

JAVNA RASVJETA

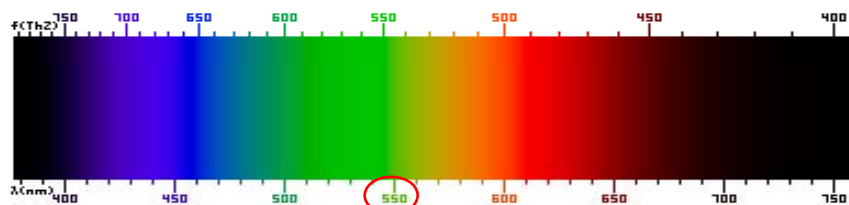
TEORIJA I PRAKSA

Obradio Ljubomir Perušić

Teme

- Svjetlost i zračenje
- Temperatura boje
- Anatomija oka
- Oko i viđenje
- Svjetlotehničke veličine i jedinice
- Izvori svjetlosti
- Svjetiljke
- Javna rasvjeta
- Svjetloonečišćenje
- Primjeri iz prakse

Svjetlost i zračenje



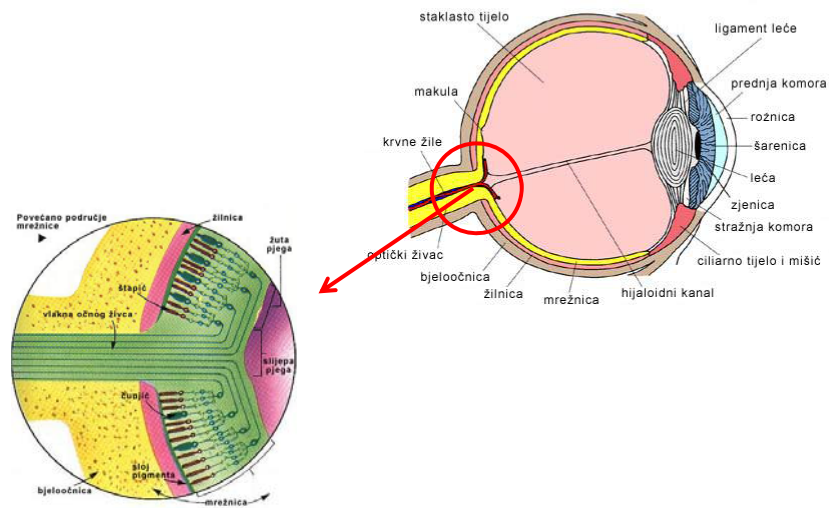
Valna duljina [nm]	Relativna osjetljivost
400	0,0004
450	0,038
500	0,323
550	0,995
600	0,631
650	0,107
700	0,0041
750	0,00012

Označeno područje od 550 nm je područje najveće osjetljivosti ljudskog oka

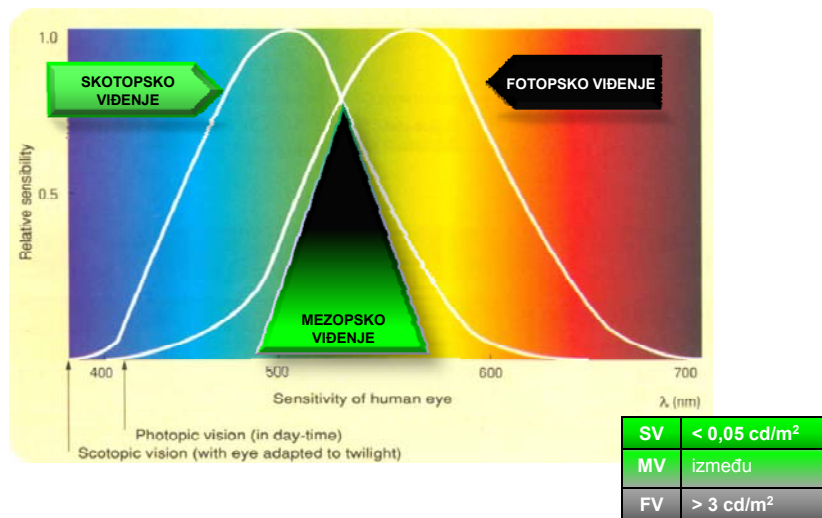
Temperatura boje

- Kako bismo mogli u nastavku lakše shvaćati pojedine zahtjeve u javnoj rasvjeti s aspekta sigurnog zapažanja prepreke i pravovremene reakcije na incidentne situacije moramo se upoznati sa pojmom "temperatura boje" svjetla
- **Temperatura boje definirana je kao ona temperatura crnog odsijača u stupnjevima Kelvina (°K) pri kojoj zračenje crnog odsijača po boji potpuno indetnično boji zračenja ispitivanog izvora svjetlosti**

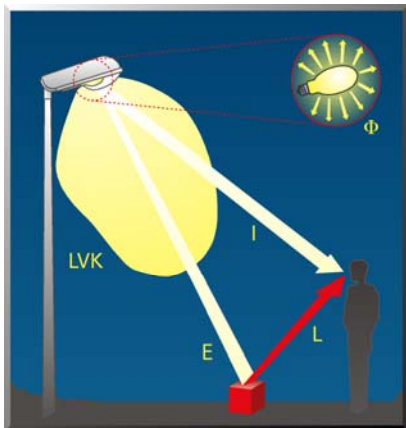
Anatomija oka



Oko i viđenje



Svjetlotehničke veličine i jedinice



Svjetlosni tok Φ [lm] = ukupna odaslana snaga zračenja izvora svjetlosti

Jakost svjetlosti I [cd] = mjerilo vrijednosti svjetlosti, koja zrači u određenom smjeru

Rasvjetljenost E [lux] = mjerilo za intenzitet svjetlosti, koja pada na određenu površinu

Sjajnost (luminancija, svjetlina) L [cd/m²] = mjerilo za sjajnost, za svjetlosni utisak o više ili manje svjetloj, svjetlećoj ili rasvjetljenoj površini (plohi). **To je jedina svjetlotehnička veličina, koju ljudsko oko neposredno percipira**

Izvori svjetlosti

- Za izbor izvora svjetlosti a poglavito u primjeni u javnoj rasvjeti odlučujuće su slijedeće značajke:
 - svjetlosni tok
 - svjetlosna iskoristivost
 - vijek trajanja
 - temperatura boje
 - električna snaga
- U instalacijama javne rasvjete u primjeni su slijedeći izvori svjetlosti:
 - **natrij niskog tlaka**
 karakterizira ga monokromatsko svjetlo (jedna valna dužina), velika iskoristivost od preko 170 lm/W, velika kontrastna osjetljivost međutim vrlo loše raspoznavanje boja rasvjetljenih predmeta i okoline

Izvori svjetlosti

- **natrij visokog tlaka**
karakterizira ga zlatno žuta boja emitiranog spectra od 2000 °K valne dužine 590 nm, velika iskoristivost od preko 100 lm/W, dobra kontrastna osjetljivost i relativno dobro raspoznavanje boja
- **visokotlačni metal halogeni**
karakterizira ih bijela boja emitiranog spectra od 4000 - 6000 °K valne dužine 470 nm, dobra iskoristivost od preko 90 lm/W, lošija kontrastna osjetljivost i dobro raspoznavanje boja
- **Izvori svjetlosti na bazi LED i OLED** tehnologije su "pred vratima" međutim isti se još uvijek usavršavaju a naročito u segmentu temperature boje dok su problemi sa odvođenjem stvorene topline praktički prevladani
- **Izvori svjetlosti na bazi PLAZMA** tehnologije najnoviji je izvor svjetlosti koji karakterizira temperatura boje od 5400K i za sada najmanja snaga koja je u operativnoj primjeni iznosi 200 W
- **Živini visokotlačni izvori svjetlosti** u potpunosti su napušteni čak što više u EU su zabranjeni zbog male efikasnosti i velikog postotka žive.

Svjetiljke

- **Svjetiljke** su naprave koje služe za raspodjelu u okolni prostor ukupno proizvedenog svjetlosnog toka ugrađenog izvora svjetlosti. Svjetiljke moraju uglavnom zadovoljiti slijedeće zahtjeve:

- svjetlotehničke
- mehaničke
- elektrotehničke
- oblikovne

Svjetlotehnički zahtjevi

s aspekta javne rasvjete na svjetlotehničke zahtjeve postavljaju se najstroži kriteriji poglavito glede **raspodjele proizvedenog svjetlosnog toka i ograničenja blještanja**.

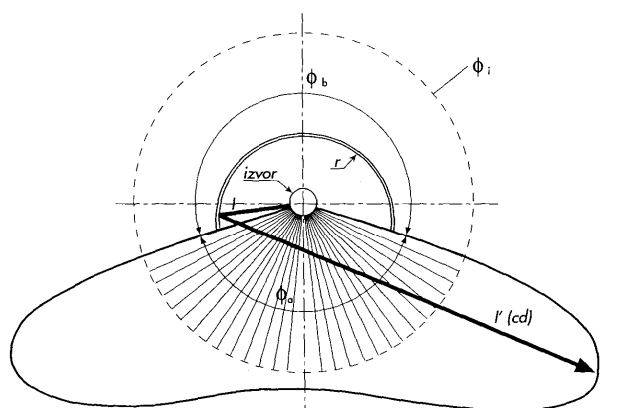
Prema **raspodjeli svjetlosnog toka** razlikujemo zasjenjene (cut-off) i djelomično zasjenjene (semi cut-off) svjetiljke dok se nezasjenjene svjetiljke (non cut-off) **NESMIJU UPOTREBLJAVATI** (n.pr. kuglaste svjetiljke).

Jakost svjetlosti I_{max} kod cut-off svjetiljki smije biti max. $60^\circ \pm 5^\circ$

Jakost svjetlosti I_{max} kod semi cut-off svjetiljki smije biti max. $70^\circ \pm 5^\circ$

Svjetiljke

Krivulja zračenja svjetiljke



Svjetiljke

■ Ograničenje blještanja

Blještanje izaziva vidnu nelagodu te ga je potrebno što više ograničiti.

Razlikujemo :

Psihološko blještanje koje smanjuje vidnu udobnost zapažanja vozača zbog zamora oka uzrokovanog trajno prisutnim blještanjem izvora svjetlosti. Oznakom **G** utvrđena je (na temelju iskustva u praksi) mjera kontrole psihološkog blještanja na skali od **1** (neprimjetno) do **9** (nepodnošljivo). Iako postoji i način proračuna **G**, iskustvo je pokazalo da je psihološko blještanje zadovoljavajuće ako su zadovoljeni kriteriji za ograničenje fiziološkog blještanja.

Fiziološko blještanje (smanjuje vidnu sposobnost) – utječe na smanjenje kontrastne osjetljivosti (razlika luminancije između objekta i pozadine) i smanjenje brzine percepcije jer se svjetlost blještećih izvora svjetlosti raspršuje u oku promatrača, stvarajući svjetlosni zaslon. Vrednuje se preko **relativnog porasta praga TI**.

Porast praga u suštini označava ono potrebno povećanje graničnog kontrasta odnosno minimalnih vrijednosti luminancije prepreke i njegove pozadine, koje je potrebno da bi prepreka bila jednako vidljiva s blještanjem izvora svjetlosti ili bez njega.

Svjetiljke

Izgled cut-off svjetiljke



Svjetiljke

Izgled semi cut-off svjetiljke



Javna rasvjeta

1. PODRUČJE PRIMJENE

- kroz ovaj referat obraditi ćemo problematiku javne rasvjete za prometnice s motornim prometom izvan i u naseljenim mjestima.
- tumačenja će se temeljiti na Hrvatskim normama za javnu rasvjetu HRN EN 13201
- javna rasvjeta cesta s motornim prometom treba omogućiti takove uvjete viđenja koji jamče vožnju noću sa:
 - maksimalno mogućom **sigurnošću**
 - maksimalno mogućom **udobnošću**

Javna rasvjeta

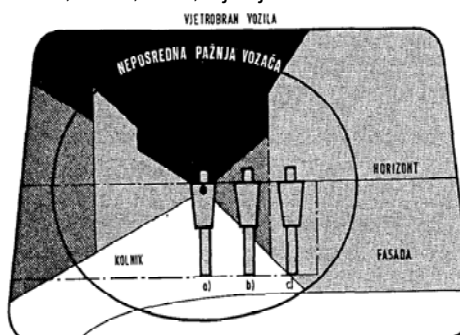
■ Vidni zadatak vozača

vidno polje vozača čini cjelokupni prostor koji se u datom trenutku nađe ispred njegovih očiju (površina kolnika, okoliš, nebo, svjetiljke i eventualne prepreke

- a) pozitivna silueta
- b) negativna silueta
- c) predmet nije vidljiv

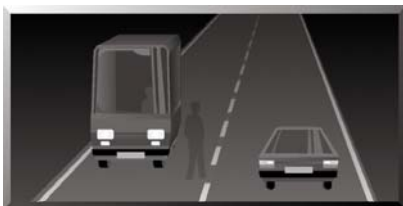
Vidni zadatak vozača sastoji se u primanju vidnih podataka :

- o toku prometnice
- o preprekama
- o promjenama



Javna rasvjeta

nerasvjetljena cesta

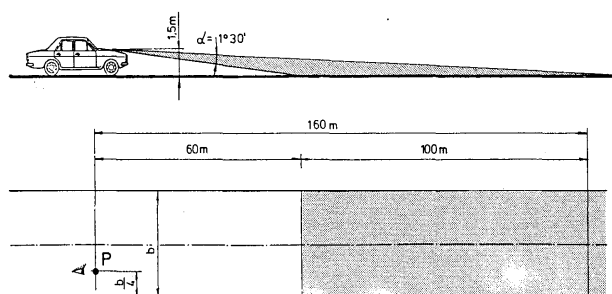


rasvjetljena cesta



Javna rasvjeta

Definicija vidnog polja vozača



Javna rasvjeta

PRIMJER SITUACIJE SMANJENE VIDLJIVOSTI VOZAČA



Javna rasvjeta

2. KRITERIJI KVALITETE JAVNE RASVJETE

na temelju dosadašnjih saznanja u tehnici javne rasvjete kao i prema važećim HRN EN 13201 utvrđeni su slijedeći **osnovni** kriteriji kvalitete određenog sistema javne rasvjete :

- razina srednje luminancije (sjajnosti,svjetline..) površine kolnika
- jednolikost luminancije (sjajnosti,svjetline..) površine kolnika
- razina rasvjetljenosti neposredne okoline ceste (SR)
- ograničenje blještanja
- vizualno vođenje
- optičko vođenje

Javna rasvjeta

■ RAZINA LUMINANCIJE KOLNIKA

srednja razina Luminancije **najmjerodavnija je veličina koja vozaču jamči sigurnost zamjećivanja**

Prema HRN EN 13201 srednja razina luminancije kolnika određuje se za svaku prometnicu posebno i to na način da se sumiraju svi bitni elementi koji karakteriziraju prometnu situaciju prometnice kao što su :

- smještaj prometnice unutar ili izvan naselja
- poprečni profil prometnice iz kojeg je razvidno kako je organiziran promet za sve sudionike (motorni promet jednosmjerni ili dvosmjerni , sa ili bez razdjelnog pojasa, pješaci, biciklisti, autobusna ugibališta i t.d.)
- broj vozila na dan i dozvoljena maksimalna brzina vozila (km/h)
- broj raskrižja na bližoj i daljnjoj udaljenosti
- konfliktne zone (tu se misli na pješačke prijelaze i sl.)

Na temelju gore navedenih ulaznih podataka određenom metodologijom svakoj od prometnica pridruži se odgovarajuća klasa javne rasvjete

Javna rasvjeta

■ JEDNOLIKOST LUMINANCIJE KOLNIKA

prema HRN EN 13201 utvrđuju se dvije jednolikosti luminancije i to:

- **opća jednolikost** luminancije površine kolnika koja jamči **sigurno** zamjećivanje
- **uzdužna jednolikost** luminancije površine kolnika koja jamči **udobnost** vožnje

■ RAZINA RASVJETLJENOSTI NEPOSREDNE OKOLINE CESTE (SR)

- kod cesta s tamnom okolinom (izvan naseljenih mjesta) preporučeno je djelomično rasvijetliti prostor izvan ceste u pojasu širokom oko 5m zbog zamjećivanja prometnih znakova
- kod cesta sa svjetlom okolinom (unutar naseljenih mjesta) na razinu rasvijetljenosti neposredne okoline ne postavljaju se dodatni uvjeti

Javna rasvjeta

■ OGRANIČENJE BLJEŠTANJA

Blještanje je **trajno ili trenutno** smanjenje viđenja prouzrokovano prevelikom kontrastom u vidnom polju vozača.

Kvantitativni (mjerljivi) pokazatelji tog smanjenja su :

- manja osjetljivost na kontrast
- manja oštrina viđenja
- manja brzina zamjećivanja

■ VIZUALNO VOĐENJE

Dobrim viđenjem rasvijetljenog tijeka prometnice u odnosu na okolinu, te zamjetljivošću ostale cestovne opreme (horizontalna i vertikalna signalizacija, odbojnici i sl.) udovoljava se zahtjevu za **dobrim vizualnim vođenjem**. Dobro vizualno vođenje u instalacijama javne rasvjete jamči **sigurnost** prometa !

Javna rasvjeta

■ OPTIČKO VOĐENJE

Dobro optičko vođenje u instalacijama javne rasvjete jamči **udobnost** vožnje. To je **sklop kompleksnih mjera koje vozaču nedvosmisleno pružaju trenutnu jasnu sliku toka ceste i njezinog pravca i to preko udaljenosti koja omogućuje sigurno zaustavljanje !**

U praksi to izgleda ovako:

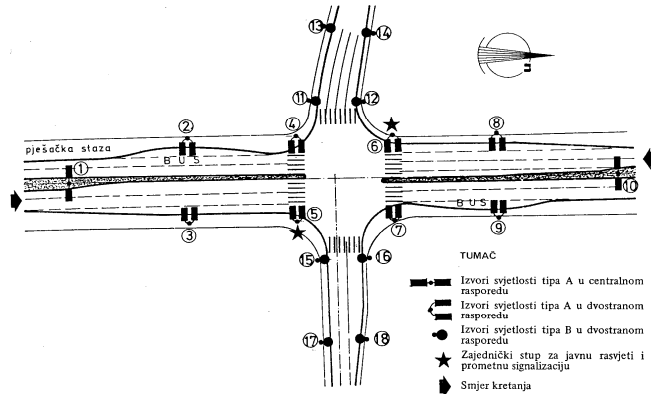
- prometnice na **ISTOM** potezu trebaju biti **kontinuirano rasvijetljene** kako po primjeni izvora svjetlosti, visine zavješanja tako i po razini srednje luminancije i jednolikosti luminancije

- u raskrižju dviju prometnica načelo kontinuiteta treba zadržati na prometnici **koja ima prednost** (prometnice iste važnosti u načelu trebaju biti isto obrađene)

Naglašavanje raskrižja posebnim tretmanom u pogledu primjene drugačije boje izvora svjetlosti NIJE ISPRAVNO !

Javna rasvjeta

■ PRIMJER OPTIČKOG VOĐENJA U RASKRIŽJU



Javna rasvjeta

Klase javne rasvjete za motorni promet (mjerilo luminancija cd/m^2)

Class	Luminance of the road surface of the carriageway for the dry road surface condition			Disability glare $\overline{\tau}$ in % ² [maximum]	Lighting of surroundings SR^{2b} [minimum]
	\bar{L} in cd/m^2 [minimum maintained]	U_0 [minimum]	U_1 [minimum]		
ME1	2.0	0.4	0.7	10	0.5
ME2	1.5	0.4	0.7	10	0.5
ME3a	1.0	0.4	0.7	15	0.5
ME3b	1.0	0.4	0.6	15	0.5
ME3c	1.0	0.4	0.5	15	0.5
ME4a	0.75	0.4	0.6	15	0.5
ME4b	0.75	0.4	0.5	15	0.5
ME5	0.5	0.35	0.4	15	0.5
ME6	0.3	0.35	0.4	15	no requirement

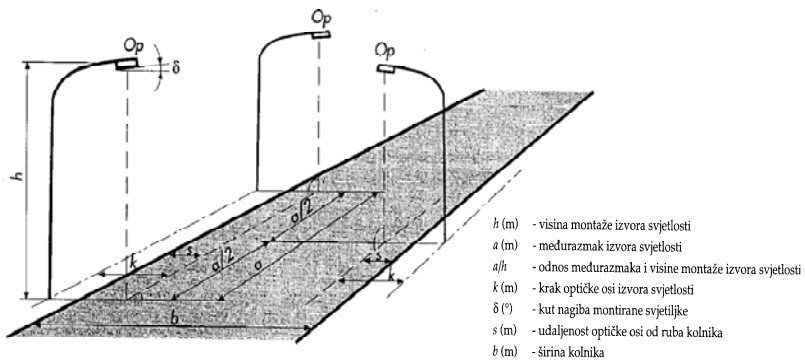
Javna rasvjeta

Klasa javne rasvjete za raskrižja (mjerilo rasvjetljenost u Lx)

Class	Horizontal illuminance	
	\bar{E} in lx [minimum maintained]	U_c [minimum]
CE0	50	0,4
CE1	30	0,4
CE2	20	0,4
CE3	15	0,4
CE4	10	0,4
CE5	7,5	0,4

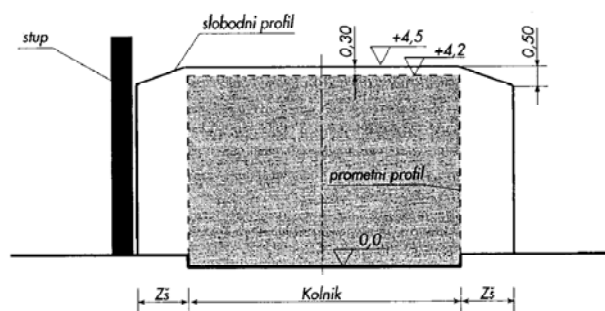
Javna rasvjeta

1. GEOMETRIJA INSTALACIJE JAVNE RASVJETE



Javna rasvjeta

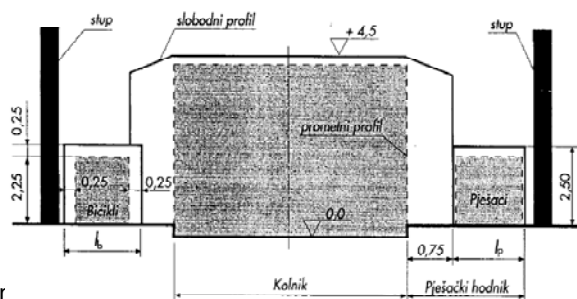
2. PROMETNI I SLOBODNI PROFIL CESTE (bez pješačke staze)



v_{sup} (km/sat)	>70	≤70	≤50
Z_s (m)	1,25	1,00	0,75

Javna rasvjeta

3. PROMETNI I SLOBODNI PROFIL CESTE (sa pješačko biciklističkom stazom)



l_p = biciklisti 1,5 – 2,5 r

l_p = pješaci 1,6 m

Javna rasvjeta

4. Rasvjeta pješačkih prijelaza

Pješački prijelaz nije potrebno posebno rasvijetljivati ako je postignuta prosječna luminancija kolnika od min. 2 cd/m² u području 50 m ispred i iza pješačkog prijelaza te ako su zadovoljeni preporučeni uvjeti jednolikosti.

Međutim ako to nije slučaj, pješački prijelaz se mora posebno rasvijetliti na način da se postigne pozitivni kontrast između pješaka i kolnika (luminancija pješaka je veća od luminancije kolnika). To se postiže primjenom svjetiljki posebnih fotometrijskih karakteristika koje se postavljaju ISPRED pješačkog prijelaza (gledano iz smjera vožnje) i to kod jednosmjernog prometa sa jedne strane a kod dvosmjernog prometa sa svake strane.

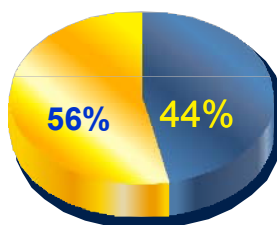
Javna rasvjeta

Opravdanost ulaganja za izgradnju instalacije javne rasvjete proizlazi iz niže navednih statističkih podataka

Po noći se događaju nezgode sa najtežim posljedicama!



Nezgode ukupno

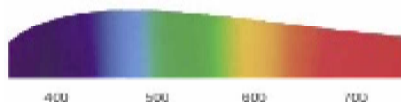


Smrtne žrtve

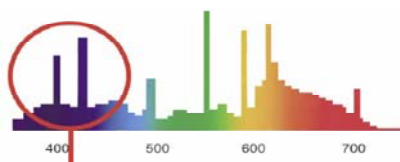
Izvor:
ADAC

Svjetlonečišćenje

DNEVNO SVJETLO



IZVOR SVJETLOSTI BIJELE BOJE (HQI, FLUOKOMAKTNI I SL.)



Svjetloonečišćenje

Globalno svjetloonečišćenje proizvode svjetiljke javne rasvjete čiji se ukupno emitirani svjetlosni snop širi preko horizontale u smjeru neba.

To se događa primjenom nezasićenih svjetiljki ili općenito svjetiljki nepoznatih proizvođača (Kina !!??). Posljedica takovog onečišćenja je da se više ne mogu vidjeti brojne zvijezde golim okom a kako taj problem eskalira više ni astronomi ne mogu vidjeti sve zvijezde koje su do nedavno mogli promatrati. U Hrvatskoj postoji još nekoliko područja gdje se zvjezdano nebo vidi u svojoj raskoši a to je Petrova gora i veći dio Like te još nekoliko otoka. Međutim i Lika je "načeta" i to izvedenom rasvjetom prometnih čvorova na autocesti Zagreb-Split. Naime na prometnim čvorovima rasvjeta je izvedena sa stupovima visine 20 m na čijem je vrhu instalirano 16 kom širokosnopnih reflektora koji rasvjetljavaju prometnice u čvoru a i šire područje čvora. Noćne životinje nemaju više uvjeta za život i napuštaju to područje, neke dnevne životinje koje hrane tim noćnim životinjama zbog prekinutog prehrambenog lanca napuštaju to područje i ostaje PUSTOŠ.

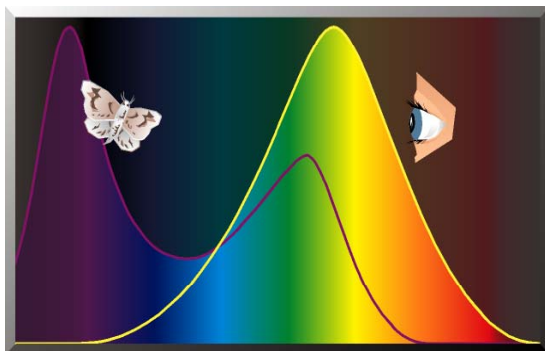
Svjetloonečišćenje

Globalno svjetloonečišćenje veoma je štetno i za ptice koje u migraciji lete i noću. Naime ptice se tijekom leta noću orijentiraju prema zvijezdama koje doživljavaju kao točke na nebu međutim loše izvedena javna rasvjeta tim istim pticama prikazuju se kao točke ali na tlu i one se jednostavno strmoglavu na tlo i tako masovno ugibaju.

Lokalno svjetloonečišćenje je ono kada svjetiljke javne rasvjete prekomjerno emitiraju proizvedeni svjetlosni tok kroz prozore stambenih ubjekata u unutrašnjost stanova. To svjetlo nazivamo kao **provalno** svjetlo koje ima katastrofalne posljedice na ljudski organizam. Nedavno je napravljena studija koja je nedvojbeno dokazala da ljudski organizam koji kada spava u prostoriji u koju dopire svjetlo javne rasvjete (a i kućne rasvjete) jačine preko 5 Lx i pogotovo ako je to svjetlo bijele boje (470 nm!) zbog lošeg djelovanja na ljudski melatonin ima za posljedicu **rak prostate i rak grlića maternice pa i rak dojke!!** Jednostavnije rečeno, iako je noć, organizam dobija "poruku" da je dan, te pojačava lučenje "dnevni" hormona (melatonina, kortizola – hormona stresa, itd).

Lokalno svjetloonečišćenje ima također katastrofalno djelovanje na životinjski svijet pa je tako dokazano da bijelo svjetlo temperature boje od 7000°K koje proizvede LED rasvjeta snage 30W uništi **tri puta više** kukaca nego natrijeva visokotlačna žarulja snage 150W

Svjetloonečišćenje



Žučkastu svjetlost (HST/HSE)
insekti teže opaze nego bijelu
(HME/TC)

Svjetloonečišćenje

- PRIMJER PROVALNOG SVJETLA (kako ga vidi ljudsko oko)



Svjetloonečišćenje

- PRIMJER PROVALNOG SVJETLA (kako ga vidi specijalna kamera za mjerenje luminancije)



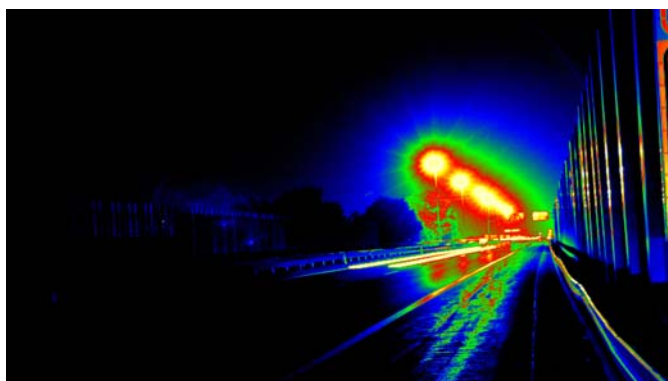
Svjetloonečišćenje

- PRIMJER GLOBALNOG SVJETLOONEČIŠĆENJA (kako ga vidi ljudsko oko)



Svjetloonečišćenje

- PRIMJER GLOBALNOG SVJETLOONEČIŠĆENJA (kako ga vidi specijalna kamera za mjerenje luminancije)



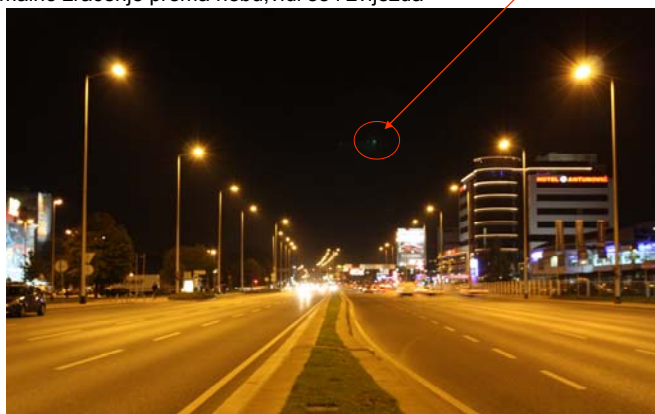
Primjer iz prakse

- PRIMJER KVALITETNE JAVNE RASVJETE
minimalno zračenje prema nebu



Primjer iz prakse

- PRIMJER KAVALTETNE JAVNE RASVJETE
minimalno zračenje prema nebu, vidi se i zvijezda



Primjer iz prakse

Primjer loše ugođene optike svjetiljke, desna vozna traka praktički u mraku



Literatura

- E.Širola , Cestovna rasvjeta , CIP , Zagreb 1997
- Hrvatske norme za javnu rasvjetu HRN EN 13201
- PHILIPS , Philips Lighting Manual , PHILIPS ,Eindhoven , Netherlands 1993
- R.Skansi , "Osnove javne rasvjete" – referat Zadar 2009