerenja: | Mjerenje po pozicijama - točkasto |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 2 / 2 LED; strop (h = 2,98 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 100 % čista |



Legenda:

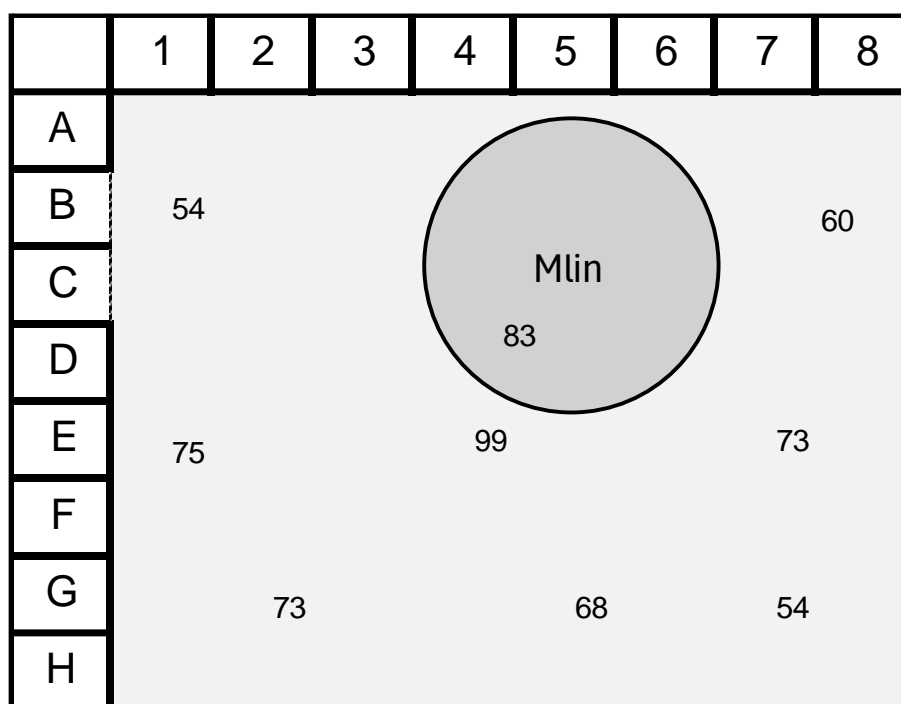
| | | | |
|-------|-------|--------|-------|
| Vrata | | Prozor | ----- |
|-------|-------|--------|-------|

| | | |
|----|---|-------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 140 – zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 165 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 109 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 19.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|---------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Mlin 2 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 9,8 |
| 4. | Mjereno unutar 24 sata | Danju |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 50 |
| 6. | Metoda mjerenja: | Paralelno u linijama - šnitanje |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 2 / 2 LED; strop (h = 2,90 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 100 % čista |



Legenda:

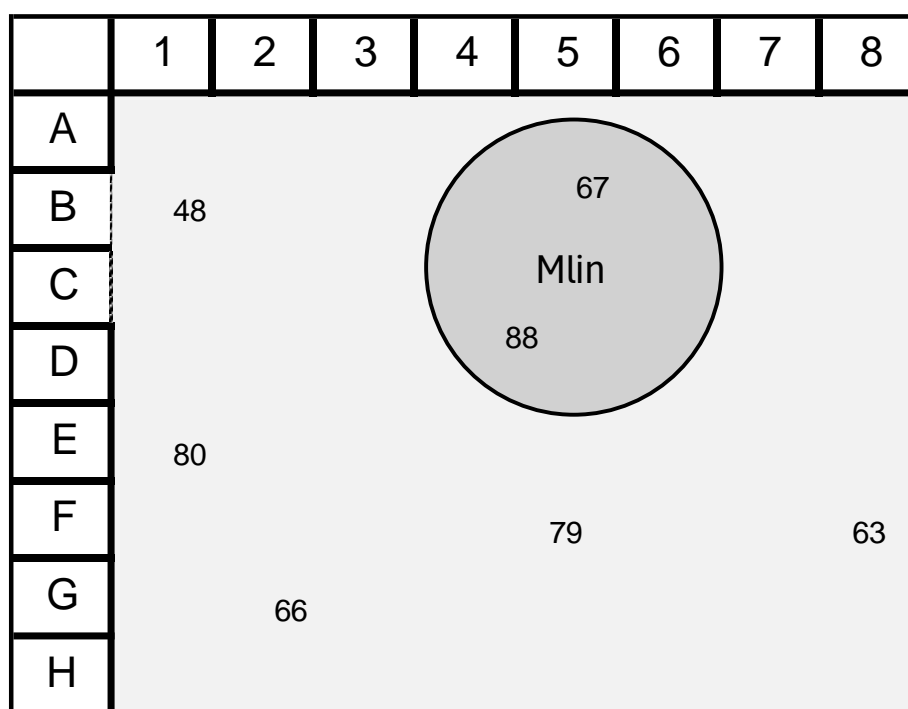
| | | | |
|-------|-------|--------|-------|
| Vrata | | Prozor | ----- |
|-------|-------|--------|-------|

| | | |
|----|---|------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 71 – zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 99 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 54 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja odgovaraju zahtjevima iste.

Prilog 20.

| ZAPISNIK O PROVEDENOM MJERENJU | | |
|--------------------------------|--|-----------------------------------|
| 1. | Mjerno mjesto | Mlin 2 |
| 2. | Datum mjerenja: | 30.08.2023. |
| 3. | Površina (m ²): | 9,8 |
| 4. | Mjerenje unutar 24 sata | Danju |
| 5. | Zahtjev za osvjetljenost (lx): | 50 |
| 6. | Metoda mjerenja: | Mjerenje po pozicijama - točkasto |
| 7. | Električna instalacija za osvjetljenje i smještaj: | 2 / 2 LED; strop (h = 2,90 m) |
| 8. | Postotak ispravnih rasvjetnih tijela i čistoća | 100 % čista |



Legenda:

| | |
|-------------|------------------|
| Vrata | Prozor - - - - - |
|-------------|------------------|

| | | |
|----|---|--------------------|
| 1. | Prosječna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 70,1 – zadovoljava |
| 2. | Maksimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 88 |
| 3. | Minimalna osvjetljenost od općeg osvjetljenja (lx) | 48 |

Komentar: Na temelju obavljenog mjerenja, kao i usporedbe rezultata sa zahtjevima Norme „Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio: Unutrašnji radni prostori“ (HRN EN 12464-1:2021) ustanovljeno je da kvalitativna svojstva električnog osvjetljenja odgovaraju zahtjevima iste.