
PARAMETRI VIDLJIVOSTI KAO KLJUČNI ASPEKT BEZBEDNOSTI
PEŠAČKIH PRELAZA

VISIBILITY PARAMETERS AS A KEY ASPECT OF SAFETY OF
PEDESTRIAN CROSSINGS

Vladan Škerović¹, Mirko Gordić², Nikola Galović³, Andrej Đuretić⁴

Rezime: Ovaj rad razmatra uticaj parametara vidljivosti na bezbednost pešačkih prelaza u noćnim uslovima. Osvetljenje pešačkih prelaza kao ključni preduslov za dobru vidljivost, kako samih prelaza, tako i objekata i pešaka, razmotren je u radu, odnosno kako određeni nivoi osvetljenosti utiču na vidljivost objekata i pešaka u okolini pešačkih prelaza. U radu su prikazani i analizirani rezultati fotometrijskih merenja parametara vidljivosti u okolini i na samim pešačkim prelazima. Poseban osvrt je dat na obeležavanje prelaza, odnosno vidljivost postavljenih oznaka u uslovima noćnog odvijanja saobraćaja. Cilj rada je ustanovljavanje objektivnih metoda merenja parametara vidljivosti pešačkih prelaza, što treba da doprinese bezbednosti saobraćaja, posebno bezbednosti dece pešaka, na pešačkim prelazima u okolini škola.

Ključne reči: vidljivost, osvetljenje, fotometrija, obeležavanje

Abstract: This paper discusses the impact of visibility parameters on safety of pedestrian crossings in night driving conditions. Lighting of pedestrian crossings as a key prerequisite for good visibility is discussed in this paper, and how a certain level of illuminance affect the visibility of objects and pedestrians in the area of pedestrian crossings. This paper presents and analyzes the results of photometric measurement of visibility in the area of pedestrian crossings. Special attention was given to the marking of pedestrian crossings, and visibility of the markings in terms of night traffic. The aim is to establish objective methods of measurement of visibility of the pedestrian crossing, which should contribute to road safety, particularly the safety of child pedestrians at pedestrian crossings near schools.

Keywords: visibility, lighting, photometry, marking

1 Dr Vladan Škerović, dipl. inž., AMSS-Centar za motorna vozila d.o.o. Beograd, vladan@cmv.rs

2 Mirko Gordić, dipl. inž., AMSS-Centar za motorna vozila d.o.o. Beograd, gordic@cmv.rs

3 Nikola Galović, dipl. inž., AMSS-Centar za motorna vozila d.o.o. Beograd, nikola@cmv.rs

4 mr Andrej Đuretić, dipl. inž., Minel-Schreder Beograd, a.djuretic@minel-schreder.rs

1. UVOD

Generalno je prepoznato da je vid najvažniji način čulnog opažanja koji se koristi za prikupljanje informacija u toku vožnje, obuhvatajući do 90% ukupno prikupljenih informacija.

Od velikog je značaja da oni objekti i pobude koje moraju biti uočene u cilju izvođenja uspešne i sigurne vožnje, budu ti koji će biti prvi uočeni i locirani od strane vozača [1].

Brojne studije rađene širom sveta su pokazale da se veliki procenat saobraćajnih nesreća u kojima stradaju pešaci događa noću pri lošim vidnim uslovima, kao i da adekvatno osvetljenje nesumnjivo povećava bezbednost učesnika u saobraćaju. Studija rađena 2010. godine u Evropskoj uniji pokazuje da svaki četvrti nastradali pešak strada na pešačkom prelazu [2].

Pešaci su najnezaštićeniji učesnici u saobraćaju, i potrebno je preduzeti sve mere kako bi se njihova bezbednost povećala. Pešački prelazi bi trebalo da budu mesta na kojima je bezbedno preći ulicu. Pešački prelaz treba da bude jasno uočljiv vozačima koji se približavaju prelazu i u dnevnim i u noćnim uslovima. Vozači moraju blagovremeno da uoče pešake, sa dovoljno velike udaljenosti, kako bi imali vremena da adekvatno odreaguju.

Dodatno osvetljenje pešačkog prelaza treba da omogući bolje uočavanje samog pešačkog prelaza, prilaza pešačkom prelazu i pešaka u ovoj oblasti. Posebnim osvetljenjem pešačkog prelaza skreće se dodatna pažnja vozaču na njegovo prisustvo, a pešaci u zonama prelaza i na delu trotoara ispred prelaza postaju vidljiviji.

Nažalost, ne postoji nijedan međunarodni standard ili preporuka koji daje jasne smernice za dodatno osvetljenje pešačkih prelaza. Ovaj rad ima za cilj da ustanovi neke od osnovnih principa osvetljenja pešačkih prelaza do kojih se došlo dugogodišnjim iskustvom u osvetljenju, brojnim merenjima i istraživanjima.

Posebna pažnja je ukazana razvoju metodologije za ocenu vidljivosti samih pešačkih prelaza i pešaka, na osnovu fotometrijskih merenja objektivnih fizičkih parametara osvetljenja koji karakterišu vidljivost. Metoda merenja je u skladu sa EN 13201-4 Road lighting - Part 4: Methods of measuring lighting performance [3].

Rezultati merenja, snimanja, na više karakterističnih lokacija, prikazani su u radu i iskorišćeni za analizu i razvoj same metodologije.

2. OSVETLJENJE PEŠAČKIH PRELAZA

Kod standardnog osvetljenja puteva za motorni saobraćaj, vozač vidi pešaka (ili neku drugu prepreku) u negativnom kontrastu, kao tamnu siluetu na osvetljenoj podlozi. Kod osvetljenja pešačkog prelaza preporučuje se da se osvetljenjem pešaka odzgo i bočno kreira pozitivni kontrast koji omogućava sagledavanje lica i odeće pešaka, što dodatno povećava bezbednost, jer vozač vidi pešaka kao osobu, a ne samo kao siluetu. Posebno dizajnirane svetiljke sa asimetričnom svetlosnom raspodelom omogućavaju postizanje visokih vrednosti vertikalne osvetljenosti u smeru vozača koji se približava pešačkom prelazu, a istovremeno, i postizanje visokih vrednosti horizontalne osvetljenosti na

samom pešačkom prelazu, čime se obezbeđuje jasno isticanje pešačkog prelaza koje omogućava vozaču uočavanje prelaza sa velike daljine [4].

Kod osvetljavanja pešačkih prelaza bitni su kako sam pešački prelaz, tako i zona trotoara širine do 1 m i prilaz pešačkom prelazu sa obe strane pešačkog prelaza širine 6 m.

Takođe, svetiljke koje služe za osvetljenje saobraćajnice ne treba da budu blizu pešačkog prelaza, kako se ne bi umanjila razlika u nivou osvetljenosti pešačkog prelaza i delova kolovoza neposredno pored prelaza.

2.1. FOTOMETRIJSKI ZAHTEVI

Kontrast, [5], predstavlja ključ za vidljivost objekata na putu u noćnim uslovima posmatranja. Kontrast se definiše kao

$$C = \frac{L_P - L_0}{L_0} \quad (1)$$

gde je L_P luminancija objekta, a L_0 luminancija njegovog okruženja.

Prema preporuci CIE 19/2.1 [6], najmanja vrednost kontrasta (tzv. prag kontrasta), neophodna da bi objekat mogao da se uoči na osvetljenoj podlozi, može da se izračuna prema sledećoj formuli

$$C_{\min} = 0,05936 \cdot \left[\left(\frac{1,639}{L_0} \right)^{0,4} + 1 \right] \quad (2)$$

Kada su u pitanju saobraćajnice, uobičajene vrednosti luminancije (sjajnosti) okoline (puta) iznose 0-3cd/m². Izračunate vrednosti praga kontrasta za ovaj opseg sjajnosti okoline prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1. Minimalne vrednosti kontrasta

Lo [cd/m ²]	Cmin
0 -	
0,5	0,65
1,0	0,43
1,5	0,35
2,0	0,30
2,5	0,27
3,0	0,25

Sjajnost objekta može da se izračuna pomoću relacije

$$L_p = \frac{E_v \cdot \rho_p}{\pi} \quad (3)$$

gde je E_v vertikalna osvetljenost predmeta (pešaka), a ρ_p koeficijent refleksije predmeta (pešaka) [7].

Na osnovu jednačina 1 i 3, sledi

$$E_v = \frac{\pi \cdot L_0 \cdot (C + 1)}{\rho_p} \quad (4)$$

Uzimajući u obzir minimalne vrednosti kontrasta date u tabeli 1, za različite vrednosti sjajnosti okoline (puta) i najnepovoljniji slučaj, kada je pešak obučen u crno, kada koeficijent refleksije iznosi $\rho_p=0,05$, na osnovu poslednje relacije izračunate su minimalne vrednosti vertikalne osvetljenosti koje je potrebno obezbediti kako bi se obezbedilo uočavanje pešaka. Ove vrednosti su prikazane u tabeli 2.

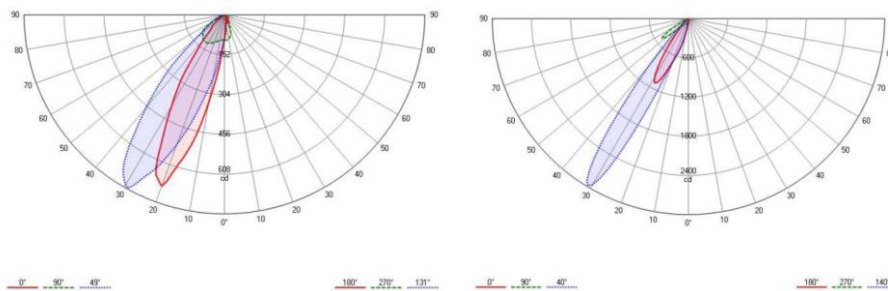
Tabela 2. Minimalne vrednosti vertikalne osvetljenosti

Lo[cd/m²]	Ev[lx]
0,0	52
0,5	52
1,0	90
1,5	127
2,0	163
2,5	199
3,0	23

2.2. GEOMETRIJA INSTALACIJE OSVETLJENJA

Pozicije svetiljki su od velikog značaja prilikom osvetljenja pešačkih prelaza. Kod klasične instalacije osvetljenja na putevima gde je svetiljka pozicionirana iznad prelaza, prisutno je dodatno osvetljenje samog prelaza ali ne i pešaka koji je osvetljen istim nivoom osvetljenosti kao i čitava saobraćajnica. U slučaju kada se svetiljka nalazi ispred pešačkog prelaza za vozilo koje se približava, pešak koji prelazi ulicu osvetljen je tako da se za vozača on pojavljuje u pozitivnom kontrastu u odnosu na okolinu, što stvara utisak "stvarne" osobe čiji izgled može biti identifikovan. Pre svega, pozitivni kontrast je mnogo efikasniji sa stanovišta sigurnosti. Činjenica da pešak za vozača predstavlja stvarnu osobu a ne siluetu povećava bezbednost samog pešaka.

Svetiljke koje su dizajnirane u cilju efikasnijeg osvetljenja pešačkih prelaza imaju specijalne fotometrijske karakteristike koje obezbeđuju pozitivni kontrast. Napravljen je optički blok sa asimetričnom raspodelom svetlosnog intenziteta u ravnima normalnim na poprečnu i podužnu osu kolovoza (Slika 1), sa ciljem da se postignu dobri vidni uslovi za sve učesnike saobraćaja, kako za vozače tako i za pešake. To podrazumeva postizanje visokih vrednosti vertikalne osvetljenosti u smeru vozača koji se približava pešačkom prelazu, ali i postizanje visokih vrednosti horizontalne osvetljenosti na samom pešačkom prelazu (jasno naglašavanje pešačkog prelaza omogućava vozaču uočavanje istog sa veće daljine). Za određen smer kretanja, svetiljka se postavlja ispred pešačkog prelaza gledajući očima vozača koji se približava na visini od 5 do 6 metara. U slučaju većeg broja traka (tri i više) ili dvosmernog saobraćaja, najmanje dve svetiljke su neophodne. Druga svetiljka se postavlja simetrično u odnosu na pešački prelaz sa leve strane kolovoza. Na slici ispod prikazani su polarni dijagrami za svetiljku Neos Zebra, proizvođača Schröder. Sa ovim tipom svetiljke (najčešće varijanta sa metal halogenim izvorima snage 250W) osvetljen je veći broj pešačkih prelaza u Beogradu. Svetiljke za osvetljenje pešačkih prelaza uobičajeno se boje u karakterističnu žutu boju koja se koristi u saobraćajnoj signalizaciji, kako bi se i u dnevnim časovima dodatno skrenula pažnja vozača na postojanje prelaza.



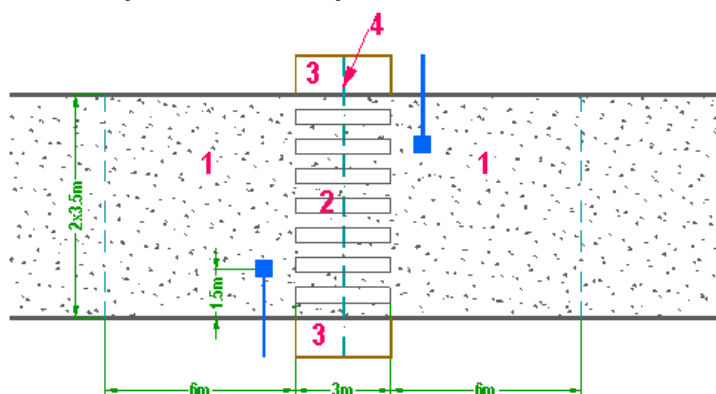
Slika 1. Slika 1 Polarni dijagrami svetiljke NEOS ZEBRA za a) za metal-halogene izvore b) za LED izvore [8]

Postoje tri različite zone pešačkog prelaza koje se moraju uzeti u razmatranje:

- 1) Pristupne zone: pravougaone zone čija širina iznosi 6m a dužina je jednaka širini kolovoza, pozicionirane ispred i iza zone prelaza
- 2) Zone pešačkih staza: nalaze se iznad i ispod zone prelaza, širine 3m (širina pešačkog prelaza) i dužine 1m
- 3) Zona prelaza: pravougaonik širine 3m i dužine jednake širini kolovoza. U stvari, zona prelaza predstavlja sam pešački prelaz.

Na slici ispod prikazan je jedan karakterističan slučaj (najveći broj saobraćajnica u gradu je upravo dvosmerni sa po jednom trakom u svakom smeru) i označene su sve zone pešačkog prelaza:

-
- 1 – pristupna zona
 - 2 – zona prelaska
 - 3 – zona pešačkih staza
 - 4 – linija za određivanje vertikalne osvetljenosti E_v



Slika 2. . Dvosmerni saobraćaj za dve vozne trake

Vertikalna osvetljenost (u pravcu vozača) računa se na liniji normalnoj na pravac kretanja vozila koja prolazi kroz sredinu zona prelaza i pešačkih staza, na visini od 1.5m. Rastojanje između proračunskih tačaka treba da bude najviše 50cm sa najmanje 15 proračunskih tačaka u zoni prelaza i 3 proračunske tačke u pristupnoj zoni (u obzir se uzimaju i njene ivice). Rade se 3 odvojena proračuna (2 u zoni pešačkih staza i 1 u zoni prelaza).

Proračunsko polje se sastoji od standardne mreže koja pokriva svaku od zona. Najveće rastojanje između dve susedne tačke polja treba da bude 50cm, podužno i poprečno. Vrednosti horizontalne osvetljenosti računaju se u ravni kolovoza ($H=0m$). Opšta ravnomernost osvetljenosti treba da bude najmanje 40%, kao i u slučaju osvetljenja saobraćajnica.

Budući da je potrebno obezbediti jasno isticanje pešačkog prelaza, potrebno je da nivo horizontalne osvetljenosti u zoni 3 bude značajno manji od vrednosti u zonama 1 i 2, kao i da opada sa udaljenjem od prelaza. Svetiljke koje se koriste za osvetljenje saobraćajnice ne treba da budu blizu prelaza da se ne bi umanjio kontrast između prečaza i delova kolovoza neposredno pored prelaza.

Optički blok svetiljke konstruisan je tako da vozač ne bude zabljesnut. Posmatrano iz ugla vozača, najkritičniji uglovi, u smeru suprotnom od smera kretanja vozila (C-ravni između 160° i 200°), su γ -uglovi (uglovi između smera upada svetlosti i vertikalne ose svetiljke usmerene naniže) između 65° i 80° .

U cilju dodatnog skretanja pažnje vozača preporučuje se korišćenje svetlosnih izvora različite boje svetlosti od onih koji se koriste za osvetljenje saobraćajnice (ako su npr. za osvetljenje saobraćajnice korišćene svetiljke sa natrijumovim izvorima visokog pritiska koji daju žutu boju svetlosti, preporučuje se da se pešački prelazi osvetle sa izvorima koji daju belu boju svetlosti =metal-halogeni ili LED izvori).

2.3. MERENJA PARAMETARA VIDLJIVOSTI

Merenje se vrši na licu mesta, na saobraćajnicama, u noćnim uslovima, pri redovnom napajanju električnom energijom instalacija Javnog osvetljenja (da sijalice rade na nazivnoj snazi).

Metoda ispitivanja, merenja osvetljenosti je direktna metoda merenja luksmetrom, odnosno kod luminancije-direktno merenje luminansmetrom. Metoda se zasniva na korišćenju najsavremenije opreme, fotometrijske kamere koja omogućava merenje luminancije čitave „scene“ (puta, pešačkog prelaza i okoline) iz vozila [3], iz vožnje, onako kako vidi vozač. Kamera je postavljena sa širokougaonim objektivom koji omogućava snimanje scene najpribližnije onome kako je vidi vozač. Kamera ima spektralnu osetljivost prilagođenu spektralnoj osetljivosti ljudskog oka [3].

Merenje se vrši sa instrumentom postavljenim na visinu od 1,5 m iznad površine puta, pri čemu se pojedinačna merena tačka nalazi na rastojanju od 60 m (rastojanje prvog poprečnog reda tačaka od tačke posmatranja). Ovo rastojanje je u nekim slučajevima bilo manje, do 30 m, imajući u vidu frekvenciju saobraćaja i brzinu kretanja na datoj lokaciji.

Kamera omogućava merenje raspodele luminancije, stacionarno i iz vozila i vizuelnu prezentaciju rezultata merenja, uključujući povezivanje sa snimkom puta.

Merenja su vršena na opštini Novi Beograd na 7 lokacija. One sa novom instalacijom osvetljenja pešačkih prelaza prema podacima dobijenim od strane izvođača radova, odnosno, one sa starom instalacijom osvetljenja, odabrane na osnovu zapažanja više anketiranih vozača sa teritorije opštine Novi Beograd. Kao karakteristična je odabrana ulica Bulevar Zorana Đinđića, gde je stara instalacija osvetljenja, ulica je široka i pruža osećaj dobre preglednosti, dok je sa druge strane, uočljivost pešačkih prelaza i samih pešaka loša.

Na slikama od 3 do 5, prikazani su najkarakterističniji slučajevi, po jedan sa dobrom i dva sa lošom vidljivošću, sve u okolini škola, dok su u tabeli 3 prikazani rezultati za sve ispitane lokacije. Lokacije su u tabeli date samo po brojnim oznakama (rednim brojem merenja) za datu ulicu. Merenja su vršena za najnepovoljniji slučaj sa pešakom obučenim u crno na pešačkom prelazu.

Tabela 3. Rezultati ispitivanja.

lokacija	srednji nivo luminancije/sjaj -nosti kolovoza (cd/m ²)	C _{pešaka}	Coznaka na kolovozu pešačkog prelaza	subjektivni osećaj (3 posmatrača)
Bul. Zorana Đinđića 1	1,29	-0,20	1.05	loše
Bul. Zorana Đinđića 2	1.89	-0.54	0.74	slabo
Bul. Zorana Đinđića 3	1.33	-0.21	0.46	loše
Bul. Zorana Đinđića 4	1.24	-0.26	0.20	loše
Tošin bunar 1	1.44	0.79	6.63	dobro
Tošin bunar 2	1.95	2.37	6.52	odlično
Bežanija 1	1.29	1.10	4.71	dobro



Slika 3. Bulevar Zorana Đinđića 3, kod Carine



Slika 4. Bulevar Zorana Đinđića 2, kod Carine, iz drugog smera



Slika 5. Tošin bunar.

Sve prikazane slike su fotometrijske slike raspodele luminancije/sjajnosti. Sama vrednost se očitava u svakoj odabranoj tački ili obeleženoj zoni (na samim slikama koje su prikazane, zone nisu označene radi bolje vidljivosti slika). Iz podataka o očitanoj srednjoj sjajnosti, kolovoza, okoline, pešaka i pešačkog prelaza, izračunati su kontrasti prikazani u tabeli 3.

Najreprezentativniji slučaj je prikazan na slici 3., gde je deo pešačkog prelaza u delu ka trotoaru, gde pešak treba da bude prvo uočen praktično potpuno nevidljiv, kako pešak, tako i sam prelaz. Uz to, kamioni parkirani u desnoj traci zaklanjaju vertikalnu signalizaciju. Rezultati u tabeli 3., potvrđuju vizuelni utisak, ali i teorijske pretpostavke

iznesene ranije u radu. Bitan faktor je i loše stanje horizontalnih oznaka na kolovozu na ovoj lokaciji, što se takođe može videti iz rezultata. Odlična vidljivost samog pešačkog prelaza sa slike 5 je rezultat kako dobrog osvetljenja, tako i obnovljenih horizontalnih oznaka na kolovozu (zebre). Osvetljenje je izvedeno tako da se prelaz jasno izdvaja od ostalog dela ulice. U ovom slučaju, prelaz je jasno vidljiv i prepoznatljiv sa više od 100 m što vozača upućuje da obrati posebnu pažnju.

Ono što se iz tabele 3. zaključuje, to je da su teorijske pretpostavke vezane za vidljivost pešaka i prelaza i njihovo osvetljavanje, a koje su bazirane na subjektivnom utisku (formula 2 je izvedena empirijski na osnovu velikog broja posmatranja od strane različitih posmatrača), potvrđene merenjem i nezavisnim posmatranjem.

3. ZAKLJUČAK

Izvršena merenja i metodologija koja je u tu svrhu osmišljena pokazala su se kao odgovarajuća objektivna ocena stanja vidljivosti pešačkih prelaza. Time je stvorena mogućnost za relativno jednostavnu ocenu baziranu na objektivnim fizičkim merenjima kojom bi se utvrdilo stanje pešačkih prelaza u pogledu vidljivosti kako njih samih tako i pešaka koji preko njih prelaze. Sistematskom analizom postojećeg stanja moguće je odrediti prioritete za rekonstrukciju čime bi se značajno povećala bezbednost pešaka.

Sama metodologija izvođenja osvetljenja pešačkih prelaza [9], a na osnovu izvršenih merenja i posmatranja, potvrđena je kao jako dobra. U korelaciji sa analizom postojećeg stanja i merenjima na izvedenim instalacijama osvetljenja, može se doći u dogledno vreme u situaciju da pešački prelazi, tamo gde je to najpotrebnije, a pre svega u okolini škola, budu mnogo bezbedniji u uslovima noćnog saobraćaja.



Slika 6. Primeri dobro osvetljenih pešačkih prelaza u Beogradu.

4. LITERATURA

- [1] The conspicuity of traffic signs in complex background, CIE Publication 137-2000, 2000.
-

-
- [2] http://www.eurotestmobility.net/images/filelib/PRESS%20RELEASE%20EPCA%202010_2736.pdf , 20.06.2013.
- [3] EN 13201-4 Road lighting - Part 4: Methods of measuring lighting performance
- [4] Impositions photometriques en vue de l'eclairage des passages pour pietons, Schreder: Buerau d'etudes
- [5] M Kostić, Vodič kroz svet tehnike osvetljenja, Beograd 2000.
- [6] An analytic model for describing the influence of lighting parameters upon visual performance – volume I: Technical foundations, Publication CIE No 19/2.1 (TC-3.1): 1981
- [7] Road lighting - Part 2: Performance requirements, EN 13201-2: 2003
- [8] A. Đuretić, „Osvetljenje pešačkih prelaza“, Osvetljenje 2005, 2005.
- [9] N Štrbac-Hadžibegović, Osvetljenje u funkciji povećanja bezbednosti pesaka u saobraćaju, Osvetljenje 2013, Stara Planina, 29.10 – 1.11. 2013.
-