

2 Svetlobna onesnaženost na Kozjanskem

Igor Žiberna

2.1 Uvod

Procesi urbanizacije in širjenja človekove dejavnosti (industrija, promet, turizem) ter spremembe človekovega življenjskega sloga so v zadnjih stoletjih pomembno preoblikovali naravno okolje. Onesnaževanje okolja se danes manifestira na bistveno več načinov kot na začetku 20. stoletja. Poleg klasičnih oblik onesnaževanja (zrak, voda, prst, vegetacija, onesnaževanje zaradi odpadkov) se pojavljajo nove oblike, kot so degradacija okolja zaradi hrupa in škodljivih virov elektromagnetnega sevanja, vizualna degradacija okolja, informacijsko onesnaževanje itd. Tako 20. stoletje predstavlja obdobje, ko se je sprva v mestih, pozneje pa tudi drugod začelo pojavljati onesnaževanje okolja, ki je posledica pretirane rabe umetnih virov svetlobe v nočnem času. Govorimo o svetlobnem onesnaževanju. Slovenija je po zaslugi civilnih pobud sorazmerno zgodaj svetlobno onesnaževanje prepoznala kot pomembno novo obliko onesnaževanja okolja in je zato leta 2007 sprejela Uredbo o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja (Uradni list št. 81 2007), v kateri je določila nove standarde, ki bi se morali upoštevati pri nameščanju zunanjih svetilk. Treba je omeniti, da je bila uredba sprejeta še pred množičnim pojavom LED-sijalk, ki jih zaradi višje energetske učinkovitosti (manjša poraba električne energije) v zadnjih letih nameščajo namesto energetskega potratnejših visoko- in nizkotlačnih natrijevih sijalk.

Človek že od prazgodovine naprej uporablja različne načine osvetljevanja okolja ponoči. V novi dobi so bile v prevladi oljenke, od 19. stoletja naprej pa so jih počasi začele zamenjevati plinske svetilke. Intenzivneje se je umetna svetloba ponoči začela uporabljati od iznajdbe električnih sijalk. Slednje so se v 20. stoletju pojavljale v različnih izvedenkah (Mizon 2012, 34–35). Negativnih učinkov umetnega osvetljevanja je več. Sodoben problem pri nočnem razsvetljevanju ni le jakost sijalk, pač pa tudi način montaže svetilk, čas osvetljevanja in spekter sijalk. LED-sijalke, ki se v zadnjem času pojavljajo tudi pri nas, so energijsko sicer učinkovitejše, vendar pa zaradi sija predvsem v modrem delu spektra puščajo mnogo večje prostorske učinke. Po Rayleighovem zakonu je sipanje svetlobe v obratnem razmerju s četrto potenco valovne dolžine. Povedano drugače: modra svetloba (z valovno dolžino 400 nm) se v atmosferi siplje 16-krat intenzivneje kot rdeča svetloba (z valovno dolžino 800 nm) (Petkovšek in Hočevar 1995, 16). Zaradi tega bi bilo sprejeto Uredbo o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja treba ustrezno novelirati. Na težave zaradi množične uporabe svetilk so med prvimi začeli opozarjati ljubiteljski in profesionalni astronomi, pozneje

ekologi, danes pa na negativne učinke množične uporabe svetilk v nočnem času na zdravje človeka opozarja tudi medicina. Izpostavljenost umetni svetlobi namreč prekinje tvorbo hormona melatonina, zaradi česar so take osebe močnejše izpostavljene nevarnostim različnih oblik raka (Falchi in sod. 2011; Pauley 2004). Dokazani so vplivi svetlobnega onesnaževanja na živali, še posebej na tiste, ki so aktivnejše v nočnem času, in celo na fenofaze rastlin (Bruce-White in Shardlow 2011; Huemer in sod. 2010; Hölker in sod. 2010). Novejše raziskave kažejo, da množična uporaba umetnih virov svetlobe vpliva celo na mentalno zdravje (Menculini in sod. 2024). Pretirana uporaba svetilk v nočnem času predstavlja tudi pomemben vir potrošnje energije (Društvo temno nebo 2010, 10). V nekaterih okoljih pretirano nočno osvetljevanje razumejo kot vrednoto in na ta način zastopajo izrazito antropocentričen pogled na vrednotenje človekovih posegov v okolje. Med skrajnimi primeri takega ravnanja bi lahko med drugim navedli primer, ko so v južni Švici celotno pogorje Aiguille de la Tsa v nočnem času osvetlili z intenzivno svetlobo (Caraveo 2021, 81). Zaradi vsesplošnega trenda svetlobnega onesnaževanja v svetovnem merilu (Falchi in Bara 2023) se pojavljajo lokalne pobude, da bi posamezna območja zaščitili, in v tem smislu ustanavljajo temne parke, v katerih je uporaba zunanjih svetilk omejena. Vedno pogostejša so razmišljanja, da bi neokrnjeni pogled na nočno nebo zaščitili kot obliko naravne dediščine (Caraveo 2021, 86). Po podatkih Dark Sky Organisation (Organizacija Temno nebo) (medmrežje 1) trenutno obstaja v Evropi že 48 parkov Temno nebo, od tega kar trije v sosednji Hrvaški ter po dva v Avstriji in na Madžarskem.

2.2 Metodologija

Pri analizi stanja svetlobne onesnaženosti na Kozjanskem smo se naslonili na podatke daljinskega zaznavanja svetlobne onesnaženosti. Razvoj tehnologije daljinskega zaznavanja posameznih okoljskih komponent je omogočil hitro pridobivanje podatkov o svetlobni onesnaženosti za širše območje, saj so vsi podatki georeferencirani. Ameriška agencija za oceane in atmosfero (National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA) je oktobra leta 2011 izstrelila satelit Suomi National Polar-orbiting Partnership ali na kratko Suomi NPP. Med senzorji, nameščenimi na satelitu, je tudi Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS), ki ga sestavlja 22 različnih tipal, med katerimi eno snema površje v t. i. dnevno-nočnem kanalu (*Day/Night band* ali DNB). Prostorska resolucija svetlobne točke (piksla) v nadiru (točki na površini Zemlje, ki je točno pod satelitom) je okoli 750×750 m (Jensen 2018). Podatki snemanj so dostopni na spletu (medmrežje 2). Vrednosti radiance so izražene v nanovatih na steradian na kvadratni centimeter ($\text{nW}/(\text{sr cm}^2)$). Ena od slabosti tipala je ta, da je spektralni razpon svetlobe, ki jo zaznava, med 500 in 900 nm. Tipalo je torej »slep« za skrajni modri del v vidnem delu spektra, v katerem pa seva večina novejših, t. i. »belih« LED-sijalk. Kljub vsemu so podatki satelita Suomi NPP trenutno najkakovostnejši podatki v dnevno-nočnem kanalu, tako glede prostorske in časovne resolucije kot tudi glede dinamičnega razpona informacij o stanju svetlobne onesnaženosti.

2.3 Rezultati in razprava

2.3.1 Svetlobna onesnaženost na Kozjanskem v luči podatkov daljinskega zaznavanja

Podatke o daljinskem zaznavanju svetlobne onesnaženosti, izražene v radianci, za območje Kozjanskega smo želeli postaviti v širši kontekst, zato bomo v uvodu na kratko predstavili stanje svetlobne onesnaženosti v Evropi in v Sloveniji. V evropskem merilu Slovenija ne sodi med države, ki izstopajo po povprečni radianci. Med 47 obravnavanimi državami v Evropi je bila leta 2023 tako po povprečni kot maksimalni radianci Slovenija na 32. mestu. Povprečna radianca je v Sloveniji znašala $1,12 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$, maksimalna pa $154,98 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$. Najvišjo povprečno radianco so imele t. i. mestne države: Monako $93,59 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$, sledila pa sta Vatikan in San Marino. V vrhu so še Nizozemska, Belgija, Luksemburg in Italija (slednja predvsem na račun močno onesnažene Padske nižine). Najvišjo maksimalno radianco so ugotavljale Finska (razsvetljeni rastlinjaki), Islandija, Belorusija (močno osvetljena rafinerija v Mikhalkiju), Nizozemska in Estonija. Podatki o radianci na število prebivalcev in radianci na BDP za Slovenijo niso več tako vzpodbudni. Po radianci na število prebivalcev je Slovenija na šestem mestu, po radianci na enoto BDP pa na enajstem mestu (Žiberna in Konečnik Kotnik 2021).

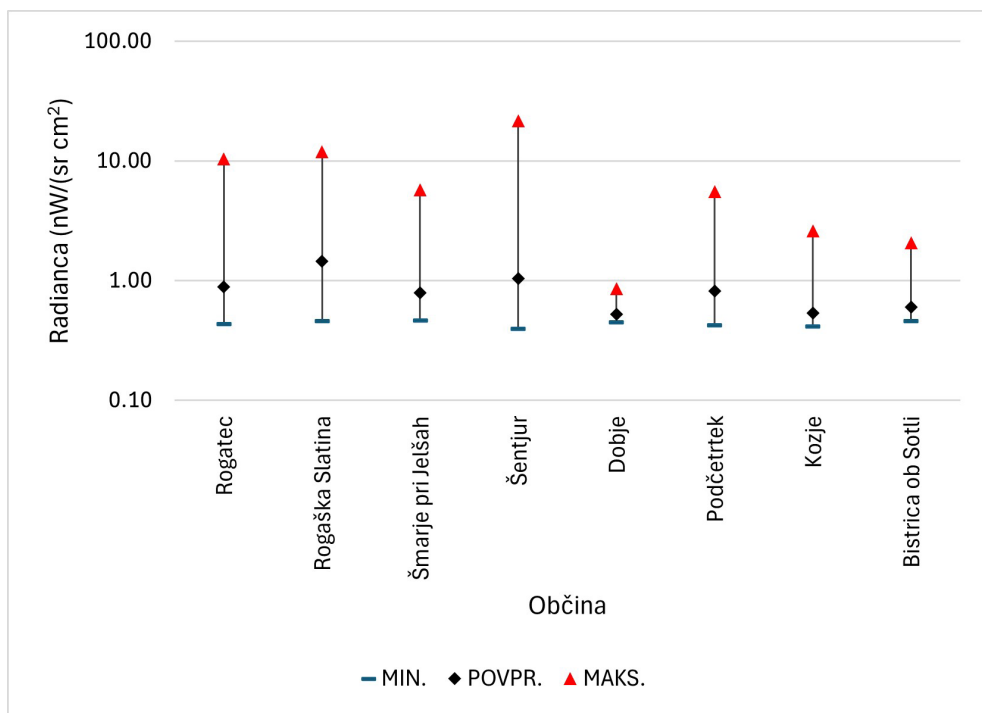
V Sloveniji se je povprečna radianca v obdobju 2013–2023 zvišala z $0,90 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$ na $1,12 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$, maksimalna pa znižala s $194,29 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$ na $154,98 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$. Pri analizi sprememb radiance pa je do podatkov treba biti kritičen. Omenili smo že, da so senzorji na satelitu Suomi NPP neobčutljivi na skrajni modri del spektra, v katerem sevajo »bele« LED-sijalke, s katerimi smo v zadnjem času zamenjevali natrijeve sijalke. »Izboljšanje« radiance je najpogostejše le posledica zamenjave natrijevih z LED-sijalkami (Žiberna in Konečnik Kotnik 2021; 2022).

Na Kozjanskem je leta 2013 povprečna radianca znašala $0,61 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$, minimalna $0,17 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$, maksimalna pa $14,83 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$. Leta 2013 je bilo najsvetlejši piksel najti v Rogaški Slatini, na območju Kidričeve ulice med rondojem pri Pegazovem spomeniku in Osnovno šolo Rogaška Slatina, najtemnejšega pa v jugozahodnem delu Kozjanskega, na Podrebri, vzhodno od Ostrožnika. Do leta 2023 se je povprečna radianca dvignila na $0,83 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$ ali za $0,22 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$, maksimalna na $21,57 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$ ali za $6,74 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$, minimalna pa na $0,39 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$ ali za $0,22 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$. Leta 2023 je bil najsvetlejši piksel v Šentjurju, na območju proizvodno-storitvenih dejavnosti med Cesto Kozjanskega odreda, Cesto pod Rifnikom in Industrijsko cesto. Najtemnejši piksel smo zaznali na območju Bohorja med Malim Javornikom in Skalico.

Vrednosti minimalne, povprečne in maksimalne radiance se po občinah na Kozjanskem razlikujejo. Ugotovimo lahko, da so bile leta 2023 med občinami najmanjše razlike v minimalni radianci ($0,07 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$), nekoliko večje pri povprečni radianci ($0,93 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$), daleč največje pa v maksimalni radianci ($20,71 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$). Pri razponu vrednosti radiance najbolj izstopata občini Šentjur (z $222,3 \text{ km}^2$ je po površini največja občina na Kozjanskem) in Dobje (s $17,5 \text{ km}^2$ je po površini najmanjša občina na Kozjanskem). Razpon radiance v občini Šentjur je leta 2023 znašal $21,18 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$,

občini Dobje pa le $0,41 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$. Omenimo naj še, da je maksimalna radianca v občini Dobje ($0,86 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$) celo nižja od povprečne radiance v občinah Rogaška Slatina ($1,45 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$) in Šentjur ($1,04 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$). Pomen površine občine in z njo povezane pestrosti človekove dejavnosti kaže dejstvo, da ima občina Šentjur poleg najsvetlejšega tudi najtemnejši piksel radiance (slika 1). Občina namreč pokriva gosteje naseljeno in gospodarsko aktivnejše območje v dolini Voglajne (s središčem v naselju Šentjur), nekatera gručasta naselja v osrčju Kozjanskega (Žusem, Prevorje, Planina pri Sevnici), vendar tudi redkeje poseljena ter pretežno gozdnata območja na območju Bohorja, kar znižuje vrednosti povprečne in minimalne radiance. Izračun Pearsonovih korelacijskih koeficientov kaže, da je minimalna radianca v negativni korelaciji s površino občine (Pearsonov korelacijski koeficient je $-0,6690$) in dolžino javnih cest v občini ($-0,6060$). Povprečna radianca je v visoki povezavi z gostoto prebivalstva ($0,9250$) ter deležem pozidanih in sorodnih površin ($0,9180$). Maksimalna radianca po občinah kaže visoko stopnjo povezanosti s številom prebivalstva ($0,8050$), dolžino javnih cest ($0,7190$) in trajnimi nasadi ($0,6080$).

Slika 2.1: Minimalna, povprečna in maksimalna radianca leta 2023 po občinah na Kozjanskem.

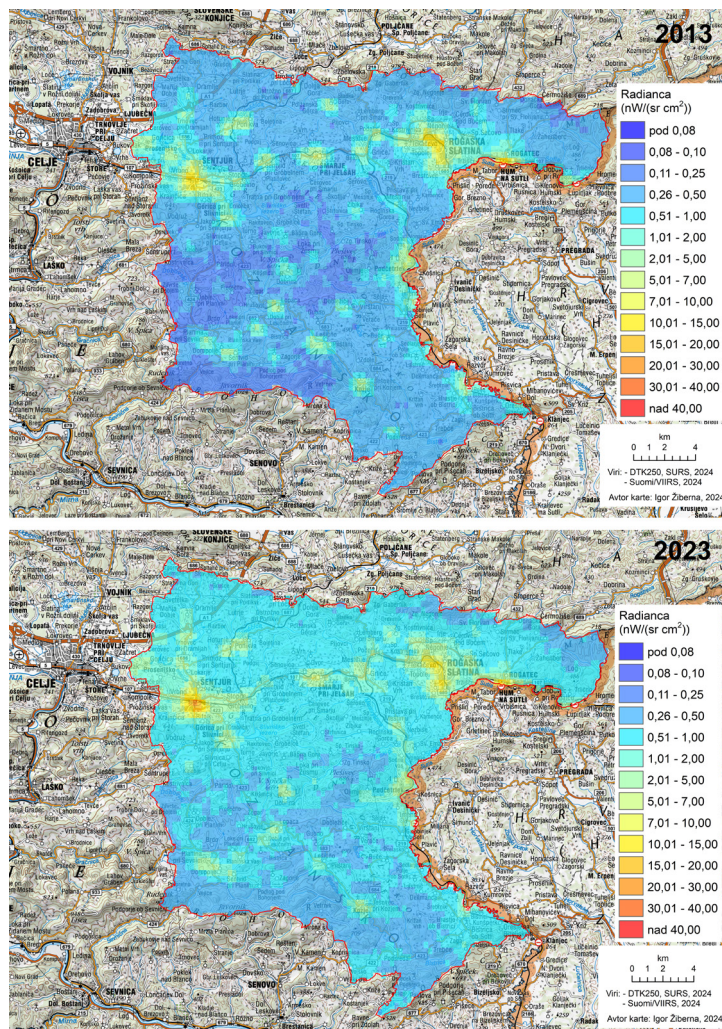


Vir: medmrežje 2; lastni izračuni 2024.

Vrednosti radiance na Kozjanskem leta 2013 in leta 2023 kažejo tesno povezavo s človekovo dejavnostjo. V obeh letih se kažejo najvišje vrednosti radiance na osi vzdolž doline Voglajne, ki se proti vzhodu podaljša v smeri Rogaške Slatine in Rogatca. Druga, nekoliko manj izrazita os poteka ob Sotli in njenih pritokih med Pristavo pri Mestinju na severu in Imenim na jugu ter na območju Polja pri Bistrici. Tretje območje z višjo

radianco je zelo razdrobljeno in ga prepoznamo na območju nekaterih večjih gručastih naselij na Kozjanskem (Ponikva, Kozje, Žusem, Prevorje, Planina pri Sevnici, Šentvid pri Planini). Najtemnejša območja najdemo med Bohorjem in Orlico v južnem delu Kozjanskega, v posameznih fragmentih v osrednjem delu Kozjanskega (severno od Planine pri Sevnici ter na območju Javorščice in Rudnice) ter na območju podaljška Vzhodnih Karavank v severnem delu obravnavanega območja (južna pobočja Boča, Plešivca, Donačke gore in Maclja). Primerjava radiance med letoma 2013 in 2023 kaže, da so se območja z višjo radianco iz doline Voglajne in Posotelja močno razširila v zaledne predele. To bi lahko razložili s procesom suburbanizacije ter spremembo življenjskega sloga in vrednot v družbi, kar se odraža tudi pri človekovih posegih v prostor. V našem primeru se to manifestira v širjenju javne razsvetljave na območja, ki so bila v preteklosti temna.

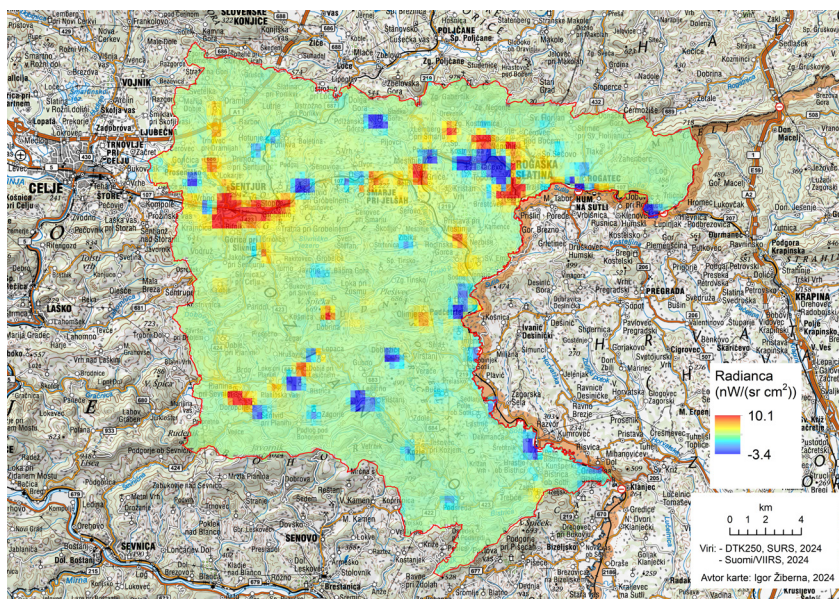
Slika 2.2: Vrednosti radiance (v $nW/(sr\ cm^2)$) na Kozjanskem leta 2013 (zgoraj) in leta 2023 (spodaj).



Vir: medmrežje 3; lastni izračuni 2024.

Primerjava radiance v obeh letih pa razgalja še en proces: zamenjavo visoko- in nizkotlačnih natrijevih sijalk z »belimi« LED-sijalkami. Natrijeve sijalke so z energetskega vidika potratnejše, saj se veliko električne energije pri napajanju teh sijalk ne spremeni v vidno svetlobo, pač pa infrardeče (toplotno) sevanje. S tega vidika so LED-sijalke energetske manj potratne. Drugi problem pa nastopi pri spektru obeh tipov sijalk: natrijeve sijalke so imele višek sevanja v rumeno-oranžnem delu spektra, »bele« LED-sijalke pa imajo višek sevanja v modrem delu spektra, zaradi česar se njihova svetloba v atmosferi siplje nekajkrat intenzivneje kot rumeno-oranžna svetloba. Uvajanje »belih« LED-sijalk tako po eni strani sicer prinaša prihranek pri energiji, po drugi strani pa pušča za seboj bistveno večje prostorske učinke pri svetlobnem onesnaževanju, česar občinski proračuni neposredno ne zaznajo. Problem pri interpretaciji razlik v radianci med letoma 2013 in 2023 nastopi zaradi že omenjenega dejstva, da so senzorji za merjenje radiance na satelitu Suomi NPP neobčutljivi za skrajni modri del spektra, zato zamenjavo natrijevih sijalk z »belimi« LED-sijalkami zaznavajo kot padec radiance, čeprav se je ta najbrž povečala, kar nakazujejo nekatere druge raziskave (Žiberna in Konečnik Kotnik 2021; Žiberna in Konečnik Kotnik 2022; Žiberna in sod. 2023). Kljub temu se še vedno pojavljajo območja, kjer se je radianca povečala: v daleč največjem delu na območju Šentjurja, v bistveno manjši meri pa na obrobju Rogaške Slatine, Mestinja, Pristave pri Mestinju, Olimja, Žusma in Planine pri Sevnici. Največje »znižanje« radiance je mogoče zaznati v Rogaški Slatini, zelo razpršeno pa še na Sladki Gori, Proseniškem, v Podplatu, Šentvidu pri Grobelnem, Podčetrtku in Lesičnem. Zanimivo je tudi, da se je radianca občutno »znižala« na območju praviloma sicer intenzivno osvetljenih mejnih prehodov (Dobovec, Rogatec, Imeno, Bistrica ob Sotli). Nekatere občine se celo ponašajo z uvajanjem »belih« LED-sijalk kot načinom trajnostnega razvoja, ampak pri tem pozabljajo (ali pa preprosto ne vedo), da se ta ne manifestira vedno le v ekonomskih prihrankih (medmrežje 4; medmrežje 5).

Slika 2.3: Razlika v radianci na Kozjanskem med letoma 2013 in 2023.



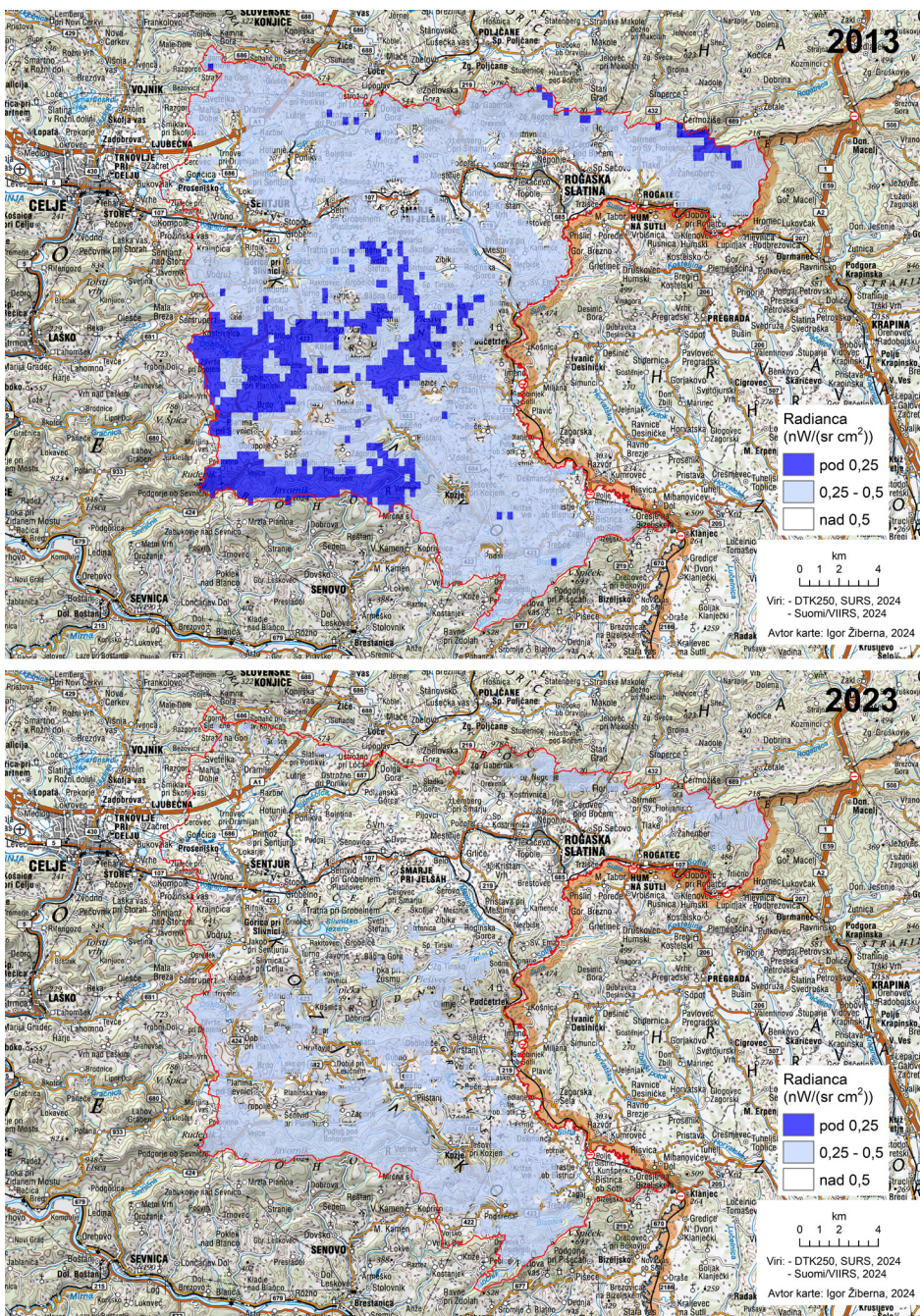
2.3.2 Temna območja na Kozjanskem

Posledica večanja svetlobne onesnaženosti se odraža v manjšanju območij s temnim nebom. Območja s temnim nebom so določena arbitrarno, saj imajo različni rastlinski in živalski organizmi ter človek različno odzivnost/občutljivost na svetlobno onesnaženje. Pri določanju mejnih vrednosti, ki označujejo temno nebo, smo se naslonili na dve študiji (Night Blight 2016; Widmer in sod. 2022). Po teh so območja s temnim nebom določena pri največ $0,25 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$ oz. največ $0,5 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$.

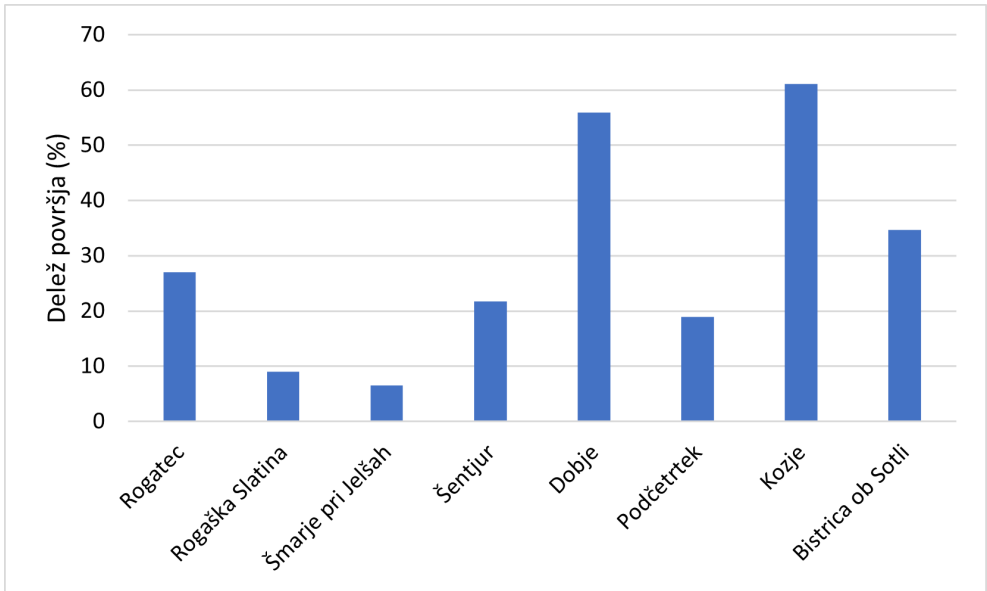
Na sliki 4 lahko opazimo, da so bila leta 2013 območja z radianco, nižjo od $0,25 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$, predvsem v osrednjem in južnem delu Kozjanskega (Bohor, vzhodni odrastki Posavskega hribovja, ki so redkeje poseljeni) ter na skrajnem severovzhodu (Macelj), medtem ko so območja z radianco pod $0,5 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$ pokrivala večino površja, z izjemo delov z večjo gostoto poselitve na liniji Šentjur – Rogaška Slatina – Rogatec, ob Sotli in razpršeno po osrednjem delu Kozjanskega (Kozje, Žusem, Planina pri Sevnici) ter na severu (Ponikva, Dramlje – Trnovec pri Dramljah). Leta 2013 je imelo 13,7 % površja Kozjanskega radianco nižjo od $0,25 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$, 74,7 % površja pa nižjo od $0,5 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$. V občini Dobje, ki je sicer daleč najmanjša občina na Kozjanskem, je bil delež površja z radianco, nižjo od $0,25 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$, 72 %, medtem ko je celotno površje imelo radianco nižjo od $0,5 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$. Najnižji delež površja z radianco, nižjo od $0,5 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$, sta leta 2013 imeli občini Rogaška Slatina (52 %) in Podčetrtek (68,8 %). Do leta 2023 se je površje s temnim nebom močno zmanjšalo. Območij z radianco, nižjo od $0,25 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$, na Kozjanskem ni več, medtem ko se je delež površja z radianco, nižjo od $0,5 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$, znižal s 74,7 % na le 24,8 % površja (za 49,9 odstotne točke). Naj za primerjavo navedemo, da se je v Sloveniji delež območij z radianco pod $0,5 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$ znižal s 75,2 % leta 2013 na 39,3 % leta 2023 (ali za 39,3 odstotne točke). V relativnem smislu so torej procesi zmanjševanja temnih območij na Kozjanskem še bolj neugodni kot na območju celotne Slovenije. Še največ pogojno rečeno temnih območij je bilo leta 2023 na območju med Bohorjem in Orlico ter na območjih z manjšo gostoto prebivalstva v vzhodnih odrastkih Posavskega hribovja in na severu na južnih pobočjih odrastkov Vzhodnih Karavank med Bočem in Macljem. Najvišji delež pogojno temnih območij na Kozjanskem je imela leta 2023 občina Kozje (61,1 %), sledila pa je občina Dobje (55,9 %). Vse preostale občine so imele ta delež nižji od tretjine površja občine, najnižjega pa občini Šmarje pri Jelšah (6,5 %) in Rogaška Slatina (9 %) (slika 5). Na žalost se je delež temnih območij močno zmanjšal tudi v Kozjanskem parku. Žiberna in Konečnik Kotnik (2023) ugotavljata, da se je na območju Kozjanskega parka med letoma 2013 in 2021 povprečna radianca povečala od $0,4 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$ na $0,41 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$, hkrati pa se je delež površja z radianco pod $0,25 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$ znižal s 38,9 % površja na le 1,1 % površja. Pravne podlage, s katerimi ščitimo različna zavarovana območja, torej niso dovolj učinkovite na področju svetlobnega onesnaževanja ali pa te oblike onesnaževanja sploh ne upoštevajo. Zavedati pa se moramo, da se svetloba v troposferi od virov svetlobnega onesnaževanja nemoteno širi v vse smeri, ne oziraje se na meje zavarovanih območij. Če bi taka območja res želeli zaščititi pred svetlobnim onesnaževanjem, bi okoli njih morali ustvariti prehodna območja, v katerih bi ustrezno prilagodili/zaostрили pogoje za razsvetljevanje. V tem smislu ne moremo mimo regionalnih virov svetlobnega

onesnaževanja, pri čemer je eden največjih mesto Zagreb, ki je od južnih območij Kozjanskega oddaljeno le dobrih 30 km.

Slika 2.4: Območja s temnim nebom na Kozjanskem leta 2013 (zgoraj) in 2023 (spodaj).



Slika 2.5: Delež površja z radianco, nižjo od $0,5 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$, po občinah na Kozjanskem leta 2023.



Vir: medmrežje 2; lastni izračuni 2024.

2.4 Zaključek

Svetlobno onesnaževanje je relativno nova oblika onesnaževanja, ki je rezultat vse množičnejše uporabe svetilk v nočnem času. Posledice se manifestirajo v negativnih vplivih na ekosisteme in nenazadnje tudi na človekovo zdravje. S širjenjem (sub)urbanega življenjskega sloga se svetlobno onesnaževanje pojavlja tudi na nekoč temnih območjih.

V Sloveniji je leta 2023 znašala povprečna radianca $1,12 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$, na Kozjanskem pa $0,83 \text{ nW}/(\text{sr cm}^2)$. V obdobju 2013–2023 na Kozjanskem spremljamo poslabšanje stanja tako pri minimalni kot tudi pri povprečni in maksimalni radianci. Leta 2023 je bila najvišja radianca zaznana v Šentjurju, in sicer na območju proizvodno-storitvenih dejavnosti v južnem delu naselja. Vrednosti radiance na Kozjanskem leta 2013 in leta 2023 kažejo tesno povezavo s človekovo dejavnostjo. V obeh letih se kažejo najvišje vrednosti radiance na osi vzdolž doline Voglajne, ki se proti vzhodu podaljša v smeri Rogaške Slatine in Rogatca. Manj izrazito območje svetlobne onesnaženosti poteka ob Sotli in njenih pritokih med Pristavo pri Mestincu in Imenim ter na območju Polja pri Bistrici. Tretje območje z višjo radianco je zelo razdrobljeno in ga zasledimo na območju nekaterih večjih gručastih naselij na Kozjanskem (Ponikva, Kozje, Žusem, Prevorje, Planina pri Sevnici, Šentvid pri Planini). Najtemnejša območja se najdejo na območju med Bohorjem in Orlico v južnem delu Kozjanskega, v posameznih fragmentih v osrednjem delu Kozjanskega (severno od Planine pri Sevnici

ter na območju Javorščice in Rudnice) ter na območju podaljška Vzhodnih Karavank v severnem delu obravnavanega območja (južna pobočja Boča, Plešivca, Donačke gore in Maclja).

Delež temnih območij se je v obdobju 2013–2023 na Kozjanskem znižal z 38,9 % površja na le 1,1 % površja. Pokrajina, ki so jo geografi še v sedemdesetih letih 20. stoletja označevali kot manj razvito in za katero so tedaj iskali rešitve, »kako jo vključiti v sodobno življenje«, danes ni imuna na okoljsko neugodne procese. Procesi zmanjševanja temnih območij na Kozjanskem v obdobju 2013–2023 so v relativnem smislu namreč še bolj neugodni kot za celotno Slovenijo in bi zato v tem smislu bilo nujno razmisliti, kako omejiti stihijsko širjenje virov svetlobnega onesnaževanja.