



Naravi prijaznejša razsvetljava objektov kulturne dediščine (cerkva)

Priporočila



Projekt LIFE+ Življenje ponoči
v sodelovanju s Slovensko
nacionalno komisijo za UNESCO



ŽIVLJENJE PONOČI

Vsebina

- Uvod
- Svetlobno onesnaženje uničuje nočno podobo narave
- Svetlobno onesnaženje narašča izjemno hitro
- Okoljski vpliv osvetljevanja objektov kulturne dediščine
- Zakonodaja s področja svetlobnega onesnaževanja v Sloveniji in po svetu
- Zakonodaja, ki varuje živalske vrste in njihove življenjske prostore
- Kako svetlobno onesnažuje manjša, neprimerno osvetljena podeželska cerkev?
- Bele LED svetilke so velika grožnja nočni naravi
- Vpliv umetne svetlobe na ljudi in živali
- Raziskave projekta Življenje ponoči o vplivu osvetljevanja cerkva na nočne metulje in netopirje
 - Vpliv razsvetljave na nočne metulje
 - Vpliv zunanje razsvetljave na netopirje
- Priporočila za naravi prijaznejše osvetljevanje objektov kulturne dediščine
- Viri

Seznam okrajšav in enot

K	kelvin je enota za barvno temperaturo svetlobe (višja kot je vrednost barvne temperature, večji je delež modre svetlobe, ki jo seva svetilka)
LED	svetleča dioda (Light-Emitting Diode)
MH	kovinsko halogenidna sijalka
IAU	Mednarodna astronomska zveza
IUCN	Svetovna zveza za varstvo narave (International Union for Conservation of Nature)
cd/m ²	kandela na kvadratni meter je enota za svetlost površin
lx	luks je enota za merjenje osvetljenosti (1lx = 1 lumen na kvadratni meter (1 lm/m ²)) fotopski in skotopski vid - dnevni in nočni vid

Uvod

V brošuri so zbrana priporočila za naravi prijaznejše osvetljevanje objektov kulturne dediščine, ki smo jih pripravili v okviru projekta LIFE+ Življenje ponoči v sodelovanju s Slovensko nacionalno komisijo za UNESCO.

Človek ponoči svetlobo seveda potrebuje, vendar ima lahko pretirano in nepravilno osvetljevanje celo vrsto negativnih posledic. Moti procese v naravi, dolgoročno škoduje zdravju, onemogoča astronomska opazovanja in po nepotrebnem povečuje porabo električne energije.

V projektu LIFE+ Življenje ponoči smo se osredotočili na objekte kulturne dediščine. Slovenija je znana po številnih cerkvah, ki so posejane po celotni državi. Po podatkih Slovenske škofovske konference je samo katoliških cerkva v Sloveniji 2864. V Registru nepremične kulturne dediščine Slovenije je bilo leta 2013 kot kulturni spomenik vpisanih 1445 cerkva. Večina cerkva je osvetljenih. Za razliko od javne razsvetljave in osvetljevanja stavb, kjer je prepovedano uporabljati svetilke, ki svetijo nad vodoravnico, je kulturne spomenike dovoljeno osvetljevati od spodaj navzgor. Takšen način osvetljevanja povzroča veliko svetlobno onesnaženje.

Osnovni namen projekta je bil prispevati k dolgoročnemu zmanjšanju negativnih učinkov, ki jih povzroča osvetljevanje cerkva in ostalih objektov kulturne dediščine in s tem izboljšati naravovarstveni status in biotsko raznovrstnost nočnih živali. Cilj je bil najti primerne tehnične rešitve za naravi prijaznejše in energetske učinkovitejše osvetljevanje objektov kulturne dediščine. Razvili smo svetilko, s katero je bila izboljšana obstoječa razsvetljava na 21 pilotnih cerkvah. Rezultati triletnih znanstvenih raziskav biologov so pokazali, da se je ob prilagojeni razsvetljavi zmanjšal negativen vpliv osvetljevanja na nočne metulje in netopirje. Z novo razsvetljavo smo dosegli tudi zmanjšanje porabe električne energije za od 40 do 90 %, odvisno od prvotne razsvetljave na posamezni cerkvi. Zmanjšanje porabe električne energije še zdaleč ni najpomembnejši kriterij. Bolj pomembno je, da zmanjšamo negativne vplive nočnega osvetljevanja na okolje, ljudi in živali.

Nekateri objekti v tej brošuri niso imenovani, saj bo njihova razsvetljava v bližnji prihodnosti izboljšana. Priporočila so nadgradnja Uredbe o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja (Ur. l. RS št. 81/2007, v nadaljevanju Uredba), ki ureja tudi področje osvetljevanja kulturnih spomenikov, z najnovejšimi izsledki biologov. Sodelavci projekta upamo, da bodo nova spoznanja uporabljena tako v Sloveniji, kot tudi v EU in drugod po svetu.

Svetlobno onesnaženje uničuje nočno podobo narave

Živimo na planetu, kjer nas osupljiva lepota in pestrost narave navdušujeta ter bogatita naše življenje. Stik z naravo marsikomu pomeni priložnost za stik s seboj in svojimi bližnjimi. Živimo pa tudi v svetu paradoksov, ko si znaten del človeštva želi še hitrejšega razvoja, ki ga žal večina še vedno meri v dolžini novih cest, površini zabetonirane narave, številu trgovskih centrov in energetske infrastrukture ter v materialnih dobrinah z vprašljivo dolgo življenjsko dobo.

Zaradi antropogenih izpustov toplogrednih plinov narašča povprečna temperatura okolja. Ledeniki se talijo, zime so brez snega, poleti dosega temperatura rekorde vrednosti. Zaradi povečane toplotne energije oceanov so vremenski pojavi na Zemlji intenzivnejši in bodo v naslednjih desetletjih prizadeli večino prebivalcev našega planeta. Nekoč čisto običajni vremenski pojavi kot so suše, poplave, neurja, vetrovi, postajajo vedno bolj ekstremni in vedno bolj uničujoči.

V senci segrevanja ozračja potekajo procesi degradacije narave, ki niso nič manj pomembni od problema izpustov toplogrednih plinov. Gre za izjemno hitro zmanjševanje biotske pestrosti. Delež naravnega okolja se hitro zmanjšuje, življenjska okolja rastlin in živali se krčijo in drobijo na račun pozidave in vedno intenzivnejšega kmetijstva. Mednarodna organizacija za varstvo narave IUCN opozarja, da izumiranje živalskih in rastlinskih vrst ni bilo nikoli hitrejše, kot je danes, hitrost izumiranja pa vsako leto narašča.

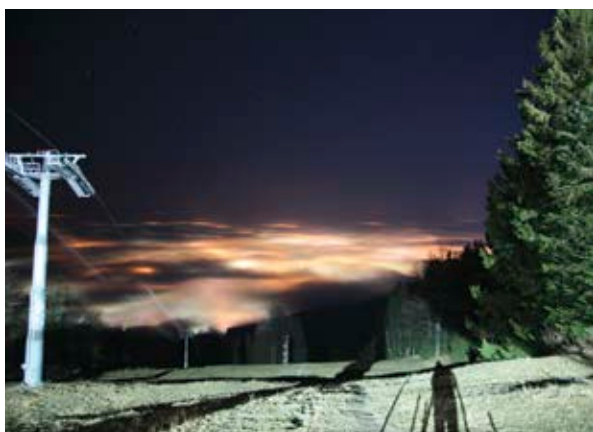
V Sloveniji zaenkrat še lahko uživamo v naravnem okolju. V primerjavi z marsikatero državo v EU imamo vsaj še nekaj odstotkov ozemlja, kjer lahko uživamo v neokrnjeni naravi. Žal samo podnevi. Ko se stemni, se nebo obarva oranžno, zvezde izginejo ali pa so zgolj bleda slika naravnega zvezdnega neba.





Cerknica iz Slivnice

Svetlobno onesnaženje je tudi v Evropi »izbrisalo« zvezde z neba. Nočno nebo nad najlepšimi narodnimi parki je postalo onesnaženo. Nikjer v Evropi ni niti enega koščka zemlje, kjer bi lahko doživeli naravno zvezdno nebo, kot je bilo recimo pred sto leti povsod, celo v velikih, vendar šibko osvetljenih mestih. Ko je oblačno, se lahko svetlost neba v urbanem okolju poveča tudi za 10-krat (Kyba s sod., 2011). Če zapade sneg, se zaradi odboja od snega svetlobna onesnaženost okolja še dodatno poveča.



Maribor s Pohorja

Tudi z vrhov hribov ne moremo doživeti neokrnjene nočne narave, saj se svetlobno onesnaževanje širi celo skozi oblake.



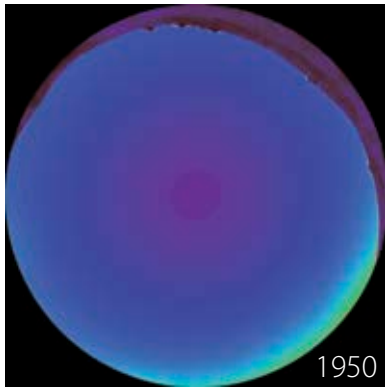
Meglica Konjska glava v ozvezdju Orion

Ob razglasitvi leta 2009 za Mednarodno leto astronomije je UNESCO zapisal: »Nebo je naša skupna in univerzalna dediščina in je sestavni del človekovega okolja.«

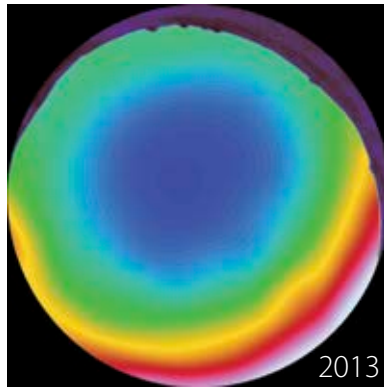
Izginjanja nočnega okolja se vedno bolj zavedajo v mednarodnem okolju. V sodelovanju z UNESCO in v prisotnosti številnih mednarodnih organizacij je bila na La Palmi leta 2007 sprejeta deklaracija StarLight, ki poziva k ohranjanju nočnega neba kot svetovne dediščine in pravice vseh prebivalcev našega planeta do občudovanja in raziskovanja zvezdnega neba.

Svetlobno onesnaženje narašča izjemno hitro

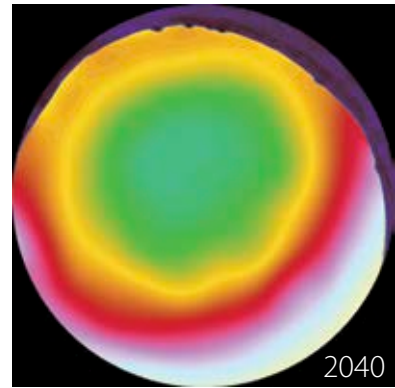
Meritve kažejo hitro naraščanje svetlobnega onesnaženja, med 2 % in 8 % letno, odvisno od lokacije. To je razvidno tako iz satelitskih posnetkov kot tudi iz meritev svetlobnega onesnaženja, ki jih izvaja več tisoč ljubiteljskih astronomov in okoljevarstvenikov. Ta hitro naraščajoča eksponentna krivulja nas zelo skrbi. Če ne bomo ničesar ukrenili, je povsem možno, da bo svetlost nočnega okolja čez nekaj desetletij za več kot 20-krat večja, kot je danes. To bi pomenilo, da bo nad naravnimi parki, ki so običajno najtemnejša območja, vidnih zgolj nekaj svetlejših zvezd. V najbolj temnih nočeh pa bi lahko brali brez umetne razsvetljave.



1950



2013



2040

Simulacija svetlobnega onesnaženja na gori Matajur na meji med Slovenijo in Italijo, narejena na osnovi posnetka neba z vse-nebno kamero leta 2013 in ob predpostavki 5 % letne stopnje rasti svetlobnega onesnaževanja. Predpostavili smo, da je bilo nebo nad Matajurjem leta 1950 skoraj naravno temno. Tedaj številna naselja niso imela javne razsvetljave, redke svetilke javne razsvetljave pa so imele majhno moč. Da s simulacijo dosežemo razmere v letu 1950, moramo uporabiti 5 % letno stopnjo rasti svetlobnega onesnaževanja. Če se bo trend zadnjih 60 let nadaljeval, pričakujemo, da bo leta 2040 vidnih samo še nekaj najsvetlejših zvezd. Simulacija je bila narejena s programom Sky Quality Camera.

Okoljski vpliv osvetljevanja objektov kulturne dediščine

Ocenjujemo, da povzročajo v razvitih državah zunanja razsvetljava objektov kulturne dediščine od 5 % do 20 % skupnega svetlobnega onesnaženja. Ker je večina objektov osvetljenih od spodaj navzgor, so ti objekti zelo veliki svetlobni onesnaževalci. Zelo pogosto gre kar 60 % do 80 % celotnega svetlobnega toka mimo fasade v nebo in okolico.



Svetloba, ki gre po nepotrebnem mimo objekta v nebo in okolico

Slovenija je znana po tem, da je veliko cerkva na vrhovih gričev, izven naselij, v naravnem okolju. Ker osvetljene cerkve z vseh strani obkrožajo gozdovi ali travniki, je njihov vpliv na nočne živali zelo velik. Zato je v takšnih primerih naravi prijaznejša razsvetljava še toliko bolj pomembna. Okoljevarstveniki ne uporabljamo izraza »naravi prijazna« razsvetljava, saj žal nobena razsvetljava ni naravi prijazna. Vsa umetna razsvetljava povečuje svetlost naravnega okolja in ima negativni vpliv na življenje živali. Zato je bolj primeren izraz »naravi prijaznejša« razsvetljava.

Zakonodaja s področja svetlobnega onesnaževanja v Sloveniji in po svetu

Slovenija ima med vsemi državami sveta najbolj napredno zakonodajo glede svetlobnega onesnaževanja, ki ga povzroča razsvetljava objektov kulturne dediščine. V Uredbi o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja (Ur. l. RS št. 81/2007) so za osvetljevanje kulturnih spomenikov bistveni naslednji deli besedila:

4. člen

(osvetljevanje z okolju prijaznimi svetilkami)

(1) Za razsvetljavo, ki je vir svetlobe po tej uredbi, se uporabljajo svetilke, katerih delež svetlobnega toka, ki seva navzgor, je enak 0 %.

...

10. člen

(razsvetljava fasad)

(1) Upravljavec razsvetljave fasade mora zagotoviti, da svetlost osvetljenega dela fasade, izračunana kot povprečna vrednost celotne površine osvetljenega dela fasade, ne presega 1 cd/m^2 .

(2) Svetlost fasade se ugotavlja z meritvami svetlosti najmanj desetih točk osvetljene fasade, enakomerno porazdeljenih po celotni površini osvetljenega dela fasade. Meritve svetlosti fasade se izvajajo v razdalji največ 50 m od osvetljene fasade ali iz mesta za svetilkami razsvetljave fasade, če je to izvedljivo, pri čemer pa sme biti merilnik svetlosti največ 2 m nad tlemi.

(3) Fasada stavbe se lahko osvetljuje na način iz prvega odstavka tega člena samo, če je stavba na območju naselja, ki je opremljeno z javno razsvetljavo, osvetljena stena stavbe pa ne sme biti oddaljena od zunanjega roba najbližje osvetljene javne površine več kakor 240 m, merjeno v vodoravni smeri, pri čemer se za osvetljeno javno površino šteje javna površina s povprečno osvetljenostjo najmanj 3 lx.

11. člen

(razsvetljava kulturnega spomenika)

(1) Upravljavec razsvetljave kulturnega spomenika mora zagotoviti, da svetlost osvetljenega dela kulturnega spomenika, izračunana kot povprečna vrednost celotne površine osvetljenega dela kulturnega spomenika, ne presega 1 cd/m^2 .

(2) Svetlost kulturnega spomenika se ugotavlja z meritvami svetlosti najmanj desetih točk osvetljenega dela kulturnega spomenika, enakomerno porazdeljenih po celotni osvetljeni površini. Meritve svetlosti kulturnega spomenika se izvajajo v razdalji največ 50 m od kulturnega spomenika ali iz mesta za svetilkami razsvetljave kulturnega spomenika, če je to izvedljivo, pri čemer pa sme biti merilnik svetlosti največ 2 m nad tlemi.

(3) Če kulturnega spomenika tehnično ni mogoče osvetljevati s svetilkami, ki izpolnjujejo zahteve iz 4. člena te uredbe, morajo biti svetlobni snopi svetilk usmerjeni tako, da je zunanji rob osvetljene površine kulturnega spomenika najmanj 1 m pod strešnim napuščem, če je kulturni spomenik stavba, ali 1 m pod najvišjim robom spomenika, če je kulturni spomenik nepokrit objekt. Mimo fasade kulturnega spomenika gre lahko največ 10 % svetlobnega toka.

12. člen

(varstvo ogroženih vrst)

Če se v skladu s predpisi, ki urejajo ohranjanje narave, v osvetljeni stavbi ali objektu iz 10. ali 11. člena te uredbe varuje habitat ogroženih živalskih vrst, se površin take stavbe ali objekta, na katerih so preletevalne odprtine teh živalskih vrst, ne sme osvetljevati.

28. člen

(prilagoditev obstoječih svetilk)

(6) Obstoječo razsvetljavo kulturnih spomenikov je treba prilagoditi določbam te uredbe najpozneje do 31. decembra 2013.

Slovenska Uredba je bila sprejeta leta 2007, ko spornih belih LED svetilk še ni bilo na tržišču. Bela svetloba takrat ni predstavljala resnega okoljskega problema. Okoljevarstveniki so se sicer s pristojnim ministrstvom za okolje dogovorili, da morajo vse svetilke imeti poudarjen rumen del spektra. Žal pa je to določilo nepreverjeno izpadlo iz vsebine Uredbe. Omejitev spektra je najpomembnejša resna pomanjkljivost Uredbe. Čeprav je rok za uskladitev razsvetljave kulturnih spomenikov po Uredbi potekel konec leta 2013, hitenje ni smiselno, saj je bistveno, da se poišče tehnično ter ekonomsko najbolj ustrezno in naravi najbolj prijazno rešitev.



V Italiji ima večina regij zakonodajo za zmanjšanje svetlobnega onesnaženja. Svetlost fasad in tudi kulturnih spomenikov je omejena na 1 cd/m². Za razsvetljavo cest in ulic v okolici kulturnega spomenika se lahko uporablja samo svetilke, ki ne svetijo nad vodoravnico. V enem novejših regijskih zakonov v Furlaniji - Julijski krajini je že vključeno omejevanje modre svetlobe, saj je barvna temperatura svetil omejena na največ 3300 K (Legge Regionale 18/06/2007, N. 015).

Zakonodaja v Čilu omejuje delež modre barve na manj kot 15 % deleža izsevane svetlobe v spektralnem območju pod 500 nm. Takšno je tudi priporočilo Mednarodne astronomske zveze (IAU) zaradi varovanja neba pred svetlobnim onesnaženjem. Številne države imajo splošno zakonodajo, ki govori o svetlobnem onesnaževanju, vendar brez izvedbenih podzakonskih predpisov (Hrvaška, Češka), v Franciji pa zakonodaja od leta 2013 med drugim zahteva ugašanje razsvetljave fasad po 1. uri. Prostovoljno ugašanje razsvetljave fasad po 1. uri zasledimo celo v številnih državah brez tovrstne zakonodaje, kot sta npr. Avstrija in Nemčija.

Zakonodaja, ki varuje živalske vrste in njihove življenjske prostore

Svetlobno onesnaževanje je eden od dejavnikov, ki ogroža nočno aktivne živali in njihovo vrstno pestrost. To dejstvo je ministrstvo, pristojno za okolje, prepoznalo in določilo o varstvu ogroženih vrst vključilo v 12. člen Uredbe. Ohranjanje biotske raznovrstnosti v najširšem pomenu besede je velikega javnega pomena, zato so vse rastline, živali in njihovi življenjski prostori pod posebnim varstvom države. Na podlagi več predpisov varujemo tako tudi nočno aktivne živali.

Krovni Zakon o ohranjanju narave (Ur. l. RS, št. 96/04) splošno določa, da je prepovedano slabšati življenjske razmere rastlin in živali do take mere, da je vrsta ogrožena. Poleg tega zakon določa, da je pri posegih v naravo potrebno uporabljati načine, metode in tehnične pripomočke, ki prispevajo k ohranjanju ugodnega stanja vrste. Vsaka svetilka zunanje razsvetljave povzroči smrt številnih žuželk, zato je potrebno uporabljati razsvetljavo, ki ima najmanjši možen vpliv nanje.

Z Uredbo o ekološko pomembnih območjih (Ur. l. RS, št. 48/04) varujemo habitate prosto živečih rastlinskih in živalskih vrst, ki pomembno prispevajo k ohranjanju biotske raznovrstnosti.

Varovanje prosto živečih živalskih vrst podrobneje določa Uredba o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah (Ur. l. RS, št. 46), po kateri je med ostalim prepovedano živali vznemirjati. Med vznemirjanje sodi tudi neprimerno osvetljevanje. Vznemirjanje je opredeljeno v 4. členu: »Vznemirjanje je kakršno koli ravnanje, zaradi katerega žival na mestu vznemirjanja preneha gnezditi, prezimovati, se razmnoževati, hibernirati, vzrejati potomce, mesto uporabljati ob selitvi ali zadovoljevati druge življenjske razmere«. V kolikor so osvetljene tudi preletne odprtine netopirjev, predvsem v objektih, kjer so kotišča netopirjev, ima svetloba lahko negativen vpliv na celotno kolonijo - to razumemo kot vznemirjanje. Spremljevalna študija projekta Življenje ponoči je potrdila, da mali podkovnjaki za zatočišča prednostno izbirajo cerkve, ki ponoči niso osvetljene in imajo primerne preletne odprtine (Herzog, 2013), ali pa na novo osvetljeno zatočišče tudi povsem zapustijo (Downs s sod., 2003). Na seznamu zavarovanih živalskih vrst v Sloveniji, narejenem na podlagi te uredbe, je vseh 28 vrst netopirjev in 54 vrst nočnih metuljev.



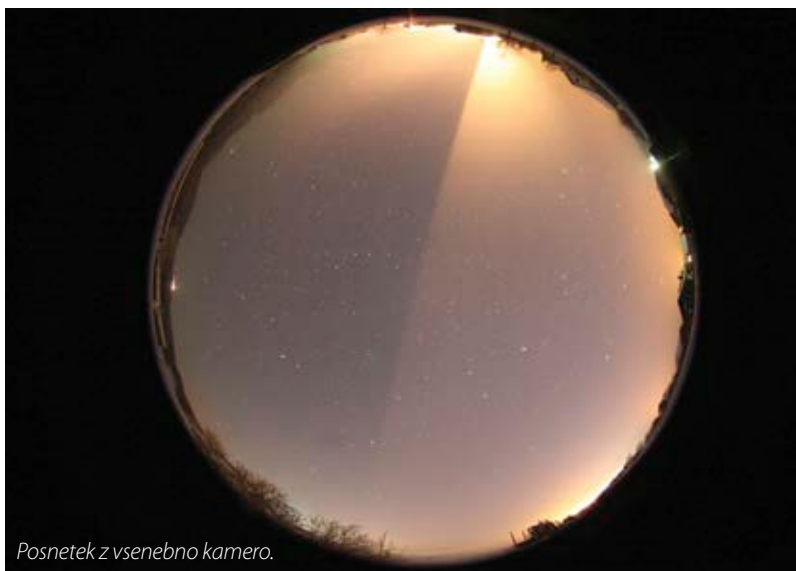
Ohranjanje biotske raznovrstnosti na ozemlju Slovenije pa ni pomembno le za našo državo, ampak tudi za Evropsko unijo in vse prebivalce planeta. Slovenija z Uredbo o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000) (Ur.l. RS, št. 49/04) varuje vrste in habitatne tipe, katerih ohranjanje je tudi v interesu Evropske unije.



Kako svetlobno onesnažuje manjša, neprimerno osvetljena podeželska cerkev?

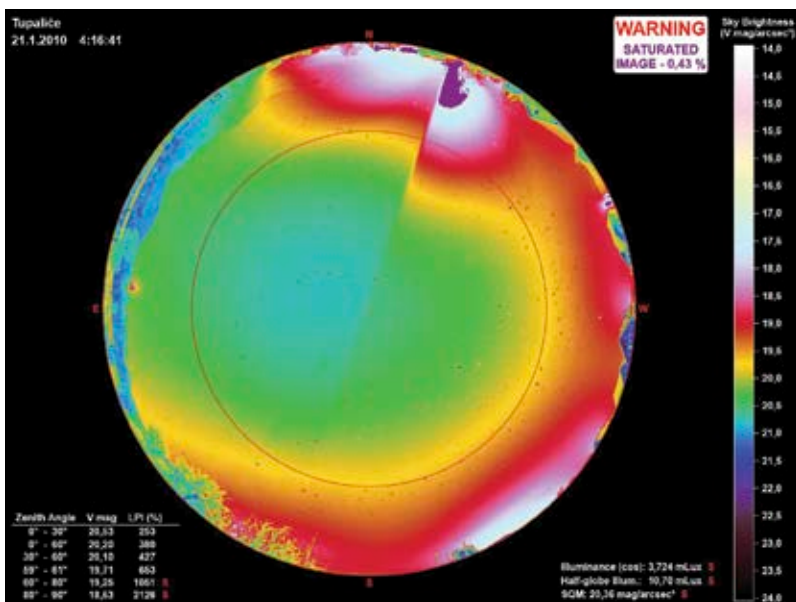


Osvetljena manjša podeželska cerkev. Fotografija je bila posneta v povsem jasnem vremenu ob nekoliko povišani vlažnosti zraka, kar je ponoči običajno. Na posnetku se jasno vidijo snopi svetlobe, ki mimo zvonika osvetljujejo nebo.



Posnetek z vsenebno kamero.

Posnetek z vsenebno kamero (Sky Quality Camera) je bil narejen nekaj sto metrov stran od cerkve. Slika zajema vseh 360 stopinj neba. To je standardni način merjenja svetlobnega onesnaženja neba na določeni točki. S programsko opremo smo analizirali nivoje svetlosti neba. Rezultati kažejo onesnaženje na obzorju, tik nad cerkvijo, kjer se svetlobni snopi širijo na vse strani. Zvonik preseka snop svetlobe enega od reflektorjev in povzroči, da je ena polovica neba za približno 50 % bolj osvetljena (svetlobno onesnažena) kot druga polovica. Ta učinek je sicer lokalni, vendar ne pozabimo, da se svetloba v atmosferi širi več kot 200 km daleč in da je svetlobno onesnaženje na določeni lokaciji seštevek vsega sevanja v krogu s polmerom, večjim od 200 km. Že z obnovo razsvetljave enega objekta lahko merljivo zmanjšamo onesnaženja na razdalji nekaj kilometrov.



Analiza posnetka prikazuje svetlost neba.

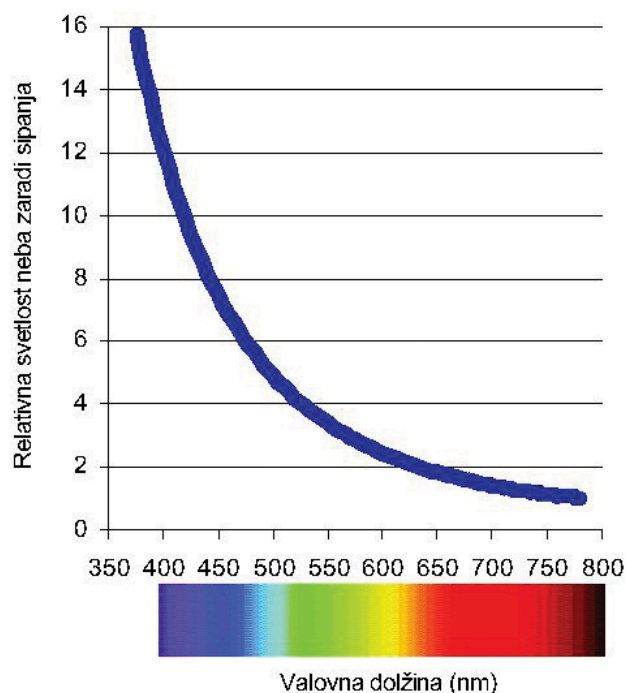
Bele LED svetilke so velika grožnja nočni naravi!

LED svetilke so postale šele pred nekaj leti dovolj učinkovite za zunanjo razsvetljavo. V zadnjem obdobju se za zunanjo razsvetljavo pogosto uporabljajo LED svetilke, ki sevajo belo svetlobo z visokim deležem modre barve (barvna temperatura 4000 K). V nadaljevanju jih bomo imenovali bele LED. Tehnologija se še izboljšuje in verjetno bo čez nekaj let v notranji in v zunanji razsvetljavi prevladala.

Večina LED svetil za domačo uporabo ima barvno temperaturo 2700 K, kar pomeni, da takšno svetilo seva malo modre barve in sveti z rumeno-belo svetlobo. Takšna je na primer navadna žarnica na žarilno nitko, ki ima poudarjene tople barve. Za uporabo v gospodinjstvih kupujemo svetila z 2700 K ali celo z 2500 K. To je v večernem času ne samo prijetnejše, temveč tudi manj škodljivo za zdravje.

Svetloba pri ljudeh in živalih ponoči prekinja tvorbo melatonina, imenovanega tudi hormon spanja. Ko se stemni, se v organizmih začne sinteza melatonina, ki doseže vrh sredi noči. Rdeča svetloba skoraj nima vpliva na prekinitev tvorbe melatonina, modra pa jo prekinja že pri nizkih nivojih osvetljenosti. Cajočen je s sod. (2005) pokazal, da že samo osvetlitev 5 fotopskih luksov pri valovni dolžini 460 nm po 40 minutah učinkovito zavira izločanje melatonina.

Sipanje svetlobe na molekulah in zelo majhnih delcih v ozračju opisuje Rayleighov zakon, po katerem je sipanje obratno sorazmerno s četrto potenco valovne dolžine svetlobe. Če privzamemo, da oko zazna valovne dolžine od 390 nm (skrajno vijolična) do 780 nm (skrajno rdeča), je razmerje v valovni dolžini med obema ekstremoma ravno ena proti dve. Rayleighovo sipanje skrajno vijolične svetlobe je torej 16-krat močnejše od sipanja skrajno rdeče svetlobe. V čistem ozračju lahko zato skrajno vijolična barva povzroča tudi 16-krat več svetlobnega onesnaženja kot skrajno rdeča barva. Bolj modrikasta svetila, ki sevajo blizu vijoličnega dela spektra, torej, dosti bolj svetlobno onesnažujejo od rumenkastih. Bela LED sijalka z barvno temperaturo 4000 K povzroča v skotopskem (nočnem) vidu in v čistem ozračju približno do 3-krat več (300 %) onesnaženja v primerjavi z rumenkasto visokotlačno natrijevo sijalko (2100 K).



Sipanje skrajno vijolične barve je 16-krat večje od sipanja skrajno rdeče barve (2^4 ali $2 \times 2 \times 2 \times 2$).

Ljudje v večernem času za domačo rabo izbirajo svetila s toplo barvo, zato ni nobenega razloga, da bi za razsvetljavo ulic ali kulturnih spomenikov uporabljali hladne barve. Žal pa se že nekaj let dogaja prav to, da bele LED svetilke s 4000 K postajajo standard v zunanji razsvetljavi. Čeprav so bele LED svetilke malenkost bolj učinkovite, ta kriterij ne sme biti prevladujoč, če vemo, da se z belimi LED povzroča velika okoljska škoda - več kot je svetlobnega onesnaženja in bolj kot je intenzivno, več je motenj sinteze melatonina in drugih negativnih vplivov na živali. Za večino živalskih vrst tega vpliva niti približno ne znamo oceniti.

Vpliv umetne svetlobe na ljudi in živali

Med resnimi posledicami svetlobnega onesnaževanja je potrebno izpostaviti negativni vpliv na zdravje ljudi. Živa bitja smo se skozi dolga leta evolucije prilagodila na ritmično izmenjavanje svetlobe in teme.

Cirkadni ritem (ritem dan-noč) sodeluje pri uravnavanju telesne temperature, krvnega tlaka, izločanju hormonov in pri drugih fizioloških procesih (Španinger in Fink, 2007). Med drugim uravnava tudi hormon melatonin, ki se ponoči v temi tvori v organizmu. Melatonin je močan antioksidant in intenzivno obnavlja organizem, zavira nastajanje rakastih sprememb, kot sta rak na dojki in prostati. Delovanje tega hormona je še posebej pomembno, če vemo, koliko škodljivih snovi vnašamo v naše telo s hrano, zrakom, ki ga dihamo, in preko kože z izdelki za telesno nego. Če smo v nočnem času izpostavljeni svetlobi, se zmanjša ali celo prekine tvorba melatonina. Zato se pred spanjem izogibajmo svetlobi, predvsem modro-beli svetlobi računalniških ekranov in mobilnih telefonov. Kadar nočna izpostavljenost svetlobi traja daljše obdobje, se bioritem organizma lahko poruši, s čimer se zmanjša tudi varovalna funkcija melatonina. Rezultati študije o zdravju medicinskih sester, ki je zajela skoraj 80.000 oseb, potrjujejo, da lahko ponavljajoče se nočno delo v izmenah, ki traja 15 let ali več, vsaj tri noči na mesec, poveča tveganje za raka na prsih (Schernhammer s sod., 2003).

Melatonin ima večina višje razvitih živali. Znane so številne raziskave o vplivu svetlobe na melatonin in razvoj rakastih celic pri malih sesalcih, npr. pri podganah (Dauchy s sod., 1997). Za ostale skupine živali pa vloga melatonina še ni dovolj raziskana.

Ne glede na to, da vplivi umetne svetlobe na živali niso dovolj raziskani, je potrebno uporabiti previdnostno načelo. V nočnem času uporabljajmo razsvetljavo, ki ima poudarjen rumeni del spektra in vsebuje čim manj modre barve. Poleg fizioloških procesov v organizmih spreminja tudi vedenje živali ter zmanjšuje kakovost in obseg njihovih življenjskih prostorov. Umetna svetloba ponoči vpliva na široko paleto organizmov. Prizadene tako dnevno kot nočno aktivne živali: spremeni dnevno-nočni ritem, podira ravnovesje med plenilci in plenom, moti živali na selitvenih poteh (Rich in Longcore, 2006). Še posebej so ogrožene nočno aktivne živali - takih je znaten del vrst: 30 % vretenčarjev in več kot 60 % nevretenčarjev (Hölker s sod., 2010). Nekatere nočne živali svetloba privlači, nekatere odbija. Živali, ki se orientirajo po nebesnih telesih, viri svetlobe zmedejo pri orientaciji. Tiste, ki jih svetloba privlači, se v velikem številu zbirajo ob svetilkah, kjer so bistveno bolj izpostavljene plenilcem. Živali, ujeete v snop svetlobe, se izčrpajo, zmanjkuje jim časa za življenjsko pomembne aktivnosti, kot je prehranjevanje, razmnoževanje in selitve. Živalim, ki se svetlobi izogibajo, se zmanjšuje njihovo življenjsko okolje, saj je danes osvetljen velik del zemeljske površine. V svetu poteka veliko raziskav, povezanih z vplivom svetlobe na nočno aktivne živali. Razvila se je celo posebna znanstvena veja skotobiologija, ki proučuje življenje živali ponoči.

Ptice selivke pogosto potujejo ponoči. Pri tem jih lahko zmotijo visoke osvetljene strukture, kot so zgradbe, dimniki, antene, naftne ploščadi, svetilniki, snopi svetlobe fasad, visoki reklamni panoji. Ti svetlobni viri zmedejo njihov občutek za orientacijo. Ujamejo se v svetlobni snop, začnejo krožiti okoli svetilk, kjer lahko zaradi izčrpanosti ali poškodb omagajo ali poginejo. To se še zlasti dogaja v meglenem in oblačnem vremenu, ko postanejo snopi svetlobe veliko bolj vidni. Primer dobre prakse najdemo v ZDA. Po pisanju Ameriške organizacije za varstvo ptic (American Bird Conservancy) je država Minnesota sprejela predpis, ki zahteva, da vse javne zgradbe (več kot 5.000) v času spomladanskih in jesenskih selitev ptic ugašajo razsvetljavo po polnoči. Podobno odločitev so sprejeli v mestu Chicago, ko v okviru prostovoljnega programa »Lights Out« vsako leto za 5 mesecev zasenčijo svetilke na visokih zgradbah. Ocenjujejo, da tako vsako leto rešijo smrti vsaj 10.000 ptic in znatno privarčujejo pri stroških za električno energijo. Svetloba vpliva tudi na morske želve. V naravnih razmerah se male želvice, ki se na obali izvalijo iz jajca, odpravijo v morje, ki je najsvetlejši del obzorja. Če je obala osvetljena, se ne odpravijo proti morju, temveč proti svetlobi na kopnem. Na poti stran od morja postanejo žrtev prometa, se izčrpajo in dehidrirajo ali postanejo plen plenilcem (Rich in Longcore, 2006).

Celo najtemnejša območja v Evropi so dvakrat bolj svetla kot naravno okolje brez vpliva umetne razsvetljave. To ima lahko hude posledice na preživetje ogroženih živalskih vrst. Svetovna zveza za varstvo narave (IUCN) je svetlobno onesnaževanje uvrstila na seznam dejavnikov, ki vplivajo na ogrožene živalske vrste (IUCN, Rdeči seznam).

Znan je primer izginotja našega največjega hrošča, velikega ali črnega potapnika (*Hydrophilus piceus*). Po podatkih iz študijskih zbirk Prirodoslovnega muzeja Slovenije so ti hrošči včasih masovno poseljevali Ljubljansko barje. Danes so na žalost zelo redki in ogroženi, kljub temu, da so njihovi življenjski prostori neokrnjeni. Po oceni dr. Tomija Trilarja iz Prirodoslovnega muzeja je cestna razsvetljava in razsvetljava industrijske cone na Rudniku iztrebila velike vodne hrošče.

V svetu poteka veliko raziskav, povezanih z vplivom svetlobe na nočno aktivne živali. V tej publikaciji bomo predstavili rezultate znanstvenih raziskav vpliva svetlobe na nočne metulje in netopirje, izvedenih v okviru projekta Življenje ponoči.



Raziskave projekta Življenje ponoči o vplivu osvetljevanja cerkva na nočne metulje in netopirje

Cilj projekta LIFE+ Življenje ponoči je bil razvoj nove svetilke za osvetljevanje objektov kulturne dediščine, ki bo imela čim manjši vpliv na nočne metulje in netopirje. Razvili smo dva tipa novih svetilk, ki jih bomo v nadaljevanju imenovali:

1. rumena svetilka

Vsebovala je kovinsko halogenidno (MH) sijalko z barvno temperaturo 3000 K. V svetilko je bil vgrajen filter, ki je preprečil sevanje večjega dela modrega spektra z valovno dolžino, krajšo od 480 nm. Svetilka ni oddajala UV svetlobe. Na svetilki je bila nameščena maska s silhueto cerkve, ki je preprečevala sevanje v nebo.

2. modra svetilka

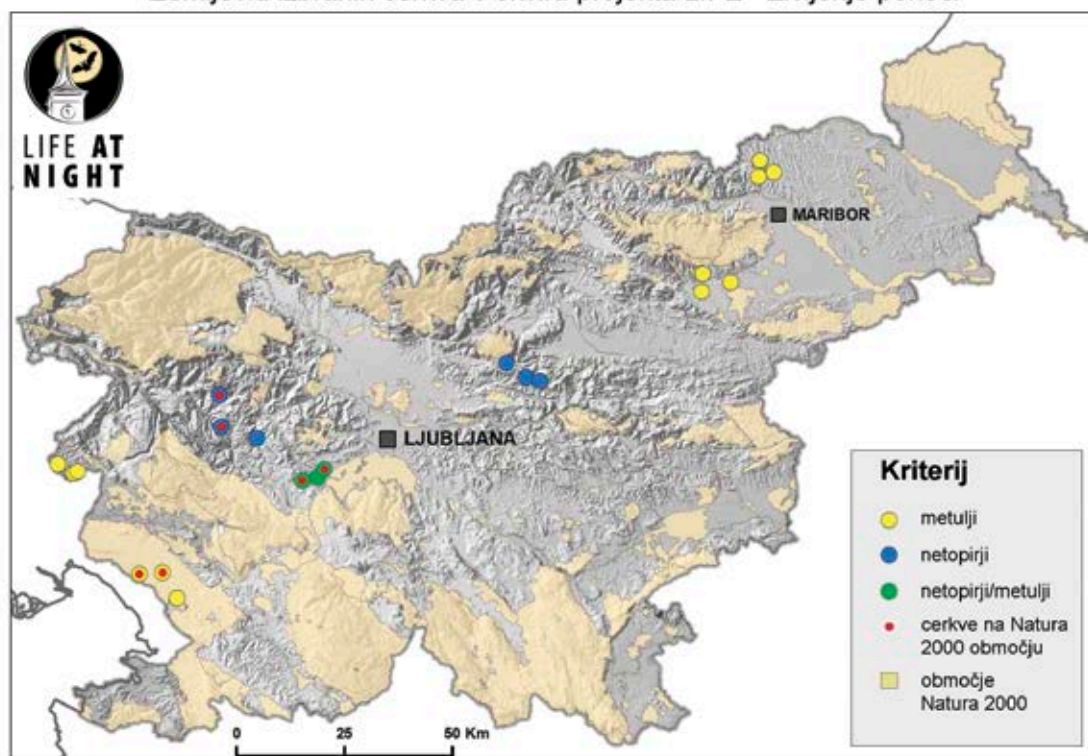
Vsebovala je kovinsko halogenidno sijalko z barvno temperaturo 4200 K in imela vgrajen samo UV filter. Ta svetilka se je od rumene razlikovala v tem, da je sevala tudi v modrem delu spektra. Na svetilki je bila nameščena maska s silhueto cerkve, ki je preprečevala sevanje v nebo.

Oba tipa svetilk sta bila opremljena z maskami, izdelanimi na podlagi fotografij fasad cerkva. Omogočala sta osvetljevanje zgolj fasade cerkve, delež svetlobe, ki je šel v nebo mimo fasade, pa je bil manjši od 10 %. Ker nismo osvetljevali okolice cerkve, smo pričakovali, da bodo maske privabljalale manj nočnih metuljev iz okolice cerkve. Kjer so potekale raziskave o vplivu svetlobe na netopirje, smo na maskah izdelali senčnike, ki so na cerkvi zatemnili preletne odprtine netopirjev.

Originalna razsvetljava cerkva (pred sanacijo) je bila zelo različna. Svetilke so imele vgrajene visokotlačne natrijeve sijalke ali kovinsko halogenidne sijalke z višjim deležem modrega dela spektra. Tudi delež izsevane UV svetlobe je bil različen. Večina originalnih svetilk je sevala UV svetlobo.

Za eksperiment smo izbrali 21 projektih cerkva. Ker smo želeli preučevati zgolj vpliv razsvetljave brez dodatnih motečih dejavnikov, smo izbrali intenzivno osvetljene cerkve v naravnem okolju izven naselij. Po tri cerkve, ki so si bile geografsko blizu, smo združili v t.i. trojčke. V vsakem trojčku smo vsako leto menjali razsvetljava. Tako je bila eno leto nameščena originalna razsvetljava, eno leto rumena in eno leto modra razsvetljava. S takšno ciklično menjavo različnih svetilk smo izključili dejavnike, ki so posledica različnih klimatskih pogojev v posameznem letu.

Zemljevid izbranih cerkva v okviru projekta LIFE+ Življenje ponoči



Zemljevid izbranih cerkva v projektu LIFE+ Življenje ponoči, od katerih jih je 6 v petih območjih Natura 2000.

Ekipo raziskovalcev biologov je tri sezone spremljala vplive različne vrste razsvetljave (originalne, rumene in modre svetilke) na nočne metulje in netopirje. Cerkve so biologi obiskovali od pomladi do jeseni, vedno v obdobju mlaja, oziroma tedaj, ko Luna ni motila opazovanj.

V naslednjih dveh poglavjih so predstavljeni rezultati teh znanstvenih raziskav. Za lažjo predstavbo bomo tip razsvetljave navajali v treh barvah:

RDEČA označuje rezultate, povezane z originalno razsvetljavo, ki je osvetljevala cerkve pred začetkom našega projekta.

MODRA označuje rezultate, povezane s prilagojeno razsvetljavo, ki oddaja modro-belo svetlobo (cca. 4200 K).

RUMENA označuje rezultate, povezane s prilagojeno razsvetljavo, ki oddaja rumeno-belo svetlobo (cca. 2700 K).

Vpliv razsvetljave na nočne metulje

Dr. Rudi Verovnik



Mali nočni pavlinček (Saturnia pavonia).

Velik del našega planeta je ponoči umetno osvetljen in delež osvetljevanja se povečuje za približno 6 odstotkov letno (Cizano s sod., 2001; Hölker s sod., 2010). To povečanje spremljajo tudi spremembe v številčnosti nočnih metuljev. Upad številčnosti nočnih metuljev, ki predstavljajo pomemben delež biotske raznovrstnosti, so že zaznali v Veliki Britaniji (Conrad s sod., 2006), na Nizozemskem (Groenendijk in Ellis, 2010) in v Skandinaviji (Mattila s sod., 2006). Trend upadanja številčnosti nočnih metuljev je verjetno posledica kombinacije dejavnikov, predvsem izgube življenjskega prostora in antropogenih podnebnih sprememb (Fox, 2012). Kot eden ključnih

dejavnikov, ki pospešujejo izumiranje, se omenja tudi svetlobno onesnaženje, predvsem javna razsvetljava (Frank, 1988; Conrad s sod., 2006; Groenendijk in Ellis, 2010; Fox, 2012). Nočni metulji imajo pomembno vlogo v prehranjevalnih spletih, pomembni pa so tudi kot oprasovalci, zato je z upadanjem njihove številčnosti ogrožen tudi celotni ekosistem (Fox, 2012).

Znano je, da nočne metulje bolj privabljajo svetila z večjim deležem kratkovalovne svetlobe, predvsem ultravijolično (UV) svetlobo (Rydell, 1992; Eisenbeis, 2006; van Langevelde s sod., 2011; Barghini s sod., 2012), kar s pridom izkoriščajo tudi entomologi za raziskave favne nočnih metuljev (Nowinszky, 2003). Umetna svetloba povzroča motnje v naravnem vedenju nočnih metuljev, predvsem pri iskanju hrane, razširjanju, razmnoževanju in drugih interakcijah znotraj vrst (Altermatt, 2006; Frank, 2006). Povečana je tudi smrtnost osebkov, saj so ob svetilkah bolj izpostavljeni plenilcem, predvsem netopirjem (Rydell, 1992; Svensson in Rydell, 1998). Raziskav, ki bi natančneje opredelile vpliv različnih virov svetlobe na nočne metulje, je malo, vse pa kažejo, da ta pojav ni splošen. Van Langevelde je leta 2011 s sodelavci ugotovil, da na svetilke z večjo vsebnostjo UV svetlobe oziroma svetlobe kratkih valovnih dolžin, priletava statistično značilno več velikih nočnih metuljev, najverjetneje zaradi večjih in bolj občutljivih oči ter večje mobilnosti živali. Tudi med velikimi metulji so sovke (Noctuidea) bolj občutljive na kratke valovne dolžine kot pedici (Geometridea) (Somers-Yeates s sod., 2013).

V naši raziskavi smo se osredotočili na osvetlitev kulturnih spomenikov, konkretno cerkva, ki prispevajo pomemben delež k svetlobnemu onesnaževanju v Sloveniji. Cerkve namreč pogosto stojijo na izpostavljenih mestih izven urbanih območij, zato smo pričakovali, da bodo osvetljeni objekti privabili veliko število vrst nočnih metuljev. Slovenija je namreč ena izmed vročih točk vrstne pestrosti metuljev. Pri nas je zabeleženih 3200 vrst nočnih in 183 vrst dnevnih metuljev. Ocenjujemo pa, da je vrst med 3500 do 3700 (Gomboc in Lasan, 2006). Tako lahko na podlagi te raziskave posredno ocenimo vpliv umetnega osvetljevanja kulturnih spomenikov na celotno biotsko raznovrstnost kopenskih življenjskih prostorov v Sloveniji.

Metode

V našo raziskavo je bilo vključeno pet trojčkov cerkva iz različnih geografskih in biogeografskih območij od Primorske do Štajerske (Zemljevid). Dodatno smo v raziskavo vključili še planinsko kočo na Sabotinu, ki prej ni bila nikoli osvetljena. S tem smo skušali preveriti, če ima dolgotrajno osvetljevanje izbranih cerkva že kakšen vpliv na zmanjšanje pestrosti vrst nočnih metuljev.

Popisi so potekali šestkrat na leto med sredino maja in sredino septembra, to je v obdobju, ko je aktivnih največ vrst nočnih metuljev. Zaradi standardizacije je vsak popis trajal 45 minut, tako da so bili popisi na vseh treh cerkvah v trojčku opravljeni v eni noči. Delo je bilo razdeljeno na popisovanje na vzorčni ploskvi okvirnih dimenzij 10 m dolžine in 3 m višine ter na popis na celotnem objektu. Tu smo popisovali le prisotnost vrst, na vzorčni ploskvi pa tudi število osebkov. Vzoredno s tem smo na eni od cerkva – v Skopem (kraški trojček) – spremljali številčnost žuželk in nočnih metuljev, ujetih na lepljive plošče pod reflektorji.

Ugotovitve

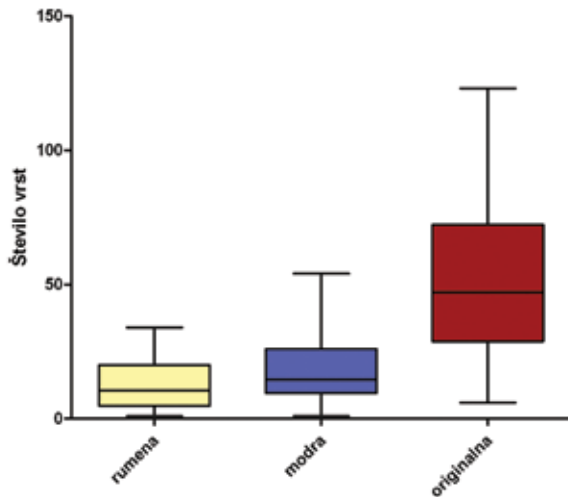
Na vseh objektih skupaj smo zabeležili 611 vrst nočnih metuljev, kar je približno 20 % vseh v Sloveniji živečih vrst. Po vrstni pestrosti izstopata cerkev na Koritnem in testni objekt na Sabotinu. Za obe lokaciji je značilno, da ležita v pretežno gozdni krajini, z dobro ohranjenimi naravnimi življenjskimi prostori. Cerkve z najnižjim številom opaženih vrst (Gornje Cerovno, Šmarje, Velika Ligojna) so večinoma v naseljih, obdane s hišami in javno razsvetljavo.

Območje	Lokacija	Število vrst
Mariborsko Pohorje	Koritno	216
Goriška Brda	Sabotin	213
Kras	Skopo	186
Goriška Brda	Fojana	151
Goriška Brda	Dolnje Cerovo	124
Slovenske Gorice	Zgornja Kungota	124
Slovenske Gorice	Šober	113
Mariborsko Pohorje	Zgornja Ložnica	110
Mariborsko Pohorje	Malahorna	104
Ljubljansko barje	Stara Vrhnika	95
Slovenske Gorice	Gradiška	84
Kras	Veliki Dol	78
Ljubljansko barje	Zaplana	63
Ljubljansko barje	Velika Ligojna	56
Kras	Šmarje	25
Goriška Brda	Gornje Cerovo	25

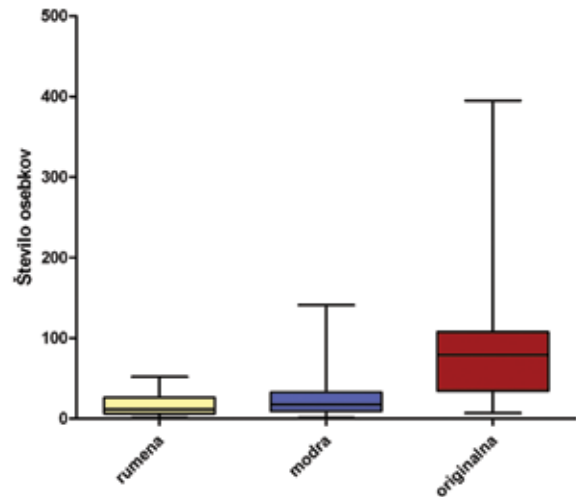
V primerjavi različnih tipov osvetlitve je bilo v povprečju na vzorčnih ploskvah objektov s prilagojeno rumeno osvetlitvijo prisotnih 3,9-krat manj vrst (Slika 1a) in 5,8-krat manj osebkov (Slika 1b), kot na objektih, osvetljenih z originalno osvetlitvijo. Tudi vrstna pestrost na celotnem objektu je bila ob osvetlitvi z rumeno svetlobo za 3,6-krat manjša kot ob originalni osvetlitvi. V primerjavi obeh tipov spremenjenih režimov osvetljevanja je bilo na vzorčnih ploskvah ob rumeni osvetlitvi zabeleženih 30 % manj vrst in 40 % manj osebkov kot ob modri.



Slika 1: Primerjava povprečnega števila osebkov in vrst nočnih metuljev glede na različno osvetlitev objektov



Slika 1a: Primerjava povprečnega števila vrst nočnih metuljev glede na različno osvetlitev objektov.



Slika 1b: Primerjava povprečnega števila osebkov nočnih metuljev glede na različno osvetlitev objektov.

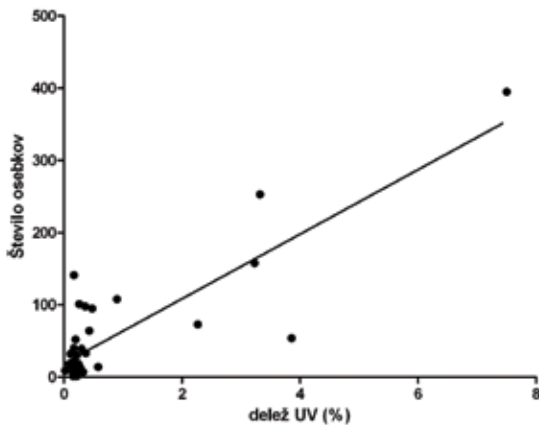
Manjša številčnost vrst in osebkov je posledica kombinacije treh izboljšav:

- zmanjšanja intenzitete osvetlitve,
- zmanjšanja deleža kratkovalovne svetlobe, predvsem modrega in UV dela spektra, in
- omejevanja snopa svetlobe, ki gre v okolico, s pomočjo mask na reflektorjih.

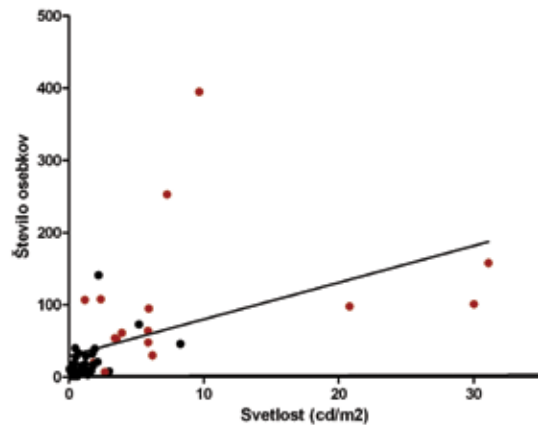
Za prvi dve izboljšavi smo opravili meritve svetlosti fasad in spektralne sestave reflektorjev. Tako lahko potrdimo, da je tako zmanjšanje intenzitete osvetlitve kot tudi manjši delež UV svetlobe vplivalo na zmanjšanje svetlobnega onesaženja. S tem se je statistično značilno zmanjšal prilet nočnih metuljev na preiskovanih cerkvah (Slika 1).

Slika 2: Korelacija med številom osebkov na vzorčni ploški in deležem UV svetlobe ter intenziteto osvetlitve.

Tekom raziskav smo spremljali tudi druge dejavnike, ki bi lahko vplivali na številčnost privabljenih nočnih metuljev.



Slika 2a: Korelacija med številom osebkov na vzorčni ploški in deležem UV svetlobe.



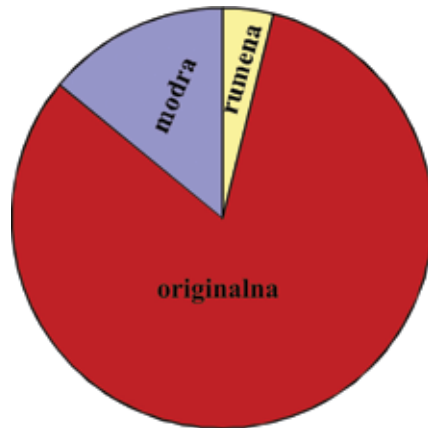
Slika 2b: Korelacija med številom osebkov na vzorčni ploški in intenziteto osvetlitve. Rdeče točke prikazujejo vzorčna mesta z originalno osvetlitvijo.

Med njimi smo ugotovili pozitivno korelacijo z naraščanjem temperature in negativno korelacijo s povečano močjo vetra. Kot dejavnik življenjskega prostora smo s številčnostjo nočnih metuljev na objektih primerjali delež gozdnih in urbanih površin v okolici cerkva in potrdili, da se z večanjem deleža gozdov povečuje pestrost vrst, s povečevanjem deleža urbanih površin pa pestrost pada.

V raziskavi z lepljivimi ploščami so bile razlike v priletu žuželk (kot celota) in metuljev (posebej) še bistveno večje. Pod svetilkami z rumeno osvetlitvijo se je prilepilo 21-krat manj žuželk kot pri originalni osvetlitvi, pod modro pa se je ujelo 5,8-krat manj živali kot pod originalno svetilko (Slika 3).



Delo z lepljivimi ploščami.



Slika 3: Primerjava deležev števila privabljenih žuželk, ujetih na lepilnih ploščah v Skopem na Krasu, z različnimi tipi osvetlitve.

Zaključki

V našo raziskavo smo zajeli pomemben delež favne nočnih metuljev Slovenije, s čimer smo potrdili ustreznost izbire cerkva in območij. Med opaženimi vrstami jih je 13 vključenih v Rdeči seznam ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v Sloveniji, večinoma v kategoriji prizadetih vrst (Ur. list RS 2002). Poleg tega smo na treh objektih opazili črtastega medvedka (*Callimorpha quadripunctaria*), ki sodi med vrste Habitatne direktive, za katere je treba oblikovati Natura 2000 območja. To daje dodatno težo našim rezultatom, saj smo dokazali, da ima umetno osvetljevanje kulturnih spomenikov negativen vpliv na veliko število vrst nočnih metuljev, vključno z nekaterimi že ogroženimi vrstami.



Črtasti medvedek (*Callimorpha quadripunctaria*).

Ta vrsta iz Direktive o habitatih je bila opažena na treh vzorčnih objektih.

Vpliv svetlobnega onesnaženja je mogoče bistveno zmanjšati z uporabo spremenjene osvetlitve, z zmanjšano intenziteto svetlobe, brez UV in modrega dela svetlobe ter minimalnim svetlenjem mimo objekta v okolico. S temi spremembami so bili doseženi izjemni rezultati, saj se je ob taki osvetlitvi na cerkvah zbralo do štirikrat manj vrst in šestkrat manj osebkov nočnih metuljev. Tudi razlika med rumeno in modro prilagojeno osvetlitvijo ni zanemarljiva, zato je dolgoročno smiselno za osvetljevanje fasad cerkva uporabiti svetilke z rumeno-belo svetlobo. Ključno priporočilo pa je, da se skušamo osvetljevanju kulturnih spomenikov čim bolj izogibati, sploh na lokacijah, ki so izven sklenjenih naselij. Drugo pomembno priporočilo je, da se razsvetljava po 23.00 uri izklaplja, saj s tem privabimo manj nočnih metuljev. Tistim, ki so že bili ujeti v soju luči, pa omogočimo, da se pravočasno umaknejo.

Viri:

Altermatt F, Baumeyer A, Ebert D. 2009 Experimental evidence for male biased flight-to-light behavior in two moth species. *Entomol. Exp. Appl.* 130, 259–265.

Barghini A, Augusto B, Medeiros SD. 2012 UV radiation as an attractor for insects. *Leukos* 9, 47–56.

Conrad KF, Warren MS, Fox R, Parsons MS, Woivod IP. 2006 Rapid declines of common, widespread British moths provide evidence of an insect biodiversity crisis. *Biol. Conserv.* 132, 279–291.

Cinzano P, Falchi F, Elvidge CD. 2001 The first world atlas of the artificial night sky brightness. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 328, 689–707.

Eisenbeis G. 2006 Artificial night lighting and insects: attraction of insects to streetlamps in a rural setting in Germany. V: *Ecological consequences of artificial night lighting* (eds C Rich, T Longcore), pp. 281–304. Washington, DC: Island Press.

Fox R. 2012 The decline of moths in Great Britain: a review of possible causes. *Insect Conserv. Diver.* 6, 5–19.

Frank KD. 1988. Impact of outdoor lighting on moths: an assessment. *J. Lepidopter. Soc.* 42, 63–93.



Frank KD. 2006 Effects of artificial night lighting on moths. In Ecological consequences of artificial night lighting (eds T Longcore, C Rich), pp. 305–344. Washington, DC: Island Press.

Gomboc S., Lasan M. (2006): Seznam vrst slovenskih metuljev – pregled in odprta vprašanja. V: Prešern J. (Ed.), 1. Slovenski entomološki simpozij, Knjiga povzetkov. Slovensko entomološko društvo Štefana Michielija in Prirodoslovni muzej Slovenije, Ljubljana, pp. 20–21.

Groenendijk D, Ellis WN. 2010 The state of the Dutch larger moth fauna. *J. Insect Conserv.* 15, 95–101.

Hölker F et al. 2010 The dark side of light: a transdisciplinary research agenda for light pollution policy. *Ecol. Soc.* 15(4), 13.

Mattila N, Kaitala V, Komonen A, Kotiaho JS, Päivinen J. 2006 Ecological determinants of distribution decline and risk of extinction in moths. *Conserv. Biol.* 20, 1161–1168.

Nowinszky L. (Ed.) 2003. The Handbook of Light Trapping. Savaria University Press.

Szombathely, Hungary, 276 str.

Rydell J. 1992 Exploitation of insects around streetlamps by bats in Sweden. *Funct. Ecol.* 6, 744–750.

Svensson A, Rydell J. 1998 Mercury vapour lamps interfere with the bat defence of tympanate moths (*Operophtera* spp.; Geometridae). *Anim. Behav.* 55, 223–226.

Somers-Yeates R., Hodgson D., McGregor PK., Spalding A., French-Constant RH. 2013 Shedding light on moths: shorter wavelengths attract noctuids more than geometrids. *Biol. Lett.* 9, 20130376.

Ur. list RS 2002. Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam.

van Langevelde F, Ettema JA, Donners M, Wallis DeVries MF, Groenendijk D. 2011 Effect of spectral composition of artificial light on the attraction of moths. *Biol. Conserv.* 144, 2274–2281.

Vpliv zunanje razsvetljave na netopirje

Dr. Maja Zagmajster



Mali podkovnjaki

Netopirji so ena najbolj ogroženih skupin sesalcev. V kontinentalnem delu Evrope je bilo najdenih 35 vrst netopirjev (Dietz in sod., 2009), v Sloveniji pa jih živi kar 28 (Presetnik s sod., 2009). Evropski netopirji se prehranjujejo skorajda izključno z žuželkami in drugimi členonožci. Teh pozimi ni dovolj, zato netopirji to obdobje prespijo v globokem zimskem spancu (hibernaciji). Proti koncu pomladi se samice v večjem številu zberejo v skupine, imenovane porodniške kolonije, kjer kotijo mladiče in skrbijo zanje. Samice imajo po enega mladiča (le redke vrste imajo lahko po dva), ki se do konca poletja osamosvoji. Jeseni se netopirji pari, do oploditve in razvoja zarodka pa pride šele naslednjo pomlad. Netopirji za zatočišča uporabljajo podzemne jame, drevesna dupla, špranje v skalnih stenah in za drevesnim lubjem. Veliko vrst uporablja tudi različne dele stavb kot so kletni prostori, špranje za opažem, prostori na podstrešju itd. Med zatočišči se selijo (tudi več 100 km daleč), velike razdalje preletijo tudi vsak večer, ko se iz zatočišč odpravijo na nočni lov.

Spreminjanje in uničevanje naravnega okolja ter vznemirjanje in preganjanje iz zatočišč sta glavna sklopa dejavnikov, ki negativno vplivata na netopirje. Tudi umetna svetloba negativno vpliva na netopirje (Patriarca in Debernardi, 2010). Svetlobno onesnaževanje je bilo uvrščeno med deset faktorjev, ki najbolj ogrožajo biodiverzitetu (Hölker s sod., 2010).

Vplivi nočne razsvetljave na netopirje

Umetni svetlobni viri ponoči k sebi privlačijo številne žuželke, te pa pritegnejo plenilce – tudi netopirje. Nekaj vrst netopirjev je začelo uspešno izrabljati ta način dostopa do hrane, tako da gredo ponekod celo raje loviti k svetilkam kot v naravni habitat (Rydell, 2006). Spet druge vrste pa se svetilkam izogibajo. V raziskavi v Veliki Britaniji so v poskusu namestili svetilke na znane letalne poti malih podkovnjakov (*Rhinolophus hipposideros*) in ugotovili, da so te poti nehali uporabljati. Svetilkam so se ogibale tudi vrste iz rodu navadnih netopirjev (*Myotis* spp.), medtem ko so se k svetilkam prišli prehranjevat npr. mali netopirji (*Pipistrellus pipistrellus*) (Stone s sod., 2009, 2012). Zaradi namestitve cestne razsvetljave v nekaj gorskih dolinah v Švici so se v te bolj razširili mali netopirji, medtem ko so mali podkovnjaki izginjali (Arlettaz s sod., 2000). Vendar se, ker umetna osvetlitev negativno vpliva na pogostost in raznolikost žuželk, zmanjšuje količina njihovega plena, zaradi česar dolgoročno izgubljajo vse vrste netopirjev.

Stavbe so zelo pomembna zatočišča za številne vrste netopirjev, kar 24 evropskih vrst je vsaj deloma vezanih na bivanje v gradovih in cerkvah (Marnell in Presetnik, 2010). V stavbah imajo številne vrste porodniške kolonije, varstvo teh pa je ključno za ohranjanje vrst na določenem območju in v širši regiji. Tako objekti združujejo kulturno in naravno dediščino, zato mora biti skrb za varstvo obeh usklajena. V Sloveniji je preko 130 objektov (med njimi 112 cerkva in 11 gradov) vključenih v omrežje Natura 2000 zaradi netopirjev.

Za ohranjanje zatočišč netopirjev v stavbah je treba vzdrževati preletne odprtine, vzdrževalna in obnovitvena dela pa opraviti v času in na način, ki netopirjev ne vznemirja. Pomemben dejavnik je tudi zunanja osvetlitev. Čas večernega izletavanja netopirjev iz zatočišč je povezan z intenziteto svetlobe zunaj njih (Fure, 2012) in se med različnimi vrstami razlikuje (Jones in Rydell, 1994). Če izletijo prezgodaj, so lahko bolj izpostavljeni plenilcem, če pa izletijo prepozno, lahko zamudijo večerni vrh največje aktivnosti žuželk v svojih prehranjevalnih okoljih (Jones in Rydell 1994; Duverge s sod., 2000). Z osvetljevanjem preletnih odprtin in njihove okolice netopirje zavajamo, saj dobijo napačne informacije o naravni intenziteti svetlobe. Iz osvetljenih odprtin izletijo kasneje kot iz neosvetljenih, netopirji pa lahko na novo osvetljeno zatočišče tudi povsem zapustijo (Downs s sod., 2003; Reiter in Zahn, 2006; Boldogh s sod., 2007). Če netopirji izletijo iz zatočišča kasneje, lahko zamudijo vrh aktivnosti žuželk, to se pozna na njihovi prehranjenosti, posledično pa tudi na rasti in preživetju mladičev. Mladiči v osvetljenih zatočiščih naj bi rasli počasneje kot v neosvetljenih, take razlike so ugotovili pri vejicatih netopirjih (*Myotis emarginatus*) in ostrouhih netopirjih (*Myotis oxygnathus*) na Madžarskem (Boldogh s sod., 2007).



*Mali podkovnjak (levo) in usnjebradi uhati netopir (desno)
Mali podkovnjaki in usnjebradi uhati netopirji so pri nas poleti znani skoraj izključno iz podstrešij stavb, predvsem cerkva.*

Raziskava netopirjev v okviru projekta Življenje ponoči

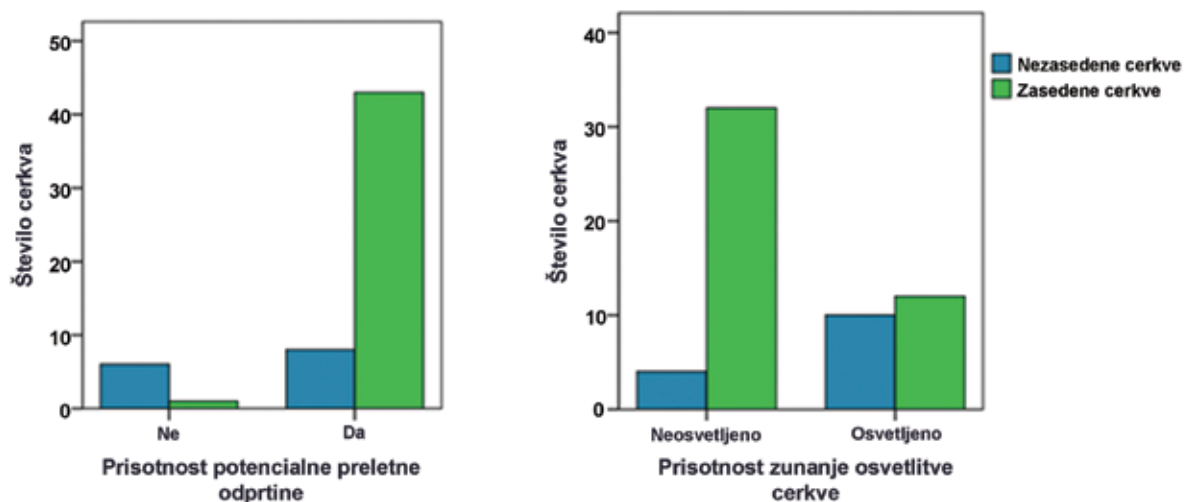
V projektu Življenje ponoči smo se osredotočili na raziskovanje vpliva sprememb razsvetljave cerkva na male podkovnjake. Gre za najmanjše podkovnjake (*Rhinolophidae*) pri nas, ki imajo skorajda vse porodniške kolonije v stavbah, predvsem podstrešjih cerkva in zvonikih (Presetnik s sod., 2009). So tudi ena najbolj ogroženih vrst netopirjev, ki je uvrščena na Dodatek 2 Habitatne direktive – to pomeni, da je bilo treba v okviru omrežja Natura 2000 določiti tudi območja, kjer se varuje habitate malih podkovnjakov. Večina kulturnih objektov, ki so vključeni v omrežje zaradi netopirjev, je tam zaradi pomena za male podkovnjake.

Del projekta je bila izdelava diplomske naloge, ki jo je za zaključek študija biologije opravila Klara Hercog (Hercog, 2013). Na izbranem območju (del Posavja) je raziskala značilnosti cerkva in njihove okolice in skušala ugotoviti, kaj je pomembno za prisotnost malih podkovnjakov. Še posebno nas je zanimalo, ali lahko prepoznamo pomemben vpliv zunanje osvetlitve.

Ena od osrednjih aktivnosti projekta je bila ugotavljanje vpliva različnih načinov osvetlitve na izbranih cerkvah na netopirje. V projekt so bile vključene cerkve, ki so bile zatočišča netopirjev in kjer je že bila nameščena osvetlitev. Na vsaki med njimi se je vsako leto namestilo drugačno osvetlitev (originalno, modro in rumeno). V prvem letu smo netopirje spremljali na šestih cerkvah oz. na dveh trojčkih, na vrhniškem (Stara Vrhnika, Zaplana, Velika Ligojna) in cerkljanskem (Trebenče, Otalež, Ledinica), saj nam, na tedaj predvidenem tretjem trojčku, ni uspelo vzpostaviti sodelovanja s ključarjem ene od cerkva. V letih 2012 in 2013 smo poleg teh cerkva uspešno spremljali netopirje tudi na cerkvah novega, trojanskega trojčka (Šentgotard, Čemšenik, Špitalič). Na vsaki cerkvi smo netopirje opazovali po desetkrat, v dvo- ali enotedenskih razmikih, od konca maja do konca avgusta. Podnevi smo prešteli netopirje v cerkvi, zvečer smo opazovali njihovo izletavanje. V istem večeru smo opazovali vse cerkve enega trojčka hkrati, beležili smo dogajanja za vsako preletno odprtino posebej. Na cerkvah v okolici Vrhnike smo spremljali tudi rast mladičev. Poleg projektnih opazovanj je bilo po zaslugi študentov opravljenih tudi veliko dodatnih opazovanj neosvetljenih in osvetljenih cerkva, kar bo prispevalo k boljšemu razumevanju projektnih rezultatov.

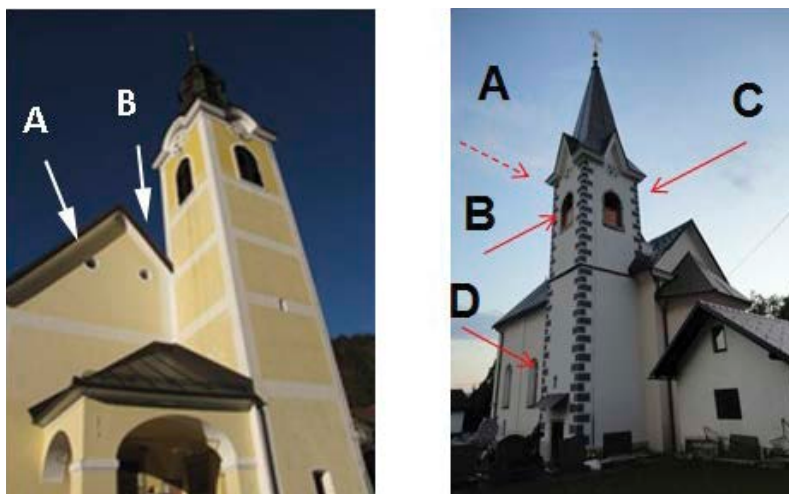
Ugotovitve

Iz primerjave cerkva z in brez malih podkovnjakov na območju Posavja (Hercog, 2013) je vidno, da mali podkovnjaki prednostno naseljujejo cerkve, ki imajo primerno velike preletne odprtine in ki so neosvetljene (Slika 1), pomemben dejavnik je bila tudi bližina gozda (saj se tam prehranjujejo).



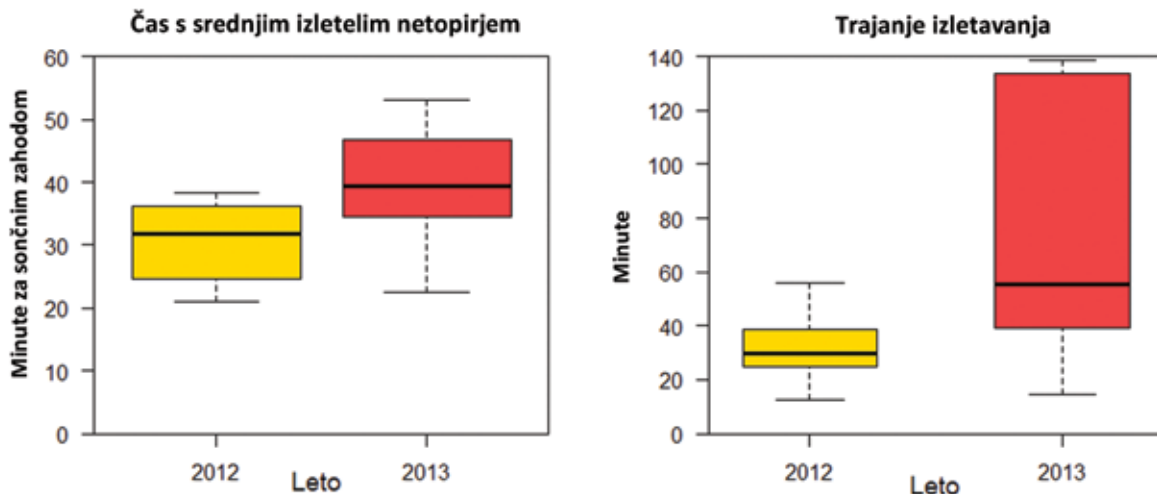
Slika 1: Število cerkva z in brez malih podkovnjakov glede na prisotnost potencialne preletne odprtine (levo) in prisotnost zunanje osvetlitve (desno). Podatki so iz leta 2011, ko je bilo popisanih 58 od 90 cerkva v zahodnem delu Posavja (Hercog, 2013).

Odziv malih podkovnjakov na spremembo razsvetljave v treh letih projekta ni bil na vseh cerkvah enak, ponekod ga nismo opazili. To lahko razložimo s tem, da spremembe jakosti osvetlitve pri prilagojeni razsvetljavi ponekod niso bile tako močne – preletne odprtine so bile lahko po naključju na »senčni« strani cerkve in jih tudi originalna osvetlitev ni močno osvetljevala. Ponekod pa so, iz sicer bolj osvetljenih odprtin, netopirji lahko hitro izleteli v zaklon blizu ležeče vegetacije. Okolica in velikost odprtin vpliva na izletavanje netopirjev (Duverge in sod., 2000).



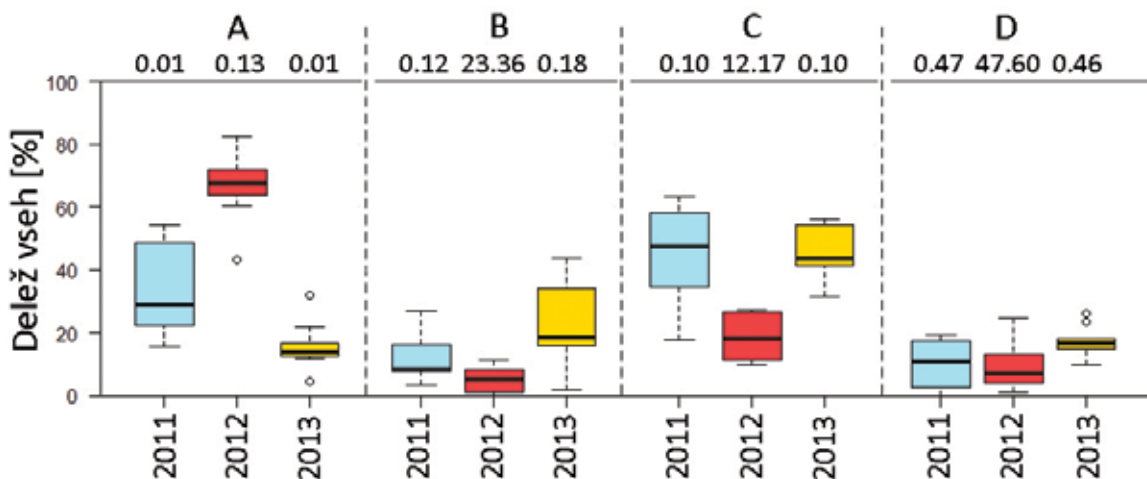
Slika 2: Cerkev v Špitaliču (levo) in na Zaplani (desno), z označenimi preletnimi odprtinami.

Na nekaj cerkvah smo potrdili pozitiven učinek spremembe razsvetljave na male podkovnjake. Na cerkvi v Špitaliču so ob originalni osvetlitvi preletne odprtine močno osvetljene, na dveh glavnih preletnih odprtinah (Slika 2) smo izmerili povprečno 8,3 luksov. Ob prirejeni razsvetljavi je bila ta le še 1,16 luksih. Učinek te spremembe na izletavanje netopirjev je bil izrazit. Netopirji so ob prirejeni razsvetljavi izleteli prej, srednji netopir* je izletel tudi 20 minut prej kot pri originalni. Izrazito se je skrajšalo trajanje izletavanja - ob originalni osvetlitvi je trajalo tudi več kot 2 uri, medtem ko so netopirji pri prirejeni osvetlitvi izleteli večinoma v manj kot 40 minutah (Slika 3).



Slika 3: Razlika v času srednjega izletelega netopirja (levo) in trajanjem izletavanja (desno) malih podkovnjakov iz cerkve v Špitaliču, med letoma 2012 in 2013, ko je bila nameščena prilagojena (rumen stolpič) in originalna osvetlitev (rdeč stolpič).

Pozitiven vpliv prirejene osvetlitve smo opazili na primeru osvetlitve zvonikov. Pri cerkvi na Zaplani smo ugotovili, da je pri originalni osvetlitvi preko 60 % netopirjev uporabljalo za izletavanje tisti del zvonika, ki ni bil direktno osvetljen, medtem ko jih je zelo malo izletelo iz odprtin na osvetljenih straneh zvonika (Slika 4). To razmerje se je izrazito spremenilo pri prirejeni razsvetljavi, ko je iz slednjih, po novem zasenčenih odprtin, izletelo tudi 50 % vseh netopirjev.



Slika 4: Delež izletov netopirjev iz različnih odprtin (Slika 2, od A do D) cerkve v Zaplani v posamičnem letu glede na originalno (2012) in dve prirejeni osvetlitvi cerkve (2011 – modro-belo, 2013 – rumeno-belo). Pod oznakami odprtin so podane jakosti osvetlitve v luxih, izmerjene na posamezni odprtini v različnih letih.

Rast mladičev smo opazovali na cerkvah Vrhniskega trojčka in ugotovili razlike v času kotitve in tudi rasti mladičev, vendar teh ne moremo pripisati razlikam v osvetlitvi. Razlike so lahko povezane z mikroklimatskimi pogoji v zatočiščih, ki vplivajo na rast mladičev (Reiter, 2004). Čeprav naš primer ne potrjuje ugotovitev Boldogha in sodelavcev (2007), to ne pomeni, da osvetlitev na kateri drugi cerkvi ne bi imela negativnega vpliva na rast mladičev malih podkovnjakov.

* Ko vemo, koliko netopirjev je izletelo iz zatočišča, lahko določimo srednjega netopirja: to je tisti, pred katerim in za katerim je izletelo enako število netopirjev.

Zaključki

V projektu smo uspeli pokazati, da mali podkovnjaki prednostno naseljujejo cerkve, ki imajo primerne preletne odprtine, so brez zunanje osvetlitve in so blizu gozda. Odziva malih podkovnjakov na prilagojeno razsvetljavo nismo zaznali povsod, kar si razlagamo s posebnostmi posameznih cerkva in položaji preletnih odprtin. Ugotovili smo pozitiven vpliv prirejene razsvetljave na večerno izletavanje malih podkovnjakov. Iz manj osvetljenih preletnih odprtin so izleteli prej in v veliko krajšem času ali pa jih je več izletelo iz zasenčenih odprtin, kot ko so te bile močno osvetljene.

Prilagojena razsvetljava z manjšo močjo in zasenčenimi preletnimi odprtinami je za male podkovnjake primernejša kot pretirana originalna osvetlitev. Površin s preletnimi odprtinami netopirjev tudi po Uredbi o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja ni dovoljeno osvetljevati. A zavedati se je treba, da je osvetljevanje z naravi prijaznejšimi svetilkami še vedno kompromis in da je za varstvo ogroženih vrst nedvomno najboljša nobena osvetlitev.

Viri:

- Arlettaz, R., Godat, S., Meyer, H. 2000. Competition for food by expanding pipistrelle bat populations (*Pipistrellus pipistrellus*) might contribute to the decline of lesser horseshoe bats (*Rhinolophus hipposideros*). *Biological Conservation*, 93: 55-60.
- Boldogh, S., Dobrosi, D., Samu, P. 2007. The effects of the illumination of buildings on house-dwelling bats and its conservation consequences. *Acta Chiropterologica*, 9(2): 527-534.
- Dietz, C., von Helversen O., Nill D. 2009. *Bats of Britain, Europe & Northwest Africa*. A&C Black. 400 str.
- Downs, N.C., Beaton V., Guest J., Polanski J., Robinskon S.L., Racey P.S. 2003. The effects of illuminating the roost entrance on the emergence behaviour of *Pipistrellus pygmaeus*. *Biological Conservation*, 111: 247-252.
- Duverge P.L., Jones G., Rydell J., Ransome R.D. 2000. Functional significance of emergence timing in bats. *Ecography*, 23: 32-40.
- Fure, A. 2012. Bats and lighting – six years on. *The London Naturalist*, 91: 69 – 88.
- Hercog, K. 2013. Poletna zatočišča malih podkovnjakov *Rhinolophus hipposideros* (Bechstein, 1800) v objektih kulturne dediščine v osrednji Sloveniji. Diplomsko naloga. Oddelek za biologijo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani.
- Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E.K. 2010. Light pollution as a biodiversity threat. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(12): 681-682.
- Jones, G., Rydell J. 1994. Foraging strategy and predation risk as factors influencing emergence time in echolocating bats. *Philosophical Transaction of Royal Society London B*, 346: 445-455.
- Marnell, F., Presetnik, P. 2010. Protection of overground roosts for bats (particularly roosts in buildings of cultural heritage importance). EUROBATS Publication Series No. 4 (English version). UNEP/EUROBATS Secretariat, Bonn, Germany, 57 str.
- Patriarca, E., Debernardi P. 2010. Bats and light pollution. UNEP/EUROBATS, 27 str. [<http://www.centroregionalechiroterteri.org/download/eurobats/Bats%20and%20light%20pollution.pdf>].
- Presetnik, P., Koselj, K., Zagmajster, M. (ur.) 2009. Atlas netopirjev (Chiroptera) Slovenije, Atlas of bats (Chiroptera) of Slovenia. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju. 152 str.
- Reiter, G. 2004. Postnatal growth and reproductiv biology of *Rhinolophus hipposideros* (Chiroptera: Rhinolophidae). *Journal of Zoology*, 262: 231-241.
- Reiter, G., Zahn, A. 2006. Bat roosts in the Alpine area: Guidelines for the renovation of buildings. Interreg IIIB Living space network. 132 str.
- Rich, C., Longcore, T. (ur.) Ecological consequences of artificial night lighting. Island press, str.: 43-60.
- Rydell, J. 2006. Bats and their insects prey at streetlights. In: *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*, Rich C. & Longcore T. (editors), Island Press, Washington DC, p. 458.
- Speakman, J.P., Irwin, N., Tallach N., Stone, R. 1999. Effect of roost size on the emergence behaviour of pipistrelle bats. *Animal Behaviour*, 58: 787-795.
- Stone, E.L., Jones, G., Harris, S. 2009. Street lighting disturbs commuting bats. *Current Biology*, 19:1-5.
- Stone, E.L., Jones, G., Harris, S. 2012. Conservaing energy at a cost to biodiveristy? Impacts of LED lightinh on bats. *Global Change Biology*, 18: 2458-2465.



Priporočila za naravi prijaznejše osvetljevanje objektov kulturne dediščine

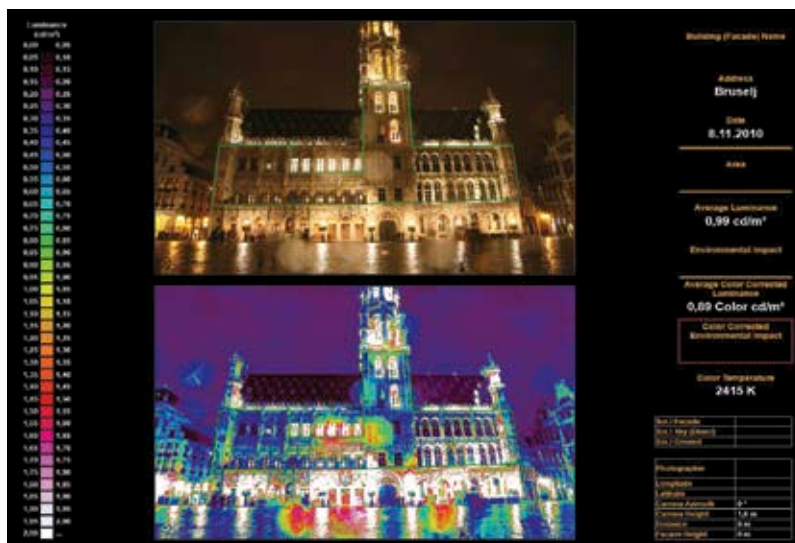


Pretirano osvetljena fasada.

Pretirano osvetljevanje fasad povzroča velik odboj svetlobe, ki osvetljuje daljno okolico.



Cerkev je povsem lepo vidna, čeprav je povprečna svetlost fasade zgolj 0,4 cd/m².



Mestna hiša na trgu Grote Markt v središču Bruslja. Kljub temu, da je Belgija najbolj svetlobno onesnažena država v EU, je svetlost večjega dela fasade (brez osvetljenih oken in svetilk) pod 1 cd/m².

Predlagamo, da objektov kulturne dediščine ne osvetljujemo. Če to ni mogoče, osvetljujemo kulturne spomenike v skladu z zahtevami Uredbe o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja. K tem zahtevam dodajamo še najnovejša spoznanja in priporočila biologov ter okoljevarstvenikov.

1. Svetlost fasade

Slovenska Uredba zahteva, da povprečna svetlost fasade ne presega 1 cd/m². Ta mejna vrednost je v Sloveniji enaka kot v Italiji, kjer s strogi zakoni omejujejo svetlost fasad. V manjših krajih in na območjih, ki niso zelo osvetljena, po naših izkušnjah zadostuje že 0,2 cd/m². Omejitev svetlosti fasade je bistvena, če želimo zmanjšati porabo energije in zmanjšati vpliv na nočne živali. Pol manjša svetlost pomeni pol manjšo porabo energije. Naše oko se namreč prilagodi na vse nivoje svetlosti. Če svetlost povečamo za dvakrat ali zmanjšamo na polovico, težko zaznamo razliko, saj je krivulja občutljivosti očesa logaritmčna.



2. Osvetljevanje z 0 % sevanja v nebo

Če je le mogoče, osvetljujemo fasade objektov kulturne dediščine tako, da ne gre nič svetlobe v nebo. V takšnem primeru osvetljujemo od zgoraj navzdol. Glavnina odbite svetlobe gre na tla, kjer se le-ta istočasno izkoristi za osvetljevanje območja okoli objekta.

3. Delež svetlobe, ki gre mimo fasade v nebo

V primeru, da imajo objekti kulturne dediščine status kulturnih spomenikov, Zavod za varstvo kulturne dediščine ne dopušča posegov na fasadi. Zato je osvetljevanje kulturnih spomenikov izjema in jih je dovoljeno osvetljevati od spodaj navzgor. Delež svetlobe, ki gre mimo fasade v nebo, je izjemno pomemben faktor in mora biti manjši kot 10 %. S tehnično zahtevnimi projektorji (podobni diaprojektorjem) je mogoče doseči, da gre mimo fasade v nebo celo manj kot 1 % svetlobe. V okviru projekta Življenje ponoči smo razvili cenovno ugodno tehnologijo reflektorjev. Svetilka je opremljena z masko, ki je prilagojena silhueti posameznega objekta. S takšno svetilko je delež izgubljene svetlobe lahko manjši od 2 %. Maske močno zmanjšajo svetlobni snop, ki bi sicer šel v nebo. S tem se onesnaženje, ki ga povzroča objekt, zmanjša tudi za petkrat. Manjši snop svetlobe privablja manj žuželk in omogoča zasenčenje preletnih odprtin za netopirje.



Svetilka z masko je narejena na osnovi MH sijalke s 3000 K in dodatno vgrajenim filtrom, ki ne prepušča UV in modre svetlobe.



Cerkv sv. Martina in Urha na Zaplani z zasenčenimi preletnimi odprtinami. Maske omogočajo zasenčenje preletnih odprtin za netopirje v zvoniku in nad vrati.



Cerkev sv. Urbana na Šobru nad Mariborom.

Po namestitvi svetilk z maskami se je močno zmanjšalo svetlobno onesnaževanje, nad cerkvijo pa smo doživeli lepoto Rimske ceste. Ta lokacija je priljubljena točka za romantične zmenke, po rekonstrukciji razsvetljave cerkve je vrh z zvezdami zagotovo še bolj čaroben.

4. Svetilke, usmerjene navzgor tik ob steni («wall washing»)

»Wall washing« je najbolj okoljsko sporen način osvetlitve, saj se velik delež svetlobe odbije v nebo. Svetilke so nameščene tik ob steni in pod nizkim kotom osvetljujejo steno. Ker se glavna svetlobe odbije v nebo, ne pa nazaj k opazovalcu, je stena temnejša, kot bi bila sicer. Območje fasade tik ob svetilki je tudi 100-krat bolj svetlo ali celo svetlejše od območja, ki je bolj oddaljeno od svetilke (odvisno od optike svetilke). Pri takšnem načinu osvetlitve je tehnično zelo težko ali skoraj nemogoče zagotoviti, da bi šlo manj kot 10 % svetlobe mimo fasade v nebo.

Svetilke, ki so nameščene tik ob steni, povečajo sence na fasadi, ki so posledica ne povsem ravne stene, kar lahko skazi videz fasade.



Svetilke tik ob fasadi.

Svetilke tik ob fasadi povzročajo sence, ki ne dajejo vtisa avtentičnosti objekta.



Palača Vecchio v Firencah.

Palača je osvetljena s strani, na njej ni senc in pretiranih poudarkov. Izgled palače je zato bolj naraven. Svetlost fasade je nizka, pod 1 cd/m², kar daje občutek monumentalnosti in dramatičnosti.

5. Spekter svetlobe

Bela svetloba (4000 K) zaradi visokega deleža modre barve močno onesnažuje nebo in privlači žuželke. Uporabljajmo svetilke: oranžni (amber) LED ali beli LED s filtrom, ki ne prepušča modre svetlobe pod 500 nm. Če je mogoče, filtrirajmo rdečo svetlobo nad 650 nm, saj je naše oko skoraj ne zaznava. Če ne uporabljamo filtrov, naj bo barvna temperatura svetlobe manjša od 2700 K. V nekaterih zakonodajah za varovanje nočnega neba (Čile, Španija) imajo določilo, da mora vsa zunanja razsvetljava sevati manj kot 15 % pod 500 nm. Kot smo že omenili, zakon italijanske pokrajine Furlanija - Julijska krajina omejuje barvno temperaturo za vso zunanjo razsvetljavo na 3300 K.

Običajno želimo objekte kulturne dediščine prikazati kot zgradbe, ki so preživele stoletja in imajo določeno zgodovinsko vrednost. Če jih osvetlimo z modro-belo svetlobo, bodo izgubile videz avtentičnosti.



Modro-vijolično osvetljena cerkev iz 14. stoletja na Šmarni gori.

Izgled je nenaraven, modra svetloba močno vpliva na žuželke in s tem na zmanjšanje njihove biotske raznovrstnosti.



Svetilka, razvita v okviru projekta Življenje ponoči.

V ozadju je vidna Luna. Iz barve svetlobnega snopa je razvidno, da ima poudarjen zeleni in rumeni del spektra, kjer je občutljivost očesa v fotopskem (barvnem) vidu največja. Pri svetlosti 1 cd/m² naše oko zaznava okolje pretežno v fotopskem načinu.



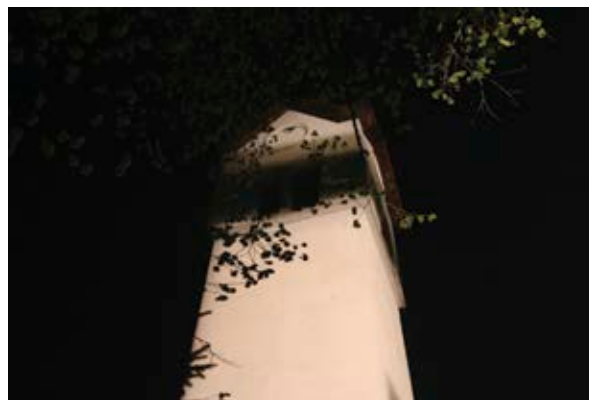
Smolenice, Slovaška.

Prikaz delovanja oranžne (amber) LED na mednarodni konferenci »Svetlobno onesnaženje - Teorija, modeliranje in meritve«: Amber LED svetilka je ustvarila prav čaroben, topel ambient, ki je vse udeležence konference navdušil. Pomembno je, da je razsvetljava zelo diskretna. Priporočamo osvetljenost, manjšo od enega luksa.

6. Česa ne osvetljujemo

Če je v objektu kolonija netopirjev, površin, na katerih so preletne odprtine, ni dovoljeno osvetljevati. V kolikor so te površine sedaj osvetljene, izključimo svetilke, ki so usmerjene na stene s preletnimi odprtinami. Predlagamo, da na zavarovanih območjih narave in na območjih Natura 2000 objektov kulturne dediščine ne osvetljujemo.

Če je cerkev na osamljenem kraju daleč od naselij, je ne osvetljujemo. Nihče ne bo občudoval objektov kulturne dediščine iz razdalje nekaj kilometrov. Z velike razdalje opazovalec ne more razpoznati, ali je v daljavi osvetljena cerkev ali pa zgolj nezasečenca svetilka. Ne osvetljujemo fasad, ki so obrnjene stran od naselij ali proti gozdu, saj jih od tam nihče ne občuduje.



Zasečene preletne odprtine na zvoniku.

Zasečenje omogoča maska, pritrjena na naravi prijaznejši svetilki in posebej prilagojena posamezni fasadi objekta.

V številnih bogatih državah, recimo v Švici (Basel), Nemčiji (Berlin) so številni objekti kulturne dediščine, muzeji in cerkve, neosvetljeni. S tem se poudari zgodovinsko pristnost območja. Pred nekaj stoletji so v večjih mestih sicer imeli javno razsvetljavo, vendar je bila tudi neprimerno šibkejša od današnje. Nekoč so uporabljali nizke nivoje osvetlitve in svetila s poudarjenim rumenim spektrom (sveče, oljenke, plinska razsvetljava). Ob prenovi objektov kulturne dediščine je potrebno ohranjati tudi avtentičnost nekdanjega nočnega ambienta.

7. Osvetljevanje okolice objektov kulturne dediščine

Uporabljajmo svetilke z 0 % sevanja v nebo, s čimer zmanjšamo bleščanje in preprečimo svetenje nad vodoravnico. Izberimo svetilke s toplo, rumenkasto svetlobo, z manj kot 2700 K. Še posebej bodimo pozorni, da so svetilke nameščene tako, da obiskovalcem ne svetijo v oči.

Nezasenčene svetilke lahko povzročajo močno bleščanje, predvsem pri starejših. Zaradi naravnih procesov staranja očesa postane očesna leča motna, kar med drugim povzroča tudi bleščanje. Naredimo okolico cerkva prijetno, naj bo to mesto, kjer se ljudje radi zadržujejo tudi v večernem času. Pokopališč ni potrebno osvetljevati, saj jih običajno osvetljuje na stotine sveč.



Vhod v cerkev, opremljen z nezasenčenimi svetilkami na nizkih drogovih, ki svetijo v oči iz neposredne bližine.



Primer stilske svetilke, kjer je sijalka nameščena v zgornjem delu. Svetilka je brez stranskih stekel, saj ta sipljejo svetlobo nad vodoravnico.



Dovozna cesta do kulturnega spomenika.

To je primer nesmiselne in škodljive investicije: neznosno bleščanje, svetenje nad vodoravnico, stroški vzdrževanja so visoki tudi zaradi ročne košnje trave med svetilkami.

8. Ugašajmo razsvetljavo

Tudi varčno razsvetljavo fasad ugašajmo po 23. uri. S tem ohranjamo zdravje ljudi, biotsko raznovrstnost in nočno nebo.



Cerkev sv. Helene na Javorju na Kozjanskem.

Cerkev je neosvetljena. Pristno zgodovinsko veduto cerkve pričara svetloba iz notranjosti. Nad cerkvijo je viden zelo svetel utrinek, ki je preletel zimski del Rimske ceste. Če bi bila cerkev osvetljena, ne bi videli ne zvezd in ne utrinka.

Cerkev sv. Ane na Prevorju. Razsvetljavo na cerkvi sv. Ane na Prevorju ugasnejo, ko učenci odprejo kupolo astronomskega observatorija na šoli, ki je oddaljena zgolj 30 metrov od cerkve. Šele tedaj lahko občudujejo milijone zvezd Rimske ceste.



9. Osvetljevanje napuščev

Izogibajmo se osvetljevanju strešnih napuščev. Svetloba privlači žuželke, ki so plen pajkov. Na fasadah, celo v mesnih središčih, kjer je žuželk manj kot v naravi, lahko opazimo plesnim podobne pajčevine. Čiščenje pajčevin je zahtevno in drago.



Primeri pajčevin na fasadah.

10. Talne svetilke

Talne svetilke so v Sloveniji prepovedane. Bleščijo, zaslepijo in povzročajo nelagodje. Svetilke skoraj 100 % svetijo v nebo, zato so okoljsko izjemno škodljive. Talne svetilke so izpostavljene vodi, zato se pogosto kvarijo. Predlagamo, da Evropska unija prepove proizvodnjo, uvoz in prodajo talnih svetilk.



Primer osvetljevanja s talnimi svetilkami.

11. Zmanjšanje porabe in vgradnja časovnih stikal

Za razsvetljavo cerkva so se v preteklosti pogosto uporabljali reflektorji z močjo 400 W. Če se sprijaznimo z nižjo svetlostjo fasad in uporabimo najnovejšo tehnologijo, je mogoče eno stran fasade povprečno velike cerkve osvetliti s približno 30 W. Zmerna in tehnološko dovršena razsvetljava kulturnih spomenikov omogoča znatne prihranke. Majhna poraba naj nas ne uspava - kljub temu namestimo časovna stikala (»timerje«), ki omogočajo izklop razsvetljave v nočnem času. Če bodo LED svetilke prižgane le prvo polovico noči, bomo porabili manj energije, življenjska doba svetil se bo podvojila iz recimo 12 na 24 let. Poleg tega bomo nekaj koristnega naredili za nočno naravo.

V prvi Mojzesovi knjigi je zapisano: »Bog je ločil svetlobo od teme«. Naj nas ta modrost vodi k razmišljanju, da ima noč tudi svoj namen. V času nočnega počitka ugasnimo razsvetljavo, saj objektov kulturne dediščine zagotovo nihče ne opazuje ob 2. uri zjutraj. Dovolimo naravi, da tudi ponoči živi svoje življenje.

12. Posvetovanje z naravovarstveno in kulturnovarstveno stroko

Upravljevalca stavbe naj se pred pričetkom obnove razsvetljave posvetuje s strokovnjaki za varovanje narave in kulturne dediščine. V Sloveniji sta to Zavod RS za varstvo narave in Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije.

Stavba je lahko zatočišče netopirjev, zato je potrebna izvedba del na način, da se življenjski prostor netopirjev ohranja. Če je v stavbi zatočišče netopirjev, zaradi katerih je opredeljeno območje Natura 2000, je za izvedbo del potrebno naravovarstveno soglasje.

Kulturnovarstveno soglasje za izvedbo del pa je potrebno, če je stavba kulturna dediščina, varovana po predpisih s področja varstva kulturne dediščine.

Viri:

- Register nepremične kulturne dediščine, Ministrstvo za kulturo.
- Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja (Ur. l. RS št. 81/2007).
- Kyba, C. C. M., Ruhtz T., Fischer J., Hölker F., 2011. Cloud Coverage Acts as an Amplifier for Ecological Light Pollution in Urban Ecosystems. PLOS ONE (PUBLIC LIBRARY OF SCIENCE), <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0017307>.
- Starlight initiative: <http://www.starlight2007.net/>.
- Legge Regionale 18/06/2007, N. 015.
- Francoski zakon, 2013. Order of 25 January 2013 concerning the lighting of non-residential buildings at night in order to limit light pollution and energy consumption, Ministry Of Ecology Republike Francije, Sustainable Development And Energy, General Directorate for Risk Prevention Service for the Prevention of Nuisance and Environmental Quality, Noise and Physical Agents Unit, 2013.
- Zakon o ohranjanju narave (ZON), (Ur. l. RS, št. 96/04 - uradno prečiščeno besedilo, 61/06 - ZDru-1 in 8/10 - ZSKZ-B).
- Uredba o ekološko pomembnih območjih (Uradni list RS, št. 48/04, 33/13 in 99/13).
- Uredba o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah (Uradni list RS, št. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 96/08, 36/09 in 102/11).
- Hercog, K, 2013. Poletna zatočišča malega podkovnjaka (*Rhinolophus hipposideros*) v objektih kulturne dediščine v osrednji Sloveniji, diplomska naloga, Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Oddelek za Biologijo, Ljubljana (povzetek: http://www.lifeatnight.si/images/stories/pdf/diploma_klara_abstrakt_slo_marec2013.pdf).
- Downs N.C., Beaton V., Guest J., Polanski J., Robinskon S.L., Racey P.S. 2003. The effects of illuminating the roost entrance on the emergence behaviour of *Pipistrellus pygmaeus*. *Biological Conservation*, 111: 247-252.
- Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000) (Ur. l. RS, št. 49/2004, 110/2004, 59/2007, 43/2008, 8/2012, 33/2013 (35/13 popr.), 39/2013 Odl.US: U-I-37/10-16, 3/2014).
- Cajochen C., Münch M., Kobiak S., Kräuchi, K., Steiner R., Oelhafen P., Orgül S. and Wirz-Justice A., 2005. High Sensitivity of Human Melatonin, Alertness, Thermoregulation, and Heart Rate to Short Wavelength Light. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 0(3):1311–1316, <http://i-weather.org/docs/cajochen2005.pdf>.
- Španinger, K, & Fink, M, 2007. Cirkadialni ritem in kronomedicina, *Farmaceutski vestnik*, 58/2007, str.3-7.
- Schernhammer s sod, 2003. Night-Shift Work and Risk of Colorectal Cancer in the Nurses' Health Study, *Oxford Journals, Medicine, JNCI J Natl Cancer Inst*, Volume 95, Issue 11, Pp. 825-828.
- Dauchy, R. T. et al, 1997. Light contamination during the dark phase in "photoperiodically controlled" animal rooms: Effect on tumor growth and metabolism in rats. *Laboratory Animal Science*, 47, 511-518.
- Rich C. & Longcore T. (editors), 2006, *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*, Island Press, Washington DC, st. 458.
- Hölker, F., Wolter, C., Perkin, E. K., and Tockner, K. 2010. Light pollution as a biodiversity threat, *Trends in Ecology and Evolution*, 25: 681-682.
- American Bird Conservancy2: States and Communities Tackle Light Pollution Harmful to Migratory Birds, <http://www.abcbirds.org/newsandreports/stories/091215.html>.
- IUCN - CMP Unified Classification of Direct Threats (Version 3.2), http://www.iucnredlist.org/documents/Dec_2012_Guidance_Threats_Classification_Scheme.pdf.



Zahvala

Iskreno se zahvaljujemo sodelavcem projekta in 135 prostovoljcem, ki so sodelovali pri raziskavah netopirjev, za uspešno delo. Hvala vsem enajstim občinam (Sežana, Goriška Brda, Cerklje, Žiri, Vrhnika, Kamnik, Zagorje ob Savi, Slovenska Bistrica, Oplotnica, Maribor in Kungota). Še posebej smo veseli, da je projekt podprla Komisija pravičnost in mir pri Slovenski škofovski konferenci. Iskrena zahvala gre tudi župnikom in ključarjem, ki so nam odprli vrata do podstrešij cerkva in nam omogočili nemoteno raziskovalno delo. Za sodelovanje se zahvaljujemo Nacionalni komisiji za UNESCO ter predstavnikoma organizacij ICOMOS in IUCN za Slovenijo, Zavodu RS za varstvo narave ter Zavodu za varstvo kulturne dediščine Slovenije. Posebej pa se zahvaljujemo Evropski komisiji (program LIFE+) in Ministrstvu RS za kmetijstvo in okolje, ki delno sofinancirata projekt Življenje ponoči, ter Termoelektrarni Toplarni Ljubljana za donacijo.

Publikacija je nastala v okviru projekta LIFE+ Življenje ponoči in je brezplačna.

Partnerji projekta

Nosilec:

Euromix d.o.o.

Partnerji:

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
Društvo Temno nebo Slovenije
Društvo za proučevanje in ohranjanje metuljev Slovenije
Slovensko društvo za proučevanje in varstvo netopirjev
Baza Media 2.1 d.o.o.

Sofinancerji:

Evropska komisija (program LIFE+)
Ministrstvo RS za kmetijstvo in okolje

Naravi prijaznejša razsvetljava objektov kulturne dediščine (cerkva) - Priporočila

Avtorji:

Andrej Mohar, Maja Zagmajster, Rudi Verovnik, Barbara Bolta Skaberne

Prispevek o vplivu razsvetljave na nočne metulje: dr. Rudi Verovnik

Prispevek o vplivu zunanje razsvetljave na netopirje:
dr. Maja Zagmajster

Avtorji fotografij:

Andrej Mohar (tudi na naslovnici),
Jurij Stare (str. 2), Peter Mlakar (str. 10),
Rudi Verovnik (str. 13),
Lea Likozar (str. 14), Simon Zidar (str. 15),
Maja Zagmajster (str. 16),
Primož Kuk (str. 21, zgoraj desno),

Izdajatelj in založnik:

Društvo Temno nebo Slovenije,
Teslova 30, 1000 Ljubljana,
+386 1 477 66 53,
info@temnonebo.si

Jezikovni pregled:

Ljubica Kosmač

Naklada:

2000 izvodov

Ljubljana, januar 2014



ŽIVLJENJE PONOČI

www.lifeatnight.si



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO IN OKOLJE

EUROMIX
Tehnološki park Ljubljana

Univerza v Ljubljani



BazaMedia^{2.1}



Slovenska nacionalna komisija za UNESCO
Slovenian National Commission for UNESCO

Organizacija Združenih narodov za izobraževanje, znanost in kulturo
United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization