

SVETLOBNO ONESNAŽENJE = ZAPRAVLJANJE ENERGIJE

LIGHT POLLUTION = WASTE OF ENERGY

Dr. Peter Legiša, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko

e-mail: peter.legisa@fmf.uni-lj.si

Povzetek

Osnutek uredbe o preprečevanju svetlobnega onesnaževanja je zelo dobrodošel, vendar premalo upošteva problem svetlobe, ki se razširja v smereh blizu vodoravnice. Ta svetloba ne povzroča samo bleščanja in nepotrebne osvetljevanja spalnic, ampak ima tudi zelo negativen vpliv na živi svet in na podobo pokrajine.

Zapravljanje energije je posebno vidno pri dekorativni razsvetljavi. Večinoma so uporabljeni premočni širokokotni žarometi brez senčil in precejšen del svetlobe gre mimo cilja.

Še zmeraj so v uporabi visokotlačne živosrebrne sijalke, čeprav jim izkoristek hitro pada in imajo zelo negativen vpliv na okolje.

V prihodnosti bomo morali močno vzdigniti standarde pri načrtovanju in izvedbi zunanje razsvetljave. Z uporabo popolnoma zasenčenih svetilk lahko zaradi zmanjšane bleščanja brez škode zmanjšamo nivo osvetljenosti in tako prihranimo energijo. Pri osvetljevanju prehodov za pešce in križišč nima smisla osvetljevati še okolico.

Senzorji omogočajo veliko zmanjšanje stroškov za varnostno razsvetljavo. Uporaba učinkovitejših dušilk in elektronskih balastov prav tako pomeni občutne prihranke energije. Pri osvetljevanju stavb je potrebno upoštevati svetlost okolja.

Abstract:

LIGHT POLLUTION = WASTE OF ENERGY

Peter Legiša, Ph.D.

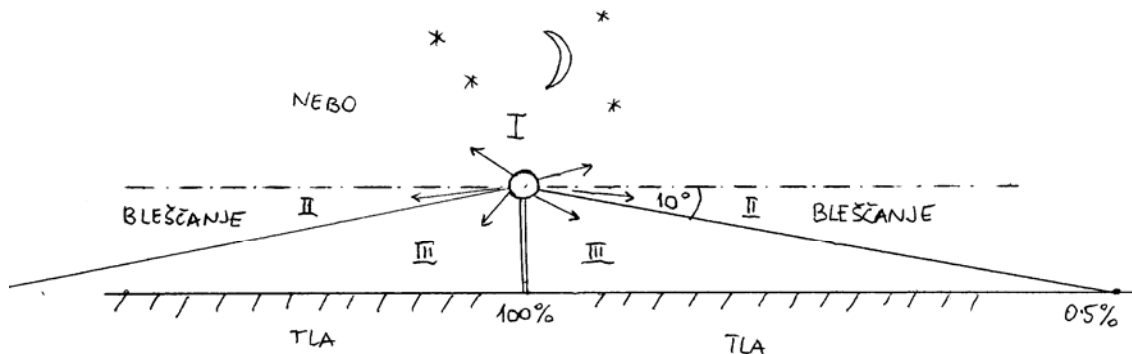
The proposed regulation of light pollution in Slovenia tries to minimize the sky glow. But glare and light trespass have a very negative influence on animal and plant life as well. All these forms of light pollution are also a waste of energy. Extremely wasteful use of light in decorative lighting is almost a rule in our country: powerful wide angle floodlights are used to illuminate narrow structures, with light spilling into the sky, roads, and homes. Mercury vapor lamps are popular despite their fast depreciation, relatively low efficiency, and negative environmental impact. Low-pressure sodium lamps – used for tunnel lighting and pedestrian crossings - are disappearing in spite of their efficiency and good environmental record. Semi-cutoff luminaires with lots of glare and upward directed light are invading the countryside, which has so far enjoyed dark skies. This depressing state of affairs requires immediate handling. State-of-the-art lighting technology such as: latest full cutoff fixtures, low-loss and electronic ballasts, movement sensors save energy and minimize the negative environmental impact of lighting. Mercury vapor lamps must be replaced, if possible by HPS lamps.

I. Cestne svetilke



1. Kroglasta svetilka na Večni poti v Ljubljani.

Oglejmo si cestno svetilko, pritrjeno nekaj metrov nad prometno površino. To je lahko kroglasta svetilka na fotografiji 1. Svetlobo svetilke lahko razdelimo na tri dele (slika 2).



2. Svetlobo, ki jo oddaja svetilka, lahko razdelimo na tri dele; koristno vlogo igra le tista v območju III.

Prvi del (I) je svetloba, ki gre nad vodoravnico. To je izgubljena energija, ki moti astronome in ptice selivke. Potem je svetloba, ki gre navzdol, a oklepa le majhen kot z vodoravnico – do nekako 10 stopinj. Ta svetloba (označena z II) zadene tla daleč od svetilke in pod majhnim kotom. Njen učinek na osvetlitev tal je zelo šibek. Poleg tega meče dolge sence, tako da ne igra kake koristne vloge. Pač pa ta svetloba pada praktično pravokotno na oči ljudi, usmerjenih proti svetilki. Tako ima lahko močan negativen vpliv, saj moti prilagoditev oči na slabe svetlobne razmere. Pravimo, da ta svetloba povzroča **bleščanje**.

Vsi poznamo bleščanje sonca, kadar je nizko nad obzorjem, ali bleščanje nasproti vozečih vozil ponoči in vemo, kakšno nevarnost predstavlja. Bleščanje je še posebno neprijetno za starejše ljudi. Pri njih namreč roženica in leča nista več povsem prozorni. Tako pride do razpršitve svetlobe v očesu in nastane svetlobna koprena, ki moti vid.

Bleščanje cestne razsvetljave je odveč in zmanjšuje varnost na cesti.

Svetloba iz kategorij I (nad vodoravnico) in II (blizu vodoravnice) je vidna zelo daleč in privlači žuželke in druga živa bitja z zelo širokega območja, obenem pa ne igra koristne vloge in je zapravljanje energije. Kvari tudi videz nočne pokrajine, še posebno na podeželju. Želimo si torej svetilke, ki ne bodo oddajale svetlobe v teh smereh. Sprejemljiv kompromis so **popolnoma (povsem)**

zasenčene svetilke, ki ne oddajajo svetlobe nad vodoravno ravnino, ki gre skozi žarnico v svetilki. Te svetilke imajo bleščanje navadno močno omejeno. Angleški izraz za **popolnoma zasenčen** je **full cutoff**, saj taka svetilka poreže vso svetlobo nad vodoravnico. Primere popolnoma zasenčenih svetilk najdete v prispevku Hermana Mikuža. Izdelujejo jih tudi pri nas.

Na žalost pa namesto njih večinoma montirajo delno zasenčene svetilke, pri katerih prozorna kapa štrli iz ohišja. Ta kapa del svetlobe odbije in lomi nad vodoravnico, povzroča pa tudi bleščanje. Taka svetilka privlači žuželke z zelo širokega območja in insekti pogosto najdejo netesnosti v spojih (fotografija 3). Sloj mrtvih žuželk zmanjšuje izkoristek luči in zahteva čiščenje, ki na višini osem ali deset metrov ni ravno poceni.



3. Sloj mrtvih žuželk v delno zasenčeni svetilki v Grčarevcu pri Logatcu. (Mimogrede, zelo dobro tehnično rešitev predstavljajo popolnoma zasenčene svetilke s filtriranjem zraka. Zaradi segrevanja in ohlajanja se zrak v svetilki razteza in krči. Tako je težko hermetično zapreti svetilko. Filter pa omogoča izenačitev tlaka, ne da bi prah in žuželke prodri v svetilko.)



4. Razsvetljava na ulici Pod topoli v Ljubljani, je morda še uporabna za pešce, ki svoj pogled lahko odvrnejo od same svetilke. Voznikom pa zaradi bleščanja predstavlja bolj oviro kot pomoč.

Nekateri projektanti, ki na nesrečen način prenašajo metode notranje razsvetljave v zunanjo, se problemu bleščanja skušajo izogniti tako, da žarnico (sijalko) zastrejo z mlečnim steklom ali plastiko. Na žalost zaradi močnega kontrasta med lučjo in temnim okoljem take svetilke še zmeraj slepijo, kot lahko lepo vidimo na fotografiji 4. Pojavijo pa se še drugi problemi. Površina zastora oddaja difuzno svetlobo v vse smeri, tudi nad vodoravnico. Izgube v zastoru znašajo na začetku kakih trideset odstotkov, s starostjo pa celo v očiščenem zaslonu lahko izgubimo več kot pol svetlobe. Ker se zastor hitro zamaže, kot vidimo na fotografiji 1, so te izgube še toliko večje. Končni izkoristek takih svetilk je izredno majhen.

Najslabši za okolje so prav gotovo odprti zastori zunanjih svetilk. Ti se najbolj mažejo (fotografija 5) in dopuščajo žuželkam dostop do žarnice (sijalke), kjer se osmodijo ali scvrejo.



5. Odprta svetilka na Jadranski cesti v Ljubljani.

Kroglaste svetilke spominjajo tudi na Luno. Nekateri nočni metulji potujejo tako, da njihova pot oklepa določen kot s smerjo proti Luni. Če od daleč vidno svetilko zamenjajo z Luno, se njihova pot ukrivi v spiralo, ki se zmeraj bolj bliža svetilki.

Ob vseh argumentih za popolnoma zasenčene svetilke se boste gotovo vprašali, zakaj jih je na naših cestah le za vzorec. Odgovor je deloma v zastarelih normah, deloma pa v neprilagodljivosti projektantov in industrije. Za starejše popolnoma zasenčene svetilke je veljalo, da dobro osvetlijo cesto le na območju sorazmerno blizu svetilki. Tako bi bilo po mnenju nekaterih treba take svetilke postavljati bolj na gosto kot običajne delno zasenčene svetilke. Ti kritiki popolnoma zasenčenih svetilk pa pozabljajo na to, da imajo popolnoma zasenčene svetilke zmanjšano bleščanje in tako nekoliko temnejši predeli med svetilkami ne motijo.

Popolnoma zasenčene svetilke novejšega datuma pa imajo za ravno stekleno kapo zelo kakovostne reflektorje, pogosto sestavljene iz velikega števila majhnih ploskvic (faset), ki lahko zelo enakomerno in na široko razporedijo in razpršijo svetlobo. Tudi pri žarometih novejših avtomobilov boste opazili isti trend: namesto rebraste prozorne kape imate gladko in skoraj ravno steklo, za njim pa kakovostne odbojne površine, ki poskrbijo, da čim več svetlobe zapuši svetilko v zaželeni smeri. Rezultat je mnogo boljša osvetlitev z enako žarnico. Čas je, da ta napredek doseže tudi našo cestno razsvetljavo, še posebno, ker bomo na ta način močno zmanjšali škodljivo bleščanje. Industrija sama verjetno ne bo podrla starih izdelovalnih linij in postavila nove. Pritisk javnosti in – kot se nadejamo – spremenjeni predpisi pa za naše izdelovalce svetilk pomenijo tudi veliko priložnost.

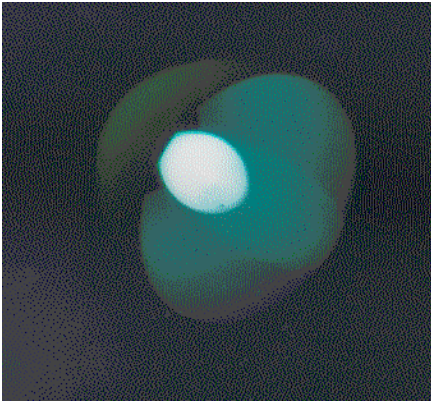
II. Izbira izvora svetlobe

V cestnih svetilkah namesto žarnic z žarilno nitko večinoma uporabljamo t.i. sijalke, ki se odlikujejo z večjim izkoristkom.

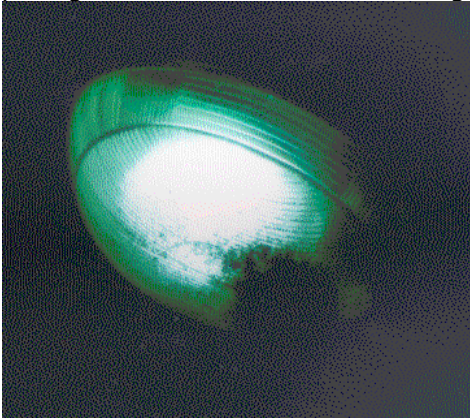
Vsi poznamo **fluorescenčne cevi** in **kompaktne fluorescenčne sijalke** (ki jim večkrat pravijo »varčne žarnice«). Odlikujejo se z dokaj belo svetlobo in visokim izkoristkom.

V naši prestolnici večina močnejših svetilk uporablja **visokotlačne natrijeve sijalke**. Oddajajo rumenkasto svetlobo, njihov izkoristek pa je zelo visok, enako življenjska doba. V eni od izvedb je izvor svetlobe izredno koncentriran, kar poenostavi konstrukcijo svetilk.

V močnejših svetilkah starejšega datuma in na slovenskem podeželju pogosto svetijo **visokotlačne živosrebrne sijalke**. Njihova svetloba ima modrikasto – zelen odtenek. Precejšen del energije oddajo v ultravijoličnem delu spektra, zaradi česar posebno privlačijo žuželke – bolj kot fluorescenčne in mnogo bolj kot natrijeve sijalke ([2,3]). Živosrebrne sijalke uporabljajo tudi za osvetlitev notranjih prostorov v industriji in skladiščih in tudi tam ima njihovo ultravijolično sevanje lahko negativen vpliv tako na materiale kot ljudi. Imajo nižji izkoristek kot prej omenjena tipa. Izkoristek z leti občutno pada in večkrat je mogoče videti živosrebrne sijalke, ki samo še brlijo. Ponekod so živosrebrne sijalke že prepovedali in z veseljem pričakujem dan, ko bodo prepovedane tudi pri nas. Primerek na fotografiji 6 je v posebno ponesrečeni svetilki, ki koristno usmeri manj kot pol oddane svetlobe. Svetilke s takimi sijalkami se pogosto napolnijo z mrtvimi žuželkami, kar dodatno zmanjšuje izkoristek (fotografija 7).



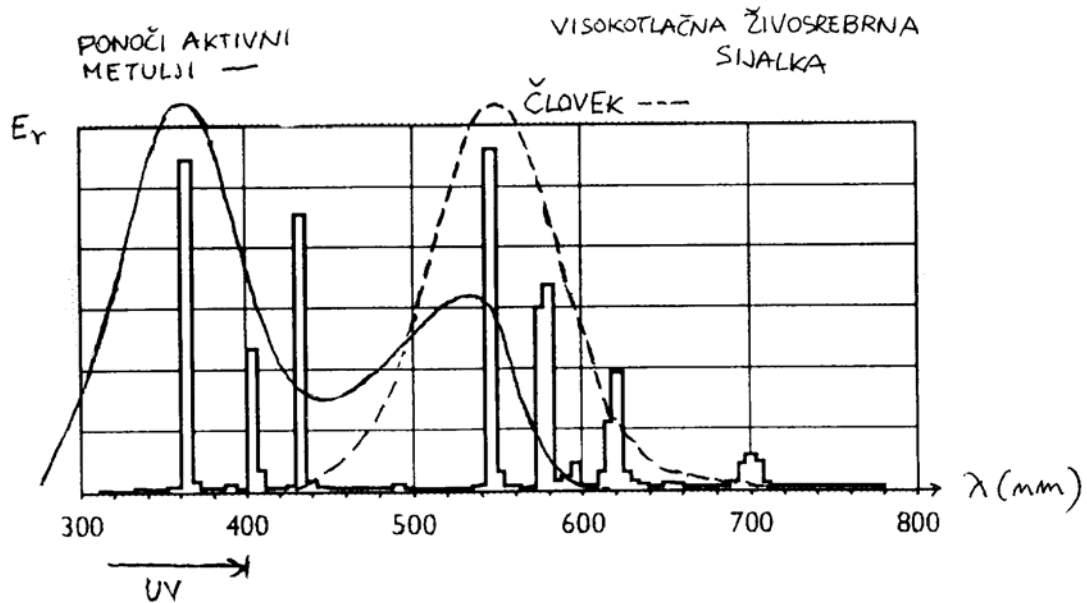
6. Odprta in zaradi prosojnega ovoja skoraj nezasenčena svetilka z živosrebrno sijalko s Planine pri Logatcu – nedaleč od astronomskega observatorija na Črnem vrhu.



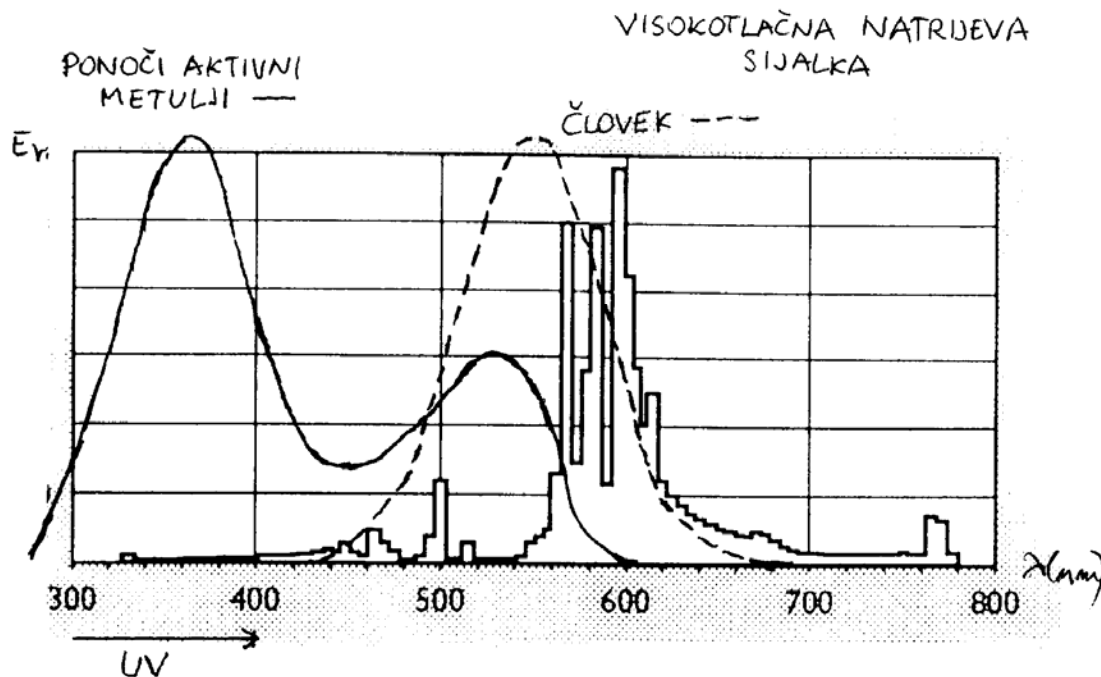
7. Delno zasenčena in poševno usmerjena svetilka z živosrebrno sijalko z Grčarevca pri Logatcu – nedaleč od astronomskega observatorija na Črnem vrhu.

Na sliki 8 imamo spekter visokotlačne živosrebrne sijalke in zraven narisano relativno občutljivost človeškega očesa in oči nočnih metuljev. Vidimo, da živosrebrna sijalka odda precej energije v pasu od 300 do 400 nanometrov. Ta ultravijolična svetloba je za nas nevidna in nekoristna, prav nanjo pa so najbolj

občutljive nočno aktivne žuželke. Pri visokotlačni natrijevi sijalki (slika 9) je prav narobe – svetlobo oddaja večinoma v pasu nam vidne svetlobe od 400 do 700 nanometrov, in to predvsem v toplejšem delu spektra od 550 nanometrov naprej. Na to svetlobo pa nočno aktivne žuželke niso posebno občutljive.



8. Emisijski spekter visokotlačne živosrebrne sijalke in občutljivost človeškega očesa ter oči nočnih metuljev.



9. Spekter visokotlačne natrijeve sijalke in občutljivost človeškega očesa ter oči nočno aktivnih metuljev.

Deloma izboljšana verzija visokotlačnih živosrebrnih sijalk so **metal-halidne sijalke**, ki oddajajo zelo belo svetlobo.

Nad prehodi za pešce (fotografija 10) in v predorih srečamo tudi **nizkotlačne natrijeve sijalke**. To so precej debele in – pri večjih močeh – dolge cevi, ki oddajajo oranžno rumeno svetlobo. To so sijalke z najvišjim izkoristkom, se skorajda ne starajo, imajo dolgo življenjsko dobo in ne vsebujejo živega srebra. Zaradi »tople« svetlobe imajo najmanjši vpliv na živi svet. Ponekod jih uporabljajo tudi v običajni cestni razsvetljavi. Pri naših načrtovalcih niso priljubljene, saj so ustrezne svetilke pri večjih močeh velike in težke. Zaradi izrazito enobarvne svetlobe so neprimerne za večja parkirišča. Po mojem pa njihove prednosti odtehtajo te pomanjkljivosti in bi njihovo uporabo lahko občutno povečali. Ameriško mesto San Diego je tudi zaradi varčevanja z energijo v celotno cestno razsvetljavo vpeljalo povsem zasenčene svetilke z nizkotlačnimi natrijevimi sijalkami.



10. Ta svetilka je v smeri vožnje povsem zasenčena, uporablja pa tudi okolju in denarnici prijazen izvor svetlobe – nizekotlačno natrijevo sijalko. Želeli bi si več takih svetilk, ki odlično služijo svojemu namenu: povečanju varnosti na prehodu za pešce.

Izkoristke sijalk merimo z lumni oddane svetlobe na watt dovedene energije.

Številke so približno takšne:

Živosrebrna: 24 – 60;

Visokotlačna natrijeva: 51 – 130;

Nizekotlačna natrijeva: 62-170.

(Močnejše sijalke imajo v glavnem večje izkoristke).

Vidimo, da zamenjava živosrebrnih sijalk z natrijevimi prinaša zelo velike prihranke – tudi 50 odstotkov in več. V Sloveniji lahko na ta način prihranimo zelo velike količine energije. Izdelujejo natrijeve sijalke, ki so namenjene neposredni zamenjavi živosrebrnih v obstoječih svetilkah. Bolje je seveda, če obenem nadomestimo svetilko z moderno popolnoma zasenčeno, saj imajo zanje prilagojene natrijeve sijalke še višje izkoristke od tistih, ki so namenjene zamenjavi živosrebrnih sijalk.

Mimogrede, vsaka sijalka za delovanje potrebuje dušilko (balast). Tudi tu so razlike velike: stari balasti lahko potrošijo celo tretjino priključne moči sijalke. Novi kakovostni balasti (še posebno visokofrekvenčni elektronski) so varčnejši, kar je še en razlog za zamenjavo stare svetilke s kakovostno moderno.

Tipično lahko živosrebrno sijalko z 250 W (13000 lumnov, ko je še nova) nadomestimo z visokotlačno natrijevo sijalko s 150 W (14500 lumnov) ali z nizekotlačno natrijevo sijalko z 90 W (13000 – 17000 lumnov). Natrijeve sijalke, ki oddajajo rumeno in oranžno svetlobo, so prijaznejše do okolja kot sijalke, ki oddajajo belo svetlobo.

III. Dekorativna razsvetljava

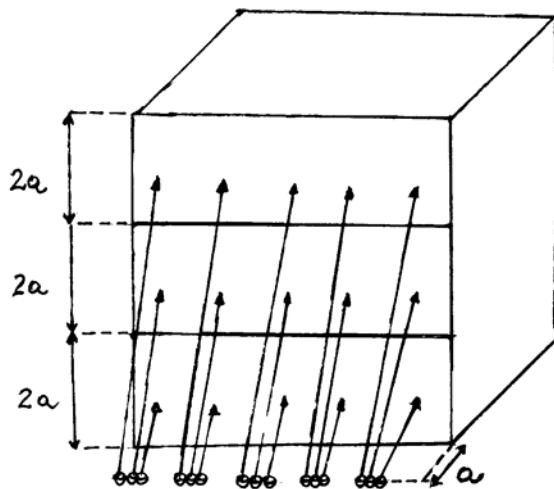
Ko si ogledujem razsvetljavo stavb v Ljubljani in drugod po Sloveniji, se ne morem ubraniti vtisa, da imamo pogosto opravka z improvizacijami. Pročelje in iz njega štrleči deli stavbe so pogosto osvetljeni z eno izredno močno lučjo, ki svetlobo razsipno pošilja tudi mimo stavbe – kot na fotografiji 11. Opazovalca tako namesto uživanja ob gledanju stavbe pogosto zaradi bleščanja boli glava. O izgubljeni energiji in onesnaženju ne bomo govorili.



11. Žaromet na Prešernovi cesti v Ljubljani ne osvetljuje le stavbe, ampak tudi mimoidoče in vozeče.

Priporočila Združenja ameriških inženirjev za razsvetljavo ([1]) pa pravijo, da je smiselno osvetliti le najbolj privlačne dele stavb in pri tem uporabiti žaromete, ki imajo s senčili omejene svetlobne stožce. Tudi pri nas verjetno ne bi bil problem najti kleparja, ki bi na luč pritrnil ustrezna senčila, tako da bi svetila le na stavbo.

Najbolje je osvetljevati od zgoraj navzdol. Če že moramo osvetljevati od spodaj navzgor iz neposredne bližine, je potrebno kombinirati večje število šibkejših žarometov s točno omejenimi svetlobnimi snopi, da dosežemo varčno in enakomerno osvetlitev – kot na skici 12. Prav tako osvetljenost pogojujejo z okoljem: v temnem okolju mora biti osvetljenost bistveno nižja.



12. Žarometi, ki osvetljujejo najvišji del stavbe, imajo zelo ozek snop svetlobe.

Poseben primer pa predstavlja uporaba žarometov v vlogi nekakšnega svetilnika na kopnem. Najhujši so seveda »protiletalski žarometi«, ki s svetlobnimi snopi opozarjajo na diskoteke in podobno. Znano je, da so taki snopi povsem zmedli ptice selivke, npr. žerjave, ki so krožili okrog njih. Selitev je za ptice zelo naporna in nevarna stvar že sama po sebi, tako da so tovrstni negativni vplivi lahko usodni.

Toda tudi gostinski lokali in celo kulturne ustanove z močnimi žarometi, usmerjenimi vzdolž cest in pločnikov, opozarjajo nase (fotografiji 13 in 14). Ta agresivna uporaba svetlobe zaradi bleščanja ogroža varnost tako pešcev kot voznikov. Veselim se dneva, ko bo prepovedana.



13: Medvedova cesta v Ljubljani.



14. Križanke – tudi takrat, ko v njih ni prireditev.

Literatura:

1. Lighting for Exterior Environments (RP-33-99), An IESNA Recommended Practice, Illuminating Engineering Society of North America, *New York* 1999.
2. Arno Schanowski, Volker Spaeth: Ueberbelichtet, Vorschlaege fuer eine umweltfreundliche Aussenbeleuchtung, Naturschutzbund Deutschland (NABU), Landesverband Baden-Wuerttemberg, 1994.
3. Prof.Dr. Gerhard Eisenbeis & Frank Hassel, Zur Anziehung nachtaktiver Insekten durch Strassenlaternen – eine Studie kommunaler Beleuchtungseinrichtungen in der Agrarlandschaft Rheinhessens, *Natur und Landschaft*, 75. Jg. (2000) Heft 4, 145-156.