

Astron. Obs. Belgrade Special Issues No. 5 (2026), 15-27

DOI: <https://doi.org/10.69646/aobsi00502>

ПРВИ РЕЗУЛТАТИ ПРОЈЕКТА UrbObsBel

РАДЕ ПАВЛОВИЋ¹ и ЗОРАН СИМИЋ²

¹ *Институт за физику, Београд*

² *Астрономска опсерваторија, Београд*

Резиме. Светлосно загађење представља све израженији облик антропогеног притиска на животну средину, са последицама које превазилазе само естетски губитак звезданог неба већ обухватају поремећаје у екосистемима као и могуће негативне ефекте на здравље људи, повећану потрошњу енергије и отежавање или чак онемогућавање астрономских посматрања. Пројекат UrbObsBel (Urban Observatory of Belgrade, Градска опсерваторија Београда) развијен је као градска опсерваторија за систематско праћење светлосног загађења у Београду, уз примену проверених астрономских техника и више комплементарних инструмената. Пројекат се реализује у периоду 2024–2026. године и окупља истраживаче из четири институције. У раду су представљени основни циљеви пројекта, локација посматрања, коришћена инструментација и први резултати. Инструментални систем обухвата FLIR A700 термалну камеру, all-sky камеру Alcor OMEA 3C, хиперспектрални уређај за VNIR снимање, Унихедрон SQM-LE и TESS-W фотометре. Посебан значај има упоредно мерење на Астрономској опсерваторији Београд (АОБ) и Астрономској станици Видојевица (АСВ). Према TESS-W мерењима из септембра 2024. године добијене су вредности магнитуде по квадратној лучној секунди $16.35 \text{ mag/arcsec}^2$ за АОБ, а $21.16 \text{ mag/arcsec}^2$ за АСВ, док су Унихедрон мерења из јануара 2025. године дала вредности $15.19 \text{ mag/arcsec}^2$ за АОБ и $21.94 \text{ mag/arcsec}^2$ за АСВ. Резултати потврђују изражен интензитет светлосног загађења изнад Београда и указују на значај дугорочног мониторинга, јавне доступности података и развоја мера за унапређење спољашњег осветљења.

Abstract. Light pollution represents an increasingly prominent form of anthropogenic pressure on the environment, with consequences that extend beyond the mere aesthetic loss of the starry sky to include ecosystem disturbances, potential negative effects on human health, increased energy consumption, and the hindering or even prevention of astronomical observations. The UrbObsBel (Urban Observatory of Belgrade) project was developed as an urban observatory for the systematic monitoring of light pollution in Belgrade, employing proven astronomical techniques and multiple complementary instruments. The project is being implemented during the 2024–2026 period and brings together researchers from four

institutions. This paper presents the project's primary objectives, the observation location, the instrumentation used, and the initial results. The instrumental system includes a FLIR A700 thermal camera, an Alcor OMEA 3C all-sky camera, a hyperspectral device for VNIR imaging, and Unihedron SQM-LE and TESS-W photometers. Of particular importance are the comparative measurements conducted at the Belgrade Astronomical Observatory (AOB) and the Vidojevica Astronomical Station (ASV). According to TESS-W measurements from September 2024, the recorded values for magnitude per square arcsecond were 16.35 mag/arcsec² for AOB and 21.16 mag/arcsec² for the ASV, while Unihedron measurements from January 2025 yielded values of 15.19 mag/arcsec² for AOB and 21.94 mag/arcsec² for the ASV. The results confirm the high intensity of light pollution over Belgrade and highlight the importance of long-term monitoring, public data accessibility, and the development of measures to improve outdoor lighting.

1. УВОД

Светлосно загађење данас се све чешће разматра као важан проблем савремене урбане средине, а дефинише се као нежељено или прекомерно вештачко осветљење које нарушава природну таму ноћног неба, ремети екосистеме, утиче на здравље људи и отежава астрономска посматрања. Оваква дефиниција јасно показује да се не ради само о естетском губитку могућности посматрања звезданог неба, већ о сложенем феномену са еколошким, енергетским, културним и научним последицама.

Додатни значај овог проблема проистиче из чињенице да се вештачка светлост повећава 10% сваке године, тј. Удвостручава се приближно сваких 8 година (Falchi & Bara, 2017). Такав тренд упућује на потребу за систематским, дугорочним и методолошки поузданим праћењем стања ноћног неба, нарочито у великим урбаним срединама.

Неке од најважнијих последица светлосног загађења су нестанак звездане ноћи као ненадокнадив губитак за све културе, снажан утицај на флору, фауну и људе, као и значајан економски аспект повезан са потрошњом електричне енергије за спољашњу расвету. Само спољашња расвета у градовима троши 19% глобалне електричне енергије, уз процену раста до 27% до 2040. године, док осветљење чини 30 – 50% типичног рачуна за енергију у градовима (Varela Perez, 2023).

Београд, као највећи урбани центар у Србији, представља веома погодно подручје за проучавање светлосног загађења. Разноврсност извора светлости, густина насељености, развијена јавна расвета и

комплексна урбана структура омогућавају да се овај феномен сагледа у реалним градским условима. Из таквог истраживачког и друштвеног контекста произашао је пројекат Градска опсерваторија Београда – UrbObsBel⁵ (Urban Observatory of Belgrade) који је први са групом разноврсних инструмената на две различите локације. Његов главни циљ јесте да се применом проверених астрономских техника проучавају светлосно загађење и динамички процеси у граду Београду.

2. ЦИЉ РАДА

У овом раду представљамо концепт пројекта UrbObsBel, његов институционални и методолошки оквир, коришћене инструменте и прве резултате мониторинга светлосног загађења у Београду. Посебан акценат је стављен на приказ могућности градске опсерваторије као модела за дугорочно праћење квалитета ноћног неба у урбаној средини и на поређење добијених вредности са референтном тамном локацијом на Астрономској станици на Видојевици (АСВ).

3. ПРОЈЕКАТ UrbObsBel: КОНЦЕПТ И ИНСТИТУЦИОНАЛНИ ОКВИР

Пројекат Градске опсерваторије Београд - UrbObsBel је трогодишњи пројекат који финансира Фонд за науку Републике Србије⁶ у периоду од 1. јануара 2024. до 31. децембра 2026. године (Simić et al., 2025). То је један од првих оваквих пројеката у Србији, усмерених на систематско мерење осветљености ноћног неба и проучавање светлосног загађења у урбаној средини каква је Београд. Очекује се да ће прикупљена посматрања пружити драгоцене информације о расподели потрошње енергије и њеном утицају на животну средину и екосистеме.

Посебна вредност овог пројекта огледа се у његовом интердисциплинарном карактеру. У тиму учествују истраживачи из четири институције: Астрономске опсерваторије Београд⁷, Института за физику Београд⁸, Медицинског факултета Универзитета у Београду⁹ и Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду¹⁰.

⁵ <https://urbobsbel.aob.rs>

⁶ <https://fondzanauku.gov.rs>

⁷ <https://www.aob.rs>

⁸ <https://www.ipb.ac.rs>

⁹ <https://med.bg.ac.rs>

¹⁰ <https://www.dgt.uns.ac.rs>

Пројекат окупља укупно осам истраживача: др Срђан Самуровић, др Горан Дамљановић, др Зоран Симић, др Зорица Цветковић, др Раде Павловић, др Драган Лукић, др Дајана Бјелајац и др Бранислав Ровчанин. Оваква мултидисциплинарна организација тима истраживача потврђује да светлосно загађење није могуће посматрати само као астрономски проблем, већ као тему која захтева истовремено разумевање физичких, еколошких, здравствених и урбаних аспеката (Pavlović et al., 2025a).

У концептуалном смислу, пројекат се заснива на коришћењу више врста инструмената, који покривају различите делове спектра, а који су намењени за проучавање осветљености неба услед присуства различитих извора загађења као што су уличне светиљке, рекламни екрани, рефлектори стадиона и разни типови светала постављених по фасадама „паметних зграда“. Овакав приступ треба да обезбеди висококвалитетне посматрачке податке и биће коришћен такође и за обуку и за информисање јавности. Истовремено, планирана су дугорочна мерења уз повремену верификацију, јавна доступност података и њихово повезивање са одговарајућим базама, као и широка промоција пројекта и добијених резултата.

4. ИНСТРУМЕНТИ ПРОЈЕКТА UrbObsBel

Астрономска опсерваторија у Београду се налази на изузетној локацији у граду тако да се читав град види са врха Куле. Дакле, сам географски положај Опсерваторије и распоред инструмената је такав да омогућава широк визуелни и инструментални обухват урбаног простора што је погодно за дугорочно праћење осветљености ноћног неба изнад града.

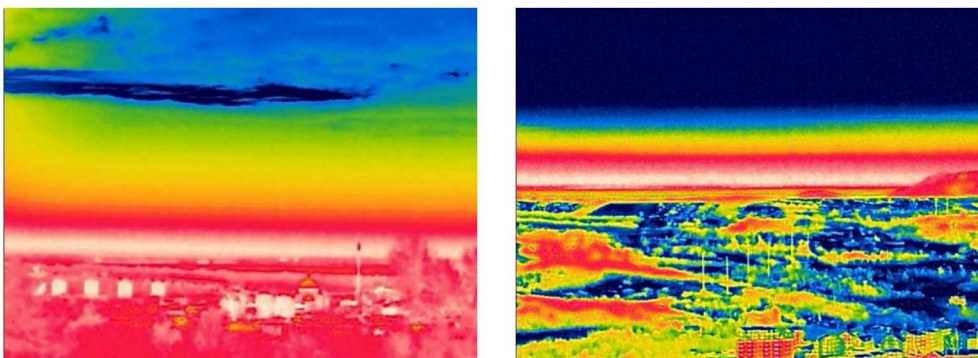
За компаративну анализу коришћена је и Астрономска станица на Видојевици (АСВ), која у овом пројекту има улогу референтне тамне локације. Управо могућност директног поређења урбане и тамне средине представља једну од методолошки највреднијих одлика овог пројекта.

У оквиру пројекта користимо више различитих инструмената (Pavlović et al., 2025b). Први инструмент који представљамо на Сликама 1 и 2 је **FLIR A700 термална камера**, која поседује инфрацрвену резолуцију 640×480 пиксела, видно поље од $14^\circ \times 10^\circ$ и термалну осетљивост од 25 mK на $+30^\circ\text{C}$. Овај уређај омогућава термалну

карактеризацију извора и објеката, што може бити корисно при анализи технолошких особина појединих извора осветљења и њиховог рада.



Слика 1. FLIR A700 термална камера, поглед са предње и задње стране.



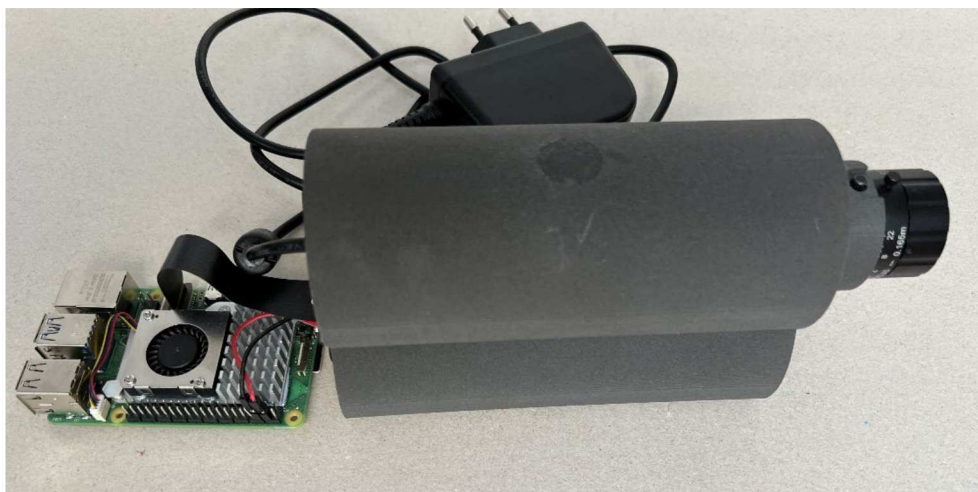
Слика 2. Снимци начињени 21. марта 2026. године у 23:53 истовремено са обе термалне FLIR A700 камере. Лево је поглед ка центру града, десно супротно од центра.

Други инструмент је **all-sky** камера **Alcor OMEA 3C** (Слика 3 лево), резолуције 3100×2100 пиксела, са видним пољем $180^\circ \times 180^\circ$ и величином пиксела $5,4 \text{ arcmin/пиксел}$. Оваква камера нам омогућава снимање целе небеске полулопте, што је корисно за просторну анализу расподеле сјаја неба, а то је изузетно важно за идентификацију доминантних праваца и сектора урбаног светлосног загађења.



Слика 3. All-sky камера Alcor OMEA 3C (лево) и Унихедрон Sky Quality Meter, модел SQM-LE (десно).

Трећи инструмент је хиперспектрални имидинг сензор (енгл. Hyperspectral imaging sensor) - **HSI уређај** који нам служи за визуелно и блиско-инфрацрвено хиперспектрално снимање (Слика 4). Заснован је на приступачној Raspberry Pi платформи, а сами смо га направили и калибрисали према упутствима датим у раду Salazar-Vazquez и Mendez-Vazquez, 2020.



Слика 4. HSI уређај са извученим Raspberry Pi 5 мини компјутером.

Хиперспектрални приступ је од посебног значаја за наш пројекат јер омогућава снимање објеката само једним кликом чиме добијамо на брзини док сам објекат „видимо“ на различитим таласним дужинама, које можемо бирати у распону од 400 nm до 1000 nm, а то нам пружа бољи увид у спектралне карактеристике извора светлости, што је важно

за разумевање утицаја различитих типова расвете на околину и квалитет ноћног неба. Видети рад Лукић, Павловић и Ровчанин (2026) у овој публикацији који детаљно приказује овај инструмент и његов принцип рада.

Четврти инструмент је Унихедрон Sky Quality Meter, модел SQM-LE (Слике 3 десно, 5 и 6) којим се мери осветљеност ноћног неба а изражава је у магнитудама по квадрату лучне секунде. Угаону осетљивост је приближно 42° а то је заправо угао под којим се посматра небо око зенита. Овај инструмент представља једно од стандардних средстава за континуирани мониторинг квалитета ноћног неба. Инсталирана су три оваква уређаја, један на Астрономској опсерваторији (АОБ), други на Калемегдану практично у центру града инсталиран од стране Астрономског друштва Руђер Бошковић (АДРБ) и трећи на Астрономској станици на Видојевици (АСВ).



Слика 5. Изглед TESS-W фотометра (лево) и TESS-W фотометар монтиран на стубу на АСВ у предњем плану, иза се види Унихедрон Sky Quality Meter - модел SQM-LE док су у позадини куполе 40 см и 1.4 м телескопа.

Пети инструмент чини **TESS-W фотометар** (Слике 5 и 6). Инсталирали смо два оваква уређаја, један на Астрономској опсерваторији Београд (АОБ), а други на Астрономској станици Видојевица (АСВ). Тиме је обезбеђена директна основа за упоредна мерења између градске и референтне тамне локације.

Шести инструмент је **фотоапарат Nikon Z7II** (слика 7) који је намењен за снимање градског језгра у видљивом делу спектра. Основне карактеристике су: резолуција од $8,256 \times 5,504$ пиксела тј. 45.7 мегапиксела, величина једног пиксела је $4.3 \mu\text{m}$. Поседује електронски затварач (engl.: shutter) омогућава експозиције од $1/8000$ па све до 30 секунди са могућношћу да се продужи до 900 секунди.



Слика 6. TESS-W (лево), унихедрон (у средини) и all-sky камера (десно) на врху Куле са погледом на панораму града.

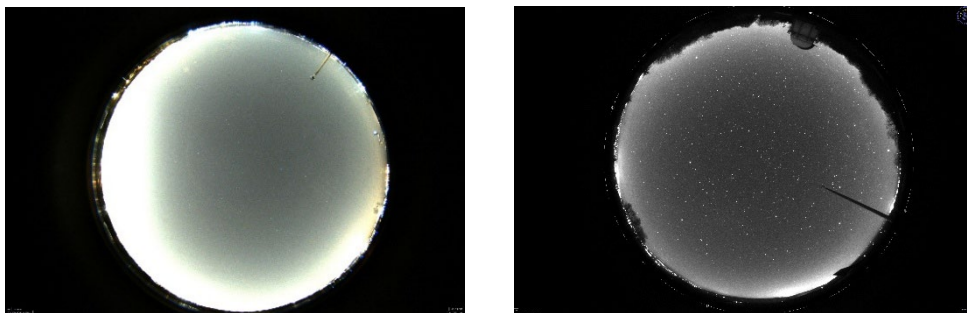


Слика 7. Фотоапарат Nikon Z7II са објективом NIKKOR Z 24-70mm f/2.8 изглед са предње (лево) и задње стране (десно).

5. ПРВА МЕРЕЊА И РЕЗУЛТАТИ

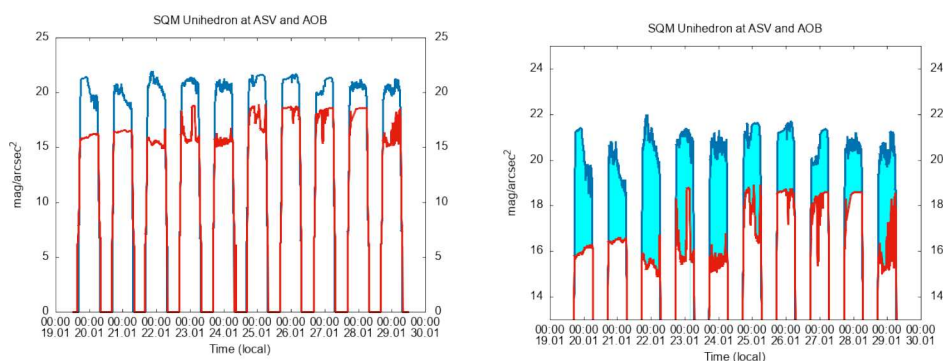
Септембра 2024. године су извршена TESS-W фотометаром прва мерења на обе станице, АОБ и АСВ, током две ноћи. Добијене средње вредности смо одмах упоредили. На Астрономској опсерваторији смо добили за сјај неба $16.35 \text{ mag/arcsec}^2$ док за Астрономску станицу на Видојевици је добијено $21.16 \text{ mag/arcsec}^2$. Разлика између ове две локације је износила $4.81 \text{ mag/arcsec}^2$ што говори о изузетно великом светлосном загађењу у Београду.

С обзиром на то да веће вредности у јединици mag/arcsec^2 одговарају тамнијем небу, ови резултати показују да је небо изнад Видојевице знатно тамније од неба изнад Београда. Тиме се потврђује да урбана средина снажно нарушава природну таму ноћног неба. Ово тврђење је још очигледније ако упоредимо слике са all-sky камера (Слика 8).



Слика 8. Снимак all-sky камером на АОБ (лево) и на АСВ (десно).

Други скуп резултата који овде приказујемо односи се на јануар 2025. године и заснива се на мерењима Унихедрон инструментима на обе локације, АОБ и АСВ, само у дужем интервалу тј. током десет ноћи. За АОБ је добијена вредност $15.19 \text{ mag/arcsec}^2$, а за АСВ $21.94 \text{ mag/arcsec}^2$ (Слика 9). Разлика између ових локација је још већа и износи $6.75 \text{ mag/arcsec}^2$. Овај податак још додатно потврђује изражену разлику између урбаног и тамног неба. Иако су овде коришћени други инструменти и други временски интервали у односу на претходни скуп мерења, општи закључак остаје исти: интензитет светлосног загађења изнад Београда је висок и јасно мерљив.



Слика 9. Графички приказ података са Унихедрона на АСВ (плава) и на АОБ (црвена) за период од 19.01.2025. до 30.01.2025. године (панел лево). На панелу десно је приказан исти график само је увећан део између магнитуда 14 и 24.

Поред нумеричких показатеља, снимали смо неба изнад Београда all-sky камером (Слика 8), као и фотоапаратом (Слика 10). Ови прикази су важни јер указују да светлосно загађење нема само укупни интензитет, већ и просторну структуру. Таква структура може зависити од распореда градских зона, саобраћајне инфраструктуре, типа расвете и оријентације у односу на нашу позицију према различитим деловима града. Такође је примећено да када се одиграва нека утакмица на стадионима и када су упаљени рефлектори, очекивано, се знатно повећава интензитет светла и „сјаја“ неба.

6. ДИСКУСИЈА

Добијени први резултати показују да пројекат UrbObsBel има значајну научну и практичну вредност. Пре свега, он потврђује да се светлосно загађење у једном великом граду може систематски пратити применом астрономских метода и релативно разноврсне, али комплементарне и пажљиво одабране групе инструмената. Тиме се успоставља основа за континуирано праћење промена у квалитету ноћног неба и за анализу ефеката могућих интервенција у систему спољашњег осветљења како би се смањило на разуман ниво.



Слика 10. Снимак града фотоапаратом 09.02.2026. у 20:37.

Посебан допринос пројекта јесте упоредна анализа у односу на референтну тамну локацију на Видојевници. Без такве референтне тачке, вредности добијене изнад Београда имале би знатно мању интерпретативну снагу. У овом случају, разлика између приближно 15–16 mag/arcsec² изнад Београда и преко 21 mag/arcsec² на Видојевници веома јасно показује степен деградације ноћног неба у урбаној средини. Још једна важна карактеристика пројекта јесте то што не остаје на нивоу простог регистровања проблема, већ у овој публикацији указује и на могућа решења. Због сложености антропогеног светла не постоје једноставна решења за његово смањење и ублажавање у природним системима. Истовремено се наглашава да су национална и међународна сарадња од суштинског значаја за прикупљање висококвалитетних података, као и да постоји хитна потреба за националним и међународним прописима за смањење светлосног загађења.

Посебно су важне и практичне препоруке за прилагођавање дизајна осветљења ради смањења утицаја на локалне екосистеме: заштита светилки, прилагодљиво улично осветљење, смањење интензитета светла и избор одговарајућег спектралног састава извора светлости. Као препоручени опсег на коме се израчи максимални флуks наводи се 570–605 nm, односно жуто-наранџасти део спектра, сличан оном код

сијалица са натријумовим парама. Ова препорука је значајна јер показује да проблем светлосног загађења није само у количини светлости, већ и у њеном спектралном саставу.

6. ЗАКЉУЧАК

Пројекат UrbObsBel представља важан корак ка систематском праћењу светлосног загађења у Србији. Као један од пионирских пројеката у земљи, он обједињује астрономску методологију, интердисциплинарни приступ и друштвено релевантне циљеве. Овај пројекат није замишљен само као појединачно истраживање, већ и као модел градске опсерваторије који се може применити и у другим урбаним срединама у Србији и окружењу.

Први резултати показују веома изражену разлику између квалитета ноћног неба изнад Београда и референтне тамне локације на Видојевици. Наши резултати потврђују висок ниво светлосног загађења у урбаној средини и оправдавају потребу за дугорочним мониторингом, даљим унапређењем мерних процедура и развојем мера за рационалније и еколошки прихватљивије спољашње осветљење.

У том смислу, UrbObsBel има двоструки значај: са једне стране доприноси научном разумевању светлосног загађења, а са друге стране пружа основу за практичне препоруке у области урбаног планирања, енергетске ефикасности и заштите животне средине како би се смањио ниво светлосног загађења, пре свега, у градској средини.

Захвалност Истраживање је спроведено уз подршку Фонда за науку Републике Србије бр. 6775, Urban Observatory of Belgrade (UrbObsBel) и Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије кроз Пројектни уговор бр. 451-03-136/2025-03/200002 и САНУ преко пројекта Ф-187.

Литература

Falchi, F., Bara, S., 2023, *Light pollution is skyrocketing*, *Science*, 379, Issue 6629, pp. 234-235, DOI: 10.1126/science.adf4952, <https://www.science.org/doi/10.1126/science.adf4952>

Pavlović, R., Cvetković, Z., Simić, Z., Damljanović, G., Lukić, D., Rovčanin, B., Samurović, S., Bjelajac, D., 2025a, Urban Observatory of Belgrade (UrbObsBel), Publications of the Astronomical Observatory of Belgrade, vol. 107, pp. 123-127, <https://doi.org/10.69646/14sbac21p>

Pavlović, R., Cvetković, Z., Bjelajac, D., Damljanović, G., Lukić, D., Rovčanin, B., Samurović, S., Simić, Z., 2025b, The UrbObsBel Project: Instruments and Detectors, Publications of the Astronomical Observatory of Belgrade, vol. 107, pp. 129-134, <https://doi.org/10.69646/14sbac22p>

Salazar-Vazquez, J. and Mendez-Vazquez, A. 2020, A plug-and-play Hyperspectral Imaging Sensor using low-cost equipment, *HardwareX*, 7, e00087, 21pp, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468067219300513>

Simić, Z., Pavlović, R., Bjelajac, D., Cvetković, Z., Damljanović, G., Lukić, D., Rovčanin, B., Samurović, S., 2025, Urban Observatory of Belgrade (UrbObsBel) – Light Pollution, *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 3116, Issue 1, id.012003, 6 pp, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/3116/1/012003/pdf>

Varela Perez, A. M., 2023, The increasing effects of light pollution on professional and amateur, 380, Issue 6650, pp. 1136-1140, DOI: 10.1126/science.adg0269 <https://www.science.org/doi/10.1126/science.adg0269>