

V. Ocelić Bulatović*

Sveučilište u Zagrebu
Metalurški fakultet Sisak
Aleja narodnih heroja 3, 44 000 Sisak

Utjecaj svjetlosnog onečišćenja

We had the sky up there, and we used to lay on our backs and look up at them, and discuss whether they was made or just happened?!...

Mark Twain

Kad ste posljednji put ponosno dignuli pogled prema nebu i vidjeli noćno nebo u svoj njegovoj osebujnoj raskoši?! Maštali pogledom prema tamnom, mračnom platnu načičkanom milijunima zvijezda, takvog reflektirajućeg sjaja da vam se čini da zvijezde možete dotaknuti?! Kad ste prebirući pogledom po nebu ugledali *Mliječnu stazu*, našu galaktiku (slika 1)?!



Slika 1 – Mliječna staza (izvor: <https://zimo.dnevnik.hr/clanak/astronomi-napokon-imaju-odgovor-koliko-nastanjenih-planeta-ima-unasoj-galaksiji-brojka-je-iznenadujuca---627469.html>)

Mliječna staza (*Kumova slama, Slamotres, Rimska cesta, Galaktika, Marijina kruna*) spiralna je galaktika u kojoj se nalazi Zemlja. Promjer Mliječne staze iznosi oko 100 000 svjetlosnih godina. Sunce je od njezina središta udaljeno 30 000 svjetlosnih godina, pri čemu se nalazi gotovo u ravnini simetrije (galaktičkoj ravnini). U vidljivom tijelu Mliječne staze sadržano je 200 milijardi zvijezda. Izvor: Mliječna staza. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., URL: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=21030> (pristupljeno 9. 1. 2022.).

Prije manje od 100 godina svatko je mogao podići pogled i vidjeti spektakularno zvjezdano noćno nebo, Mliječnu stazu. Svijetli put na nebu s 200 milijardi zvijezda, nekada jasno vidljiv noću svakim pogledom. Danas, tri četvrtine stanovništva više to ne može golim okom doživjeti; milijuni djece diljem svijeta uskraćeni su za pogled i doživljaj Mliječne staze, naše spiralne galaktike u kojoj živimo, kojoj pripada Sunčev sustav, a Zemlja je njezin ponosni dio. Čini se da je predivno noćno zvjezdano nebo, ono što ima moć da nas uvijek iznova nevjerojatno oduševljava, prividno nestalo. Ušuškani smo u prividnu udobnost naših gradskih, žarko osvjetljenih košnica. Otvorili smo si prostor da radimo dugo i

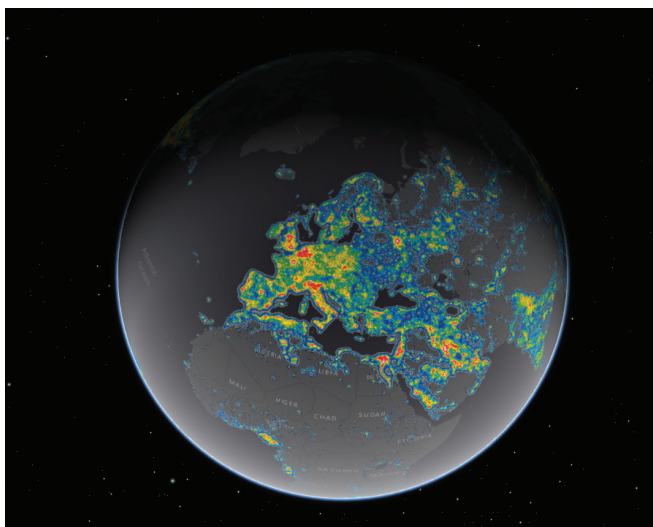
kad Sunce zađe ispod horizonta. Igramo igre vani dok se sati ne razvuku na dvoznamenkaste brojke. Sigurnije lutamo gradskim ulicama kad padne mrak. Jednostavno, pritiskom na prekidač, možemo odgurnuti tamni veo koji bi prirodno pokrivao naše živote svake noći, i stvaramo si dan. Ponosni na to, jesmo li uopće svjesni što se krije iza svega?! Ako električna rasvjeta ima tamnu stranu, onda je to da je ukrala noć. Vjerojatno je električna rasvjeta jedan od najvećih i najkorisnijih ljudskih izuma, no svako pretjerano korištenje na kraju ima negativne posljedice.

Hanaman, Franjo, hrvatski kemičar i metalurg. 1903.–1912. godine s Aleksandrom Justom razradio postupak proizvodnje volframove žarne niti i njezine primjene u električnoj žarulji. Zahvaljujući visokomu talištu, volframa se nit, za razliku od dotadašnjih niti za žarulje, mogla zagrijati na višu temperaturu i tako postići veću svjetlosnu učinkovitost. Taj je izum bio od velike važnosti, jer je time konačno utemeljena ekonomična rasvjeta s pomoću električne energije. Hanaman je 1911. – 1915. vodio Institut za ispitivanje materijala u Beču, a doktorirao je 1913. u Berlinu. Na Tehničkoj visokoj školi u Zagrebu izabran je za privatnoga docenta 1920., a za redovitog profesora anorganske kemijske tehnologije 1922., kad je osnovao prvi inženjerski zavod, Zavod za anorgansku kemijsku tehnologiju i metalurgiju. Predavao je kolegije: Metalurgija, Anorganska kemijska tehnologija i Kemijsko tehnološko računanje. Izvor: Hanaman, Franjo. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., URL: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=24299> (pristupljeno 13. 1. 2022.).

Većina onečišćenja okoliša dolazi upravo od nas, ljudi, i naših izuma. Kao i automobil ili onaj čudesni materijal koji je napravio čovjek: plastiku. Danas su automobilske emisije glavni izvor onečišćenja zraka koji pridonosi klimatskim promjenama, a plastika nevjerojatnom brzinom ispunjava naše oceane, stvarajući značajno onečišćenje. Upravo i višak svjetlosti koji šaljemo u naš okoliš ugrožava ekosustave šteteći životinjama čiji životni ciklusi ovise o mraku. Ugrožavamo sami sebe mijenjajući biokemijske ritmove povezane s prirodnim razinama svjetlosti. Nevjerojatnom brzinom stvaramo svjetlosno onečišćenje, a ta nuspojava industrijske civilizacije raste dva posto godišnje na globalnoj razini. U iskonskom smislu, izgubili smo vezu s noćnim nebom, tapiserijama u koje su naši preci utkali svoje optočene priče u zvijezde, tempirali sadnju i žetvu usjeva. Odgurnuli smo krijesnice, svjetlucave vile, ambasadorice zdravlja okoliša, koje imaju moć zavođenjem i koketiranjem prirodno osvjetljavati nam put. Kad izgubimo pristup noćnom nebu, gubimo nešto bitno; gubimo dio sebe. Gubimo onaj osjećaj tišine i strahopoštovanja koji bi nam trebao biti nad glavom svake noći.

Tri milijarde godina život na Zemlji pratio je ritam izmjene sunčeva svjetla i tame. Sad umjetna svjetla nadjačavaju tamu i naši gradovi svijetle noću, narušavajući prirodni dan-noć obrazac i mijenjajući osjetljivu ravnotežu našeg okoliša (slika 2).¹ Došli smo do toga da danas svjetlosno onečišćenje predstavlja jedan od najrasprostranjenijih vidova onečišćenja koji izaziva ogromne promjene okoliša.

* Doc. dr. sc. Vesna Ocelić Bulatović
e-pošta: vocelicbu@simet.hr



Slika 2 – Svjetlosno onečišćenje; Europa (3D mapa Europe konstruirana kroz interaktivnu kartu. Interaktivna mapa kreirana iz podataka “World Atlas” ili NASA Blue Marble Navigator²). Izvor: <https://www.arcgis.com>.

Iako bi najveći negativni učinak svjetlosnog onečišćenja na prvu pomisao povezali s naseljima s velikim brojem stanovnika, brojom industrijom, razvijenim središtima u kojima postoje brojni izvori svjetlosti: od ulične rasvjete, preko različitih reklamnih svjetlećih tijela, pa sve do svjetlosti koja dolazi iz izvora poput pametnih telefona i ostalih *gadget* uređaja bez kojih je život nezamisliv, utjecaj svjetlosnog onečišćenja se u velikoj mjeri može uočiti i na nenaseljenim mjestima i krajolicima koji su zaštićena područja.² Prekomjerna količina svjetlosti koja dolazi iz različitih izvora s jedne strane uspješno obavlja svoju primarnu funkciju, ali s druge strane narušava ravnotežu ekosustava. Tako dolazi do sve većih promjena koje narušavaju bioraznolikost i nepovratno ugrožavaju naš planet.

Prema *Zakonu o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja* (NN 14/19),³ svjetlosno onečišćenje okoliša definira se na sljedeći način “emisija svjetlosti iz umjetnih izvora svjetlosti koja štetno djeluje na ljudsko zdravlje i uzrokuje osjećaj bliještanja, ugrožava sigurnost u prometu zbog bliještanja, zbog neposrednog ili posrednog zračenja svjetlosti prema nebu ometa život i/ili seobu ptica, šišmiša, kukaca i drugih životinja te remeti rast biljaka, ugrožava prirodnu ravnotežu na zaštićenim područjima, ometa profesionalno i/ili amatersko astronomsko promatranje neba ili zračenjem svjetlosti prema nebu nepotrebno troši električnu energiju te narušava sliku noćnog krajobraza”.

*International Dark Sky Association (IDA)*¹ definira svjetlosno onečišćenje (engl. *light pollution*) kao “svaki štetni efekt umjetnoga svjetla, uključujući povećanje svjetline noćnoga neba, zasljepljivanje, osvjetljavanje izvan područja koja je potrebno osvjetliti, prekomjerno osvjetljavanje, smanjenu vidljivost noću i rasipanje svjetlosne energije”.

Ako pojednostavimo, onda svjetlosno onečišćenje možemo definirati kao svaku promjenu razine prirodne svjetlosti u noćnim uvjetima uzrokovana unošenjem umjetnih izvora.⁴

Negativni utjecaji svjetlosnog onečišćenja su mnogobrojni. Najugroženije vrste su životinje, ali i čovjek. Problemi koji nastaju izazvani prekomjernim rasipanjem svjetla ekološki su vrlo važni jer izazivaju nestanak cijelih populacija noćnih ptica, kukaca, kornjača i ostalih životinja. Također, svjetlost izaziva štetne promjene i na nekim biljnim vrstama, a dovodi i do poremećaja vezanih uz ljudsko zdravlje, poput nesanicе i depresije.⁵ Utjecaj je prepoznat i u gospodarstvu, s obzirom na povećano i nepotrebno trošenje električne energije, koje je ekonomski nepovoljno.

Utjecaj na floru i faunu

Promatramo li ptice selice uočavamo da prilikom selidbe gube orijentaciju. Također, brojne ptice izbjegavaju raditi gnijezda na osvijetljenim mjestima, jer ih čine ranjivijim pred grabežljivcima.⁶ Morske kornjače (slika 3) su uz ptice jedne od većih žrtava svjetlosnog onečišćenja. Naime, nakon što se izlegnu, mlade kornjače nastoje ići prema moru, ali zbog odbljeska javne rasvjete često se usmjere prema gradovima te ugibaju. Kukci kao primarna hrana za mnoge ptice i životinje, pogibaju samo u dodiru s izvorom svjetla, čime se narušava hranidbeni lanac životinjskog svijeta.⁷ Kod mrava primjećujemo promjenu ponašanja zbog rasvjetljenja tijekom noći koje uzrokuje njihovu povećanu aktivnost.⁸



Slika 3 – Kretanje kornjače prema umjetnoj rasvjeti (izvor: <https://www.earth.com/news/tourism-light-pollution-sea-turtle/>)

Kad promatramo svjetlosno onečišćenje često zanemarujemo biljke jer se za njih smatra da im je dodatna svjetlost potrebna zbog procesa fotosinteze. No zbog svjetlosnog onečišćenja biljke prekomjerno i prebrzo rastu, bujaju i invazivne vrste (slika 4). Problem s tim imaju i poljoprivrednici koji su primorani povećati troškove za otklanjanje nepoželjnih vrsta biljaka i zaraslih područja. Nadalje, zbog konstantnog osvjetljenja sve više biljaka i stabala cvjeta u neočekivano godišnje doba što rezultira gubitkom oprašivača (slika 4), smanjenjem uroda ili nestankom određenih vrsta bilja.⁹ Neke vrste biljaka cvatu samo noću no zbog svjetlosnog



Slika 4 – Mehki čičak (lat. *Cirsium oleraceum*); Umjetna rasvjeta isključuje noćne oprašivače (izvor: <https://www.darksky.org/lights-at-night-turn-nocturnal-pollinators-off/>)

onečišćenja to ne mogu. Bjelogorično drveće pati zbog osvijetljenja jer mu se sa svjetlošću produžuje vrijeme rasta i tako dočekuje zimu s mladim izdancima koja potom venu. Svjetlost utječe na otvaranje mladih pupoljaka voćki ostavljajući ih ranjivim na niske temperature prije pravog početka proljeća. Usjevi prerano vegetiraju. U nautičkim lukama zbog prekomjerne rasvjete dolazi do nekontroliranog rasta nekih vrsta algi koje mogu biti invazivne i zauzimati prostor drugim biljkama, čime se također narušava hranidbeni ciklus.¹⁰

Utjecaj na ljudsko zdravlje

Pravilan cirkadijski ritam, tzv. unutarnji sat (ciklus spavanja i budnosti) vrlo je važan za čovjekovo zdravlje, a tu važnu ulogu ima normalna i izmjena dana i noći. Ovisno o cirkadijskom ritmu, tijekom noći ljudsko tijelo luči hormon *melatonin* (hormon spavanja), koji je vrlo bitan hormon u tijelu i čija regulacija ovisi o svjetlu i tami. Spavamo li izloženi svjetlu, proizvodnja melatonina se smanjuje, što može dovesti do poremećaja spavanja, nesanice, glavobolje, kardiovaskularnih bolesti, stresa i drugih zdravstvenih problema. Novija istraživanja povezuju poremećaj cirkadijskog ritma s rizikom nastanka pojedinih vrsta karcinoma. Svjetlost je elektromagnetsko zračenje te ovisno o njezinoj valnoj duljini te trajanju izloženosti mogu se kod ljudi razviti različiti štetni efekti. Umjetni izvori svjetlosti sadržavaju valne komponente koje su najštetnije za oči, a potom i za kožu čovjeka. Fluorescentna uredska ili školska rasvjeta može izazvati povišeni krvni tlak, te stres koji uzrokuje učestale pogreške koje dovode do frustracija.⁶ Kratkotrajna zaslijepljenost prijeti u noćnom prometu. Najviše su tome izložene osobe koje imaju problema s vidom i sporiju prilagodbu oka na promjenu osvijetljenja.⁸

Melatonin (grč.), hormon epifize koji se pojačano luči pri izlaganju organizma svjetlu. U mnogih životinja utječe na reproduktivne cikluse i na sezonsku boju krzna. U ljudi utječe na budnost i spavanje, raspoloženje, ovarijske cikluse i pubertet. Izvor: melatonin. Proleksis enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021., URL: <https://proleksis.lzmk.hr/4104/> (pristupljeno 24. 12. 2021.).

Zaključak

Svjetlosno onečišćenje pogađa svakog stanovnika Naše planete. Sve veći broj dokaza povezuje prekomjernu noćnu rasvjetu s

raznim negativnim utjecajima, poput povećane potrošnje energije, narušavanja ravnoteže ekosustava, ponašanja i kretanja divljih životinja, štetnog utjecaja na ljudsko zdravlje, a čak se govori i o utjecaju na kriminal i sigurnost.¹ Na sreću, zabrinutost zbog svjetlosnog onečišćenja dramatično raste. Poduzimaju se mjere za obnavljanje prirodne osvijetljenosti noći. Dobra vijest je da je svjetlosno onečišćenje, za razliku od mnogih drugih oblika onečišćenja, reverzibilno te svatko od nas može napraviti razliku! Stoga, nije dovoljno biti samo svjestan da je svjetlosno onečišćenje problem; potrebno je djelovati.

Počnimo minimalizirati svjetlo iz vlastitog doma noću. Smanjimo izloženost svjetlu, televizoru, mobilnim i drugim pametnim uređajima koji nas osvijetljavaju. Budimo svi zajedno ambasadori noćnog neba. Pridonesimo zaštiti okoliša smanjenjem svjetlosnog onečišćenja, očuvajmo biološku raznolikost i zaštitimo zemaljski sjaj noćnog neba.

Literatura

1. URL: <https://www.darksky.org/light-pollution/> (pristupljeno 21.12.2021.).
2. F. Falchi, P. Cinzano, D. Duriscoe, C. C. M. Kyba, C. D. Elvidge, K. Baugh, B. A. Portnov, N. A. Rybnikova, R. Furgoni, The new world atlas of artificial night sky brightness, *Sci. Adv.* **2** (2016) e1600377, 1–25, doi: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600377>.
3. Zakonu o zaštiti od svjetlosnog onečišćenja (NN 14/19).
4. Zakon o zaštiti okoliša (NN 110/2007).
5. M. Fonović, Svjetlosno onečišćenje Kamo su nestale zvijezde?, *Zaštita okoliša, Kem. Ind.* **57** (1) (2008) 27–32.
6. Hrvatski zavod za javno zdravstvo, Svjetlosno onečišćenje okoliša, URL: <https://www.hzjz.hr/sluzba-zdravstvena-ekologija/svjetlosno-oneciscenje-okolisa/> (pristupljeno 18. 7. 2020.).
7. T. Vrančić, Svjetlosno onečišćenje, Ugrožen biljni i životinjski svijet, ali i ljudsko zdravlje, *Građevinar* **66** (2) (2014) 175–178.
8. D. Božičević, Lječilišna medicina i turizam: Utjecaj svjetlosnog zagađenja na prirodni okoliš i ljudsko zdravlje, Knjiga izlagana na znanstvenom skupu, Veli Lošinj, 2010.
9. K. Narisada, D. Schreuder, *Light pollution handbook*, Springer, Dordrecht, Netherlands, 2004., doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2666-9>.
10. W. R. Chaney, Does Night Lighting Harm Trees?, *Purdue University, Forestry and Natural Resources, FAQ 17*, 2002, 4 pages.