

Merenje kvaliteta osvetljenosti radne površine u kancelariji

1. Marina Tripković
Laboratorija za optoelektroniku
Tehnički opitni centar
Beograd, Srbija
marinamakitripkovic9@gmail.com

2. Milena Jovanović
Laboratorija za optoelektroniku
Tehnički opitni centar
Beograd, Kraljevo
milenaqv1996@gmail.com

Abstract— U svakodnevnom životu se često zanemaruje ili nedovoljno poklanja pažnja u obezbeđivanju pravilnog, odnosno kvalitetnog osvetljenja na radnim površinama u kancelarijama. U Republici Srbiji se koriste različiti standardi za proveru osvetljenosti radnih površina i to u zavisnosti od vremenskog perioda kada je zgrada izgrađena. Razvojem tehnologije novih tipova osvetljenja, kao na primer LED sijalica se javlja potreba definisanja merne metode za ispitivanje novog tipa osvetljenja u skladu sa zahtevima starijih standarda. Predmet ovog rada je upravo prikaz jednog takvog merenja, gde su u kancelariji merene vrednosti osvetljaja radne površine nakon zamene sijalica sa Volfamovom niti odgovarajućim LED panelima. Ispitivanje je rađeno u skladu sa zahtevima standarda za dnevno i električno osvetljenje SRPS U.C9.100 iz 1963. godine.

Ključne reči— osvetljenost; ravnomernost osvetljenja; faktor dnevne osvetljenosti; luminansija (bleštavost).

I. UVOD

Prema definiciji Inženjerskog udruženja za osvetljenje (IES) svetlost je "energija zračenja koja je u stanju da pobudi retinu oka i da proizvede osećaj vida" [1]. Kvalitetnom osvetljenju doprinosi jako, ujednačeno i konstantno svetlo [2]. Jačina svetla zavisi od delatnosti i radne aktivnosti koja se realizuje na radnim mestima. Jačina osvetljenja zavisi od broja luksa (luks odgovara osvetljenju neke površine na koju pada svetlost jačine jedne sveće sa udaljenosti od (1m) [3]. Osvetljenost (veličina koja predstavlja odnos svetlosnog fluksa i površine koju osvetljava) ravnih mesta treba da varira 40-500 luksa (lx), a za obavljanje vrlo preciznih poslova i do 2000 luksa (lx). [4] Ujednačeno osvetljenje podrazumeva pravilno rasporedjenu svetlost tako da predmet rada i okolina nema veliku razliku u intenzitetu osvetljenja čime se izbegava osenčavanje predmeta rada. Kvalitet osvetljenosti zavisi od boje veštačkog osvetljenja kojim se osvetljava merna ravan (kancelarija). Prvenstveno treba koristiti belu ili mešanu svetlost za osvetljenje kancelarije.

Osvetljenje je važan faktor radne sredine, u ovom sličaju kancelariji i neophodan uslov za obavljanje procesa rada [5]. Nepravilno osvetljenje, osim što negativno utiče na vid i na psihološko stanje čoveka, dovodi do smanjene produktivnosti rada. Najbolje je da se radni procesi odvijaju pri dnevnom svetlu, ali kako to nije moguće uvek osvetljava se mora se koristiti adekvatno veštačko osvetljenje. Najbolje je da sva radna mesta u kancelariji imaju u najvećoj mogućoj meri dovoljno prirodne svetlosti, u suprotnom moraju biti opremljene izvorima

veštačkog osvetljenja koje obezbeđuje adekvatnu osvetljenost i zdrave uslove za rad.

Pravilno osvetljenje radnog prostora treba da obezbedi:

- zaštitu čula vida;
- smanji zamor čula vida;
- omogući veću preciznost na poslu i umanjiti broj grešaka;
- povećava produktivnost u svim poslovima.

Prilikom osvetljenja radnim mesta dnevnom svetlošću potrebno je pridržavati se određenih pravila radi veće iskorišćenosti dnevne svetlosti:

- sunčeva svetlost ne sme direktno da pada na radnu površinu, jer oštećuje čulo vida;
- dnevno osvetljenje treba da dolazi sa severne strane, jer je najdifuznije i sa najmanjim oscilacijama;
- količina svetlosti koja dopire preko prozorskih otvora, mora biti uskladjena sa dimenzijama kancelarije kao i udaljenosti prozora od radne površine.

Da bi procenili kvalitet osvetljenja na radnoj površini u kancelariji sprovedena su sledeća merenja:

- Merenje osvetljenosti pri dnevnom osvetljenju;
- Određivanje ravnomernosti dnevnog osvetljenja;
- Određivanje odnosa luminancija (bleštavosti) pri dnevnom osvetljenju;
- Merenje osvetljenosti pri električnom osvetljenju;
- Određivanje ravnomernosti električnog osvetljenja;
- Određivanje odnosa luminancija (bleštavosti) pri električnom osvetljenju. [6]

II. MERENJE OSVETLJENOSTI PRI DNEVNOM OSVETLJENJU

Merenje osvetljenosti radnih površina je vršeno u ispitnom radnom prostoru u kome se koristi samo opšte osvetljenje za obavljanje kancelarijskih radova. Opšte osvetljenje je osvetljenje kojim se što ravnomernije osvetljava cela prostorija.



Sl. 1 Opitna kancelarija

Merenje osvetljenosti je vršeno pri dnevnom osvetljenju, pri čemu je određena i ravnomernost dnevne osvetljenosti, a takodje i pri električnom osvetljenju.[7],[8]. U prostoriji postoji jedno radno mesto i opšte osvetljenje je izvedeno pomoću dva LED panela od 38 W na plafonu prostorije. S obzirom da, intenzitet osvetljenja ne zavisi od napona distributivne mreže, tako da napon napajanja nije meren.

Merenja su izvršena digitalnim luksmetrom koji se sastoji od mernog instrumenta i detektorske sonde. [9]

Tehnički podaci za DIGILUX 9500 A30 ser. br.

0049.14.502:

1. merni opsezi, 200mlx sa rezolucijom 0,01mlx;
2lx sa rezolucijom 0,1 mlx; 20 lx, 200 lx, 2 klx, 20 klx i
200 klx (merni opsezi se mogu birati ručno ili automatski);
2. tačnost merenja. greška je manja od 4%.

Tačnost merenja je na svim opsezima merenja manja od $\pm 4\%$ što je znato bolje od tačnosti zahtevane u standardu SRPS U.C9.100, tač.6.($\pm 10\%$).

SRPS U.C9.100 ovaj standard služi za ocenu, projektovanje, održavanje i ispitivanje dnevnog i električnog osvetljenja prostorija u Tehničkom opitnom centru. U standardu se nalazi odredba čija primena treba da omogući dobro vidjenje, tj. tačno i brzo opažanje uz što manji zamor očiju.



Sl. 2. DIGILUX 9500 A30

Pri ispitivanju kvaliteta dnevnog osvetljenja vrši se merenje osvetljenosti, određivanje ravnomernosti osvetljenja i određivanje odnosa luminancija (bleštavosti). Zgrada u kojoj

se nalazi radna prostorija (kancelarija) treba da bude postavljena tako da dnevna svetlost može bez smetnji da dopre do svih svetlosnih površina. Step en zaprljanosti stakla ne sme da uzorkuje smanjene faktora dnevne svetlosti ispod vrednosti navedenih u tabeli 1. Radna mesta treba da budu razmeštena tako da se telom ili predmetom ne osenči radno mesto, da se svetlost od površine ne zaklanja predmetima, da pri osmatranju radnog zadatka nema bleštanja od svetlosnih i glatkih površina, refleksa ili jakih kontrasta u vidnom polju i da se ispred radnog mesta ne nalazi bleštava svetlosna površina, u koliko radno mesto to izričito ne zahteva.

Za vršenje određene delatnosti pri dnevnom osvetljenju (ili pri dnevnom osvetljenju sa dopunskim električnim osvetljenjem) prosečne osvetljenosti u luksima (lx) i faktori dnevne osvetljenosti u (%) moraju biti u skladu sa zahtevima iz sledeće tabele.

TABELA 1 ZAHTEVI ZA OSVETLJENOST I FACTOR DNEVNE OSVETLJENOSTI

Zahtevi	Osvetljenost (lx)	Faktor dnevne osvetljenosti (%)
Veoma mali	30 do 50	0,6 do 1,0
Mali	50 do 80	1,0 do 1,6
Srednji	80 do 150	1,6 do 3,0
Veliki	150 do 300	3,0 do 6,0
Veoma veliki	300 do 600	6,0 do 12,0
Izvanredno veliki	preko 600	preko 12,0

NAPOMENA: Vrednost faktora dnevne osvetljenosti sračunate su u odnosu na prosečnu horizontalnu dnevnu osvetljenost od 5000lx. Horizontalna dnevna osvetljenost je spoljašnja osvetljenost pod otvorenim nebom u horizontalnoj ravni.

Vrednosti u Tabeli 1 odnose se na ravnu ravan kritičnog radnog mesta.

Postupak merenja sastoji se u sledećem:

- Postupak merenja sastoji se u sledećem: Utvrđeno je da u radnom prostoru (kancelariji) postoji jedno radno mesto;
- Na ovom radnom mestu, odnosno mernoj ravni (na visini 0,85 m) iznad poda izmerena je digitalnim luksmetrom osvetljenost u luksima (lx);
- Izmerene vrednosti su upoređene sa zahtevanim vrednostima iz Tabele 1.

III. REZULTATI MERENJA I TUMAČENJE

Spoljašnja horizontalna dnevna osvetljenost pod otvorenim nebom iznosi 6609 lx.

Faktor dnevne osvetljenosti u posmatranoj tački prostorije se izračunava po formuli:

$$T = \frac{E}{5000} * 100 \quad (1)$$

Zahtev za osvetljenost prema tabeli 1 (t. 7.16) iz SRPS U. C9. 100: 80 – 150 lx.

Zahtev za faktor dnevne osvetljenosti (FDO) prema tabeli 1 (t.7.16) iz SRPS U. C9 100: 1,6 - 3,0%.

Rezultati merenja osvetljenosti pri dnevnom osvetljenju dati su u Tabeli 2 - dnevno osvetljenje.

TABELA 2 DNEVNO OSVETLJENJE

Merene tačke	Izmerena osvetljenja(lx)						faktori dnevne osvetljenosti (%)
	broj merenja						
	1.	2.	3.	4.	5.	srednja vrednost	
Merna ravan T.1	18,0	18,1	19,0	18,9	18,8	18,6	-
Merna ravan T.2	53,4	55,3	57,0	58,0	57,5	56,2	-
Merna ravan T.3	167,5	171,4	173,0	174,5	173,1	171,9	-
Merna ravan T.4	325,4	324,3	326,4	327,1	329,2	326,5	-
Merna ravan T.5	715,7	722,3	739,4	752,7	747,8	735,6	-
Merna ravan T.6	385,4	387,3	381,9	370,9	368,7	378,8	-
Merna ravan T.7	1041,9	1038,7	1008,4	1013,5	996,8	1019,9	-
Srednja vrednost osvetljenosti u mernoj ravni						386,8	-
Radno mesto	490,2	338,6	501,9	389,7	690,5	482,2	7,3

Na osnovu rezultata merenja datih u tabeli utvrđeno je da ispitivani radni postor u pogledu osvetljenosti pri dnevnom osvetljenju ispunjava zahtev iz gore navedene tačke.

Na osnovu rezultata merenja datih u tabeli utrdjeno je da ispitivana merna ravan u pogledu faktora dnevne osvetljenosti ispunjava zahtev iz gore navedene tačke.

A. ODREĐIVANJE RAVNOMERNOSTI DNEVNOG OSVETLJENJA

Ravnomernost osvetljenja [10] neke ravni se izračunava po formuli.

$$R = \frac{E_{min}}{E_{sr}} \quad (2)$$

Najslabije osvetljena merna tačka radnog prostora ima osvetljenost 18,6 lx.

Prosečna osvetljenost radnog prostora je algebarska srednja vrednost osvetljenosti neke ravni i iznosi 426,5 lx.

Ravnomernost dnevne osvetljenosti se dobija deljenjem osvetljenosti najslabije osvetljenog mesta sa prosečnom osvetljenošću prostorije i iznosi 1:22,9.

Na osnovu rezultata merenja i proračunate ravnomernosti utvrđeno je da ispitivana merna ravan u pogledu ravnomernosti dnevne osvetljenosti ne ispunjava zahteve iz tačke 3.32 standarda SRPS U.C9.100.

B. ODREĐIVANJE ODNOSA LUMINACIJA (BLEŠTAVOSTI) PRI DNEVNOM OSVETLJENJU

Luminancija (blještavost) je količnik svetlosne jačine infinitezimalnog elementa površine u datom pravcu i ortogonalne projekcije površine tog elementa na ravan upravnu na dati pravac. [10]

Rezultati merenja osvetljenosti i odnosa luminancija pri dnevnom osvetljenju dati su u tabelama 3 i 4.

TABELA 3 OSVETLJENOSTI NA RADNOM MESTU

Radno mesto	Osvetlj. od glavnog vidnog polja (maks.) A	Osvetlj. od bliže okoline vidnog polja (min.) B	Osvetlj. od dalje okoline vidnog polja (min.) C	Osvetlj. od izvora svetlosti (maks.) D	Osvetlj. od susjednih površina u vidnom polju (min.) E	Min. osvetlj. od okoline F	Maks. osvetlj. od okoline G
1.	99,5	68,5	45,5	1420	440	32,6	

TABELA 4 ODNOSI LUMINACIJA

Radno mesto	Odnos A/B	Ispunjenje zahteva za A/B (da/ne)	Odnos A/C	Ispunjenje zahteva za A/C (da/ne)	Odnos D/E	Ispunjenje zahteva za D/E (da/ne)	Odnos F/G	Ispunjenje zahteva za F/G (da/ne)
1.	1,4	DA	2,2	DA	3,2	DA	14,6	DA

Na osnovu rezultata merenja i proračunatih odnosa luminancija utvrđeno je da ispitivana merna ravan u pogledu bleštanja pri dnevnom osvetljenju, ispunjava zahtev iz tačke 7.31 standarda SRPS U. C9. 100.

IV. MERENJE OSVETLJENOSTI PRI ELEKTRIČNOM OSVETLJENJU

Izvor električnog osvetljenja u ispitivanom radnom prostoru su 2 LED panela na plafonu prostorije.

Radni napon električnog osvetljenja nije meren, jer intenzitet svetla primenjenih svetiljki ne zavisi od napona napajanja iz distributivne mreže (napajaju se preko ispravljača).

Pri ispitivanju kvaliteta električnog osvetljenja vrši se merenje osvetljenosti, određivanje ravnomernosti osvetljenja i određivanje odnosa luminancija (bleštavosti).

Za vršenje određene delatnosti pri samo opštem osvetljenju ili pri opštem i dopunskom osvetljenju radnog mesta, prosečne osvetljenosti u prostorijama moraju biti trajno u skladu sa zahtevima iz sledeće tabele 5.

TABELA 5 PREMA SRPS U.C9.100

Zahtevi	Samo opšte osvetljenje		Opšte osvetljenje sa dupunskim osvetljenjem radnog mesta			
			Opšte osvetljenje		Dopunsko osvetljenje	
			Minimalna prosečna osvetljenost (lx)			
Veoma mali	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
	30	50	-	-	-	-
Mali	50	80	-	-	-	-
Srednji	80	150	30	50	150	300
Veliki	150	300	50	80	300	600
Veoma veliki	300	600	80	150	600	1000
Izvanredno veliki	-	-	150	300	preko	1000

NAPOMENA: Vrednosti osvetljenosti u kolonama označenim sa (a) važe za osvetljenje sa sijalicama sa užarenom niti, a vrednosti u kolonama označenim sa (b) za osvetljenje sa fluorescentnim cevima ili sličnim izvorima svetlosti više temperature boje.

Postupak merenja sastoji se u sledećem:

- na podu prostorije označiti merna mesta i utvrditi sva raspoloživa radna mesta;
- u radnom prostoru (na visini 0,85m iznad označenih mernih mesta) i na svim raspoložim radnim mestima, izmeriti digitalnim luksmetrom osvetljenost u luksima (lx) i
- izmerene vrednosti uporediti sa zahtevanim vrednostima iz tabele 5.

Rezultati merenja osvetljenosti pri električnom i dnevnom osvetljenju dati su u tabeli 6:

TABELA 6 OPŠTE OSVETLJENJE

Zahtev za osvetljenost prema tabeli 2 (tačka 3.13) iz SRPS U.C9.100: 80 lx							
merne tačke	izmerena osvetljenost (lx)						ispunjen zahtev (da/ne)
	broj merenja						
	1.	2.	3.	4.	5.	Sr. vredn.	
merna ravan t. 1	386,5	386,4	386,7	386,5	386,8	386,6	-
merna ravan t. 2	615,2	615,1	615,3	614,9	615,1	315,1	-
merna ravan t. 3	671,8	670,9	671,1	671,2	670,8	671,2	-
merna ravan t. 4	733,7	734,5	734,6	734,1	733,4	734,1	-
merna ravan t. 5	812,2	811,7	806,8				
merna ravan t. 6	805,1	805,0	804,6	803,9	805,4	804,8	-
merna ravan t. 7	968,7	968,4	968,4	968,3	965,0	967,8	-
srednja vrednost osvetljenosti u mernoj ravni						386,8	DA
radno mesto 1	860,6	652,7	718,1	803,9	1053,5	817,8	DA

Na osnovu rezultata merenja datih u Tabeli 6 utvrđeno je da ispitivani dati prostor u pogledu osvetljenosti, pri električnom i dnevnom osvetljenju ispunjava zahtev iz tačke 3.13 standarda SRPS U.C9.100.

Zahtev za osvetljenost prema tabeli 6 (tačka 3.13) iz SRPS U.C9.100: 80lx

A. ODREĐIVANJE RAVNOMERNOSTI ELEKTRIČNOG OSVETLJENJA

Zahtev za ravnomernost električnog osvetljenja prema tabeli 7 (tačka 3.32) iz SRPS U.C9.100 iznosi 1:2,5.

Najslabije osvetljena merna tačka radnog prostora pri opštem osvetljenju (električno i dnevno) ima osvetljenost 386,58lx.

Prosečna osvetljenost radnog prostora pri opštem osvetljenju (električno i dnevno) je 756,5 lx.

Radnomernost električnog osvetljenja pri opštem osvetljenju (električno i dnevno) je 1:1,96.

Na osnovu rezultata merenja i proračunate ravnomernosti utvrđeno je da ispitivana merna ravan u pogledu ravnomernosti električnog osvetljenja, ispunjava zahtev iz tačke 3.32 standarda SRPS U.C9.100 u slučaju kada se električno svetlo koristi kao dopuna dnevnom.

B. ODREĐIVANJE ODNOSA LUMINANCIJA (BLEŠTAVOSTI) PRI ELEKTRIČNOM OSVETLJENJU

Rezultati merenja osvetljenosti i odnosi luminancija pri opštem osvetljenju (električno i dnevno) dati su u tabelama 7 i 8.

TABELA 7 OSVETLJENOSTI NA RADNOM MESTU

Radno mesto	Osvetlj. od glavnog vidnog polja (maks.) A	Osvetlj. od bliže okoline vidnog polja (min.) B	Osvetlj. od dalje okoline vidnog polja (min.) C	Osvetlj. od izvora svetlosti (maks.) D	Osvetlj. od susednih površina u vidnom polju (min.) E	Min. osvetlj. od okoline F	Maks. svetlj. od okoline G
1.	99,5	68,5	45,5	1420	440	32,6	

TABELA 8 ODNOSI LUMINANCIJA (BLEŠTAVOST)

Radno mesto	Odnos A/B	Ispunjenje zahteva za A/B (da/ne)	Odnos A/C	Ispunjenje zahteva za A/C (da/ne)	Odnos D/E	Ispunjenje zahteva za D/E (da/ne)	Odnos F/G	Ispunjenje zahteva za F/G (da/ne)
1.	1,1	DA	0,8	DA	4,4	DA	8,4	DA

V. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata merenja i tumačenja zaključuje se da ispitivana merna ravan u pogledu osvetljenosti radne površine ima racionalno i pravilno postavljene svetiljke (dva LED panela). Na radnoj površini je dobro iskorišćena prirodna svetlost, a takodje je eliminisano bleštanje, odnosno smanjeno reflektovanje. Korišćenje LED panela, pokazano je ovim opitom, da je održivo i energetske efikasnije od običnih svetiljki, a samim tim i produktivnost u radu je znatno veća.

Measuring the quality of illumination of the working surface in the office

Marina Tripković, Milena Jovanović

LITERATURA

- [1] STEVAN MUŠICKI, DRAGANA SAJFERT, STRAHINJA CVIJANOVIĆ, ISTRAŽIVANJE UTICAJA OSVETLJENJA NA KVALITET RADA, STRUČNI ČLANAK, INDUSTRIJA 2/2011, STRANA 322.
- [2] DIDDONA P., RASVETA, ZBORNIK RADOVA SA KONFERENCIJE "PRILAGODJAVANJE RADA ČOVEKU", PANORAMA, ZAGREB, 1964, STRANA 325.
- [3] MEDJUNARODNI SISTEM JEDINICA (SI SISTEM), 1960.
- [4] SANDERS M., E. MCCORMICK: HUMAN FACTORS IN ENGINEERING AND DESIGN, MCGRAW- HILL, SINGAPORE, 1993.
- [5] MUŠICKI, M.S., ISTRAŽIVANJE UTICAJA ŽIVOTNE RADNE SREDINE KAO ČINILAC USPEŠNOG PROIZVODNOG PROCESA, MAGISTARSKI RAD, TEHNIČKI FAKULETET "MIHALNO PUPIN", ZRENJANIN, SRBIJA, 2009.
- [6] JELICA ČERNJAK, UPUTSTVO ZA KONTROLISANJE OSVETLJENOSTI RADNE POVRŠINE, TEHNIČKI OPITNI CENTAR, 2016, STRANE 5,6,7.
- [7] DRAGAN STAMENIĆ, UPUTSTVO ZA MERENJE OSVETLJENOSTI RADNOG PROSTORA, BEOGRAD, SRBIJA, 2005, STRANE 3, 6,5.
- [8] DNEVNO I ELEKTRIČNO OSVETLJENJE PROSTORIJA U ZGRADAMA, SRPS U.C9.100, XI-1962.
- [9] MILICA MARKOVIĆ, UPUTSTVO ZA RUKOVANJE DIGITALNIM LUKSMETROM DIGILUX 9500 A30, BEOGRAD, SRBIJA, 2022., STRANA 2.
- [10] DR NIKOLA TANASIĆ, METODE ISPITIVANJA USLOVA RADNE OKOLINE, BEOGRAD, SRBIJA, 2020.

ABSTRACT

In everyday life, it is often neglected or insufficient attention is paid to ensuring proper, that is, high-quality lighting on work surfaces in offices. In the Republic of Serbia, different standards are used to check the brightness of work surfaces, depending on the time period when the building was built. With the development of new types of lighting technology, such as LED bulbs, there is a need to define a measurement method for testing new types of lighting in accordance with the requirements of older standards. The subject of this paper is the presentation of one such measurement, where the lighting values of the working surface were measured in the office after replacing the light bulbs with Tungsten filaments and corresponding LED panels. The test was carried out in accordance with the requirements of the standard for daylight and electric lighting SRPS U.C9.100 from 1963.