

Astron. Obs. Belgrade Special Issues No. 5 (2026), 51-58

DOI: <https://doi.org/10.69646/aobsi00506>

ПРОЈЕКАТ UrbObsBel: УТИЦАЈ СВЕТЛОСНОГ ЗАГАЂЕЊА НА ЗДРАВЉЕ ЧОВЕКА

БРАНИСЛАВ РОВЧАНИН¹

¹Медицински факултет Универзитета у Београду, Београд

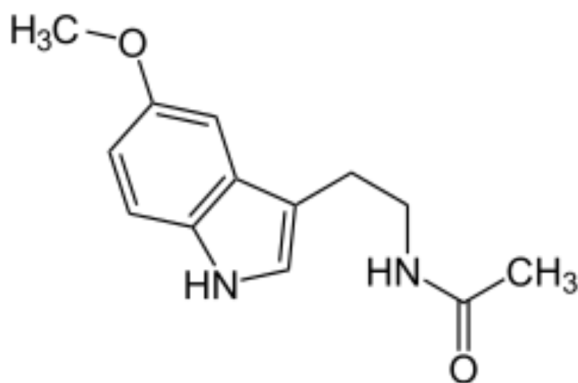
Резиме: Светлосно загађење представља растући еколошки и здравствени проблем који настаје услед прекомерне или неправилно усмерене употребе вештачког осветљења, нарочито током ноћи. Савремена истраживања указују на његов значајан утицај на циркадијалне ритмове и синтезу мелатонина, хормона кључног за регулацију сна. Изложеност плавом делу спектра светлости, карактеристичном за LED изворе и дигиталне уређаје, доводи до смањене продукције мелатонина и нарушавања природног циклуса спавања и будности. Последице ових поремећаја огледају се у смањеном квалитету сна, когнитивним потешкоћама, повећаном стресу и већем ризику од развоја анксиозности и депресије. Дугорочна изложеност светлосном загађењу доводи се у везу и са кардиоваскуларним и метаболичким обољењима, као и ослабљеном функцијом имуног система. Поред тога, негативни ефекти могу се испољити и на органу вида. Иако је често занемарено у односу на друге облике загађења, светлосно загађење има широк утицај, посебно у урбаним срединама. Мере заштите обухватају унапређење система јавне расвете и примену индивидуалних навика, као што су смањење изложености светлу у вечерњим часовима и обезбеђивање адекватних услова за спавање. Едукација становништва има кључну улогу у смањењу ризика и унапређењу здравља и квалитета живота.

Abstract: Light pollution represents a growing environmental and public health issue caused by excessive or improperly directed artificial lighting, particularly during nighttime. Contemporary research highlights its significant impact on circadian rhythms and the synthesis of melatonin, a hormone essential for sleep regulation. Exposure to the blue part of the light spectrum, characteristic of LED sources and digital devices, reduces melatonin production and disrupts the natural sleep–wake cycle. These disturbances are associated with decreased sleep quality, cognitive difficulties, increased stress, and a higher risk of anxiety and depression. Long-term exposure to light pollution has also been linked to cardiovascular and metabolic disorders, as well as impaired immune function. Additionally, adverse effects may manifest in the visual system. Although often overlooked compared to other forms of pollution, light pollution has widespread consequences, especially in urban environments. Protective measures include improvements in public lighting

systems and the adoption of individual habits, such as reducing light exposure in the evening and ensuring appropriate sleep conditions. Public education plays a key role in mitigating risks and improving overall health and quality of life.

1. ИСТОРИЈАТ

Испитивање утицаја светлосног загађења на здравље човека представља релативно млад истраживачки подухват. Неке од првих публикација које се баве овом проблематиком појавиле су се у другој половини 20. века када су научници почели да испитују улогу светлости у регулацији биолошких ритмова. У овој области су од посебног значаја истраживања дневних (циркадијалних) ритмова, зависних од смене обданице и ноћи (Cao et al., 2023). Кључни значај припада мелатонину, хормону пинеалне жлезде откривеном 50-их година прошлог века, чија је биолошка улога регулација сна (Слика 1).



Слика 1. Хемијска структура мелатонина.

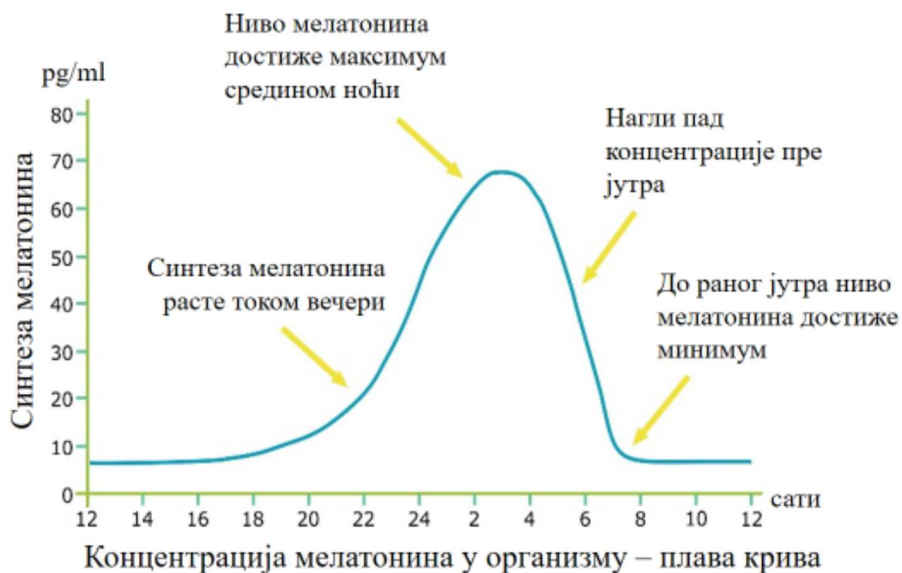
У каснијем периоду током 70-их и 80-их година 20. века експериментално је доказано да вештачко осветљење може значајно инхибирати синтезу мелатонина и тако изазвати значајне негативне утицаје по здравље. Овај корпус истраживања је спроведен на радницима који су радили у ноћним сменама и имали приметан поремећај сна и других физиолошких процеса, као што је контрола крвног притиска, нивоа шећера у крви и расположења. Са појавом технологије LED извора светлости током 1990-их и омасовљењем њене употребе, учињена су даља истраживања, која су такође асоцирала ефекте светлосног загађења на кардиоваскуларне, менталне и метаболичке поремећаје здравља човека (Guan et al., 2022). Данас се ова

тематика сматра интердисциплинарним подручјем истраживања које повезује медицину, биологију, физику, економију и правне науке (Kernbach et al., 2021).

2. УТИЦАЈ НА ЗДРАВЉЕ ЧОВЕКА

Може се са пуним правом констатовати да је светлосно загађење један од најбрже растућих еколошких проблема савременог друштва, који је за разлику од загађења хране, воде и ваздуха у значајној мери запостављено. Када говоримо о светлосном загађењу подразумевамо прекомерну или неправилно усмерену вештачку расвету која ремети природни циркадијални ритам смењивања светлости и таме. Овде се посебно мисли на прекомерну изложеност осветљењу током ноћи, што може имати значајне последице по људски организам (Zeman et al., 2023).

Међу најпроминентнијим ефектима светлосног загађења на физиологију човека издваја се утицај на циркадијални ритам. Овај хронобиолошки механизам је задужен за регулацију смене будности и сна, која се остварује преко централног нервног и неуроендокриног система на све остале физиолошке процесе. Његово адекватно функционисање омогућује организму ресторативну функцију спавања, која обезбеђује нормално функционисање нервног, кардиоваскуларног, имуног и ендокриног система. Синтеза мелатонина се обавља током дубоком спавања средином ноћи и изузетно је подложна дисрегулацији од стране повећаног интензитета и посебних квалитета светлости (Слика 2).



Слика 2. Графикон зависности синтезе мелатонина у односу на доба дана. Уочава се да је највећи скок у продукцији током средине ноћи, а да почетак овог физиолошког максимума настаје око 22 часа и завршава се око 6 часова ујутру. Преузето од: *Wikimedia Commons*.

Када је човек изложен вештачком осветљењу током ноћи, посебно плавом делу спектра (380-500 nm), наступају значајни ефекти на наведени механизам. Извори овог осветљења су екрани телефона, рачунара, телевизора и LED сијалице које емитују хладно светло (преко 6000 K). Ови квалитети светлости са значајним потенцијалом смањују синтезу мелатонина, доводећи до значајног пада његове концентрације у циркулацији (Touitou et al., 2015).

Последице овог ефекта се огледају у отежаном успављивању и смањеном субјективном и објективном квалитету сна. Лош сан негативно утиче на цео људски организам и повезује се са бројним психичким и физиолошким поремећајима. У првом реду се јавља смањена концентрација, отежано памћење, раздражљивост, повећан ниво стреса и јављање психомоторних потешкоћа у обављању свакодневних активности. Истраживања показују да светлосно загађење може имати негативан утицај и на ментално здравље човека. Особе које живе у урбаним срединама са високим нивоом светлосног загађења имају већу вероватноћу да оболе од анксиозности и депресије. У данашње време је од посебног значаја синдром хроничног замора, чији

је значајан етиолошки чинилац поремећај сна, који се често може довести у везу са светлосним загађењем (Tähkämö et al., 2019).

Дугорочна изложеност светлосном загађењу може довести и до поремећаја кардиоваскуларног система, срчаних аритмија и хипертензије, гојазности и дијабетеса мелитуса типа 2 (Wojciechowska et al., 2025; Zhang et al., 2026). Правилно функционисање имунолошког система је у великој мери зависно од уравнотеженог циркадијалног ритма. Регенерација организма током сна подразумева и јачање одбрамбених антимикуробних и антитуморских механизма. Уколико дође до поремећаја сна, имунолошки систем значајно слаби и јавља се подложност различитим акутним и хроничним упалним стањима (Walker et al., 2022).

Штетан утицај светлосног загађења може се регистровати и на очима, што се огледа у појачаном напрезању очних мишића, сувоћи вежњаче, осећају пецкања и поремећај способности прилагођавања на мрак. Додатно, убрзава се и старење очног сочива, што доводи до услова за ранији настанак катаракте (Salceda 2024).

Уопштено говорећи, светлосно загађење поред ефеката на појединца, штетно утиче и на друштво у целини. Највећи део светске популације настањен је у градовима и самим тим свакодневно изложен прекомерном осветљењу у вечерњим часовима, што људском организму чини отежано регистровање природних сигнала за одмор.

3. МЕТОДЕ ЗАШТИТЕ ОД СВЕТЛОСНОГ ЗАГАЂЕЊА

Иако ефекти светлосног загађења могу оставити значајне последице по здравље човека, уз примену адекватних мера се они могу контролисати, а утицај на здравље преокренути. Заштитне мере не штите само здравље људи, већ доприносе смањењу потрошње енергије и очувању животне средине. У ширем смислу, системски напори подразумевају боље планирање јавне расвете, коришћење светала која су усмерена надоле, коришћење сијалица са топлијим тоном светлости (мање од 4000 K) и укидање непотребног осветљења. Одговорно управљање јавном расветом подразумева да се користе светла која су усмерена ка тлу, без околног расипања светлости ка околним објектима и небу. Додатно, ова рационализација се може постићи употребом сензора покрета и временски контролисаних сијалица (Menendez-Velazquez et al., 2022).

Допринос појединца (само)заштити од светлосног загађења је тренутно можда најзначајнији начин како се штетни ефекти на здравље могу спречити или у великој мери поништити. Очување правилног ритма спавања представља најприоритетнији задатак. Препоручује се да се у вечерњим сатима максимално смањи изложеност јаким изворима светлости, посебно плавом светлу које емитују телефони, рачунари и телевизори. Коришћење функција ноћног режима слике или других начина за филтрирање плавог светла, у шта спада употреба различитих филтера или заштитних наочара, у великој мери штити здравље појединца. Пожељно је и да се избегава употреба наведених екрана најмање један сат пре одласка на спавање. Од великог значаја је и уређење простора за спавање, што подразумева да спаваћа соба буде што тамнија током ноћи, будући да потпуни мрак представља јак стимуланс за лучење мелатонина. Коришћење завеса, ролетни и маски за очи у великој мери доприноси заштити од ефеката јавног осветљења високог интензитета које допире у стамбени простор (Нао et al., 2023).

Поред заштите домаћинства од јаких извора јавне расвете, правилно коришћење унутрашње вештачке расвете је од кључног значаја. Боље је користити више мањих извора пригушене и усмерене топле светлости, уместо јаког централног осветљења. На овај начин се може постићи заштитни ефекат на природне биолошке ритмове који су зависни од светлости.

Иако су наведене мере техничког типа које највише доприносе заштите здравља од ефеката светлосног загађења, едукација становништва је такође кључна компонента заштите. Велики проблем представља неинформисаност становништва о овој проблематици, њеном значају и мерама за заштиту. Боља информисаност о битности квалитета сна и правилне употребе осветљења може подстаћи промене у свакодневним навикама и тиме заштити појединца од штетних последица. Минималне промене, као што су раније гашење светла пре спавања, смањивање осветљења, избегавање дигиталних уређаја могу имати велики утицај на дугорочно здравље (Kocifaj et al., 2023).

Од посебно интереса су ризичне групе, као што су радници у ноћним сменама, оболели од кардиоваскуларних и психичких обољења, деца и старије особе. Код њих је присутан израженији поремећај циркадијалног ритма, па је неопходно прилагодити услове осветљења и режим одмора.

4. ЗАКЉУЧАК

У претходним деценијама јасно је показано да је светлосно загађење значајан еколошки фактор, који доприноси промени услова животне средине. Штетан утицај на здравље човека је неоспоран, на основу бројних студија које су асоцирале светлосно загађење са различитим поремећајима здравља. С друге стране, показано је и да бројне заштитне мере могу значајно смањити овај штетни утицај и деловати повољно на здравље. Упркос томе што светлосно загађење представља један од изазова модерног животног амбијента, комбинација ефикасних системских и индивидуалних мера може у великој мери поништити њен негативан утицај и унапредити квалитет живота појединца и друштва у целини.

Захвалност Ово истраживање је спроведено уз подршку: Фонда за науку Републике Србије, бр. 6775, Градска опсерваторија Београда - UrbObsBel и Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије кроз Пројектни уговор бр. 451-03-136/2025-03/200002.

Литература

Cao M, Xu T, Yin D. Understanding light pollution: Recent advances on its health threats and regulations. J Environ Sci (China). 2023; 127: 589-602.

Guan Q, Wang Z, Cao J, Dong Y, Chen Y. The role of light pollution in mammalian metabolic homeostasis and its potential interventions: A critical review. Environ Pollut. 2022; 312: 120045.

Hao Q, Wang L, Liu G, Ren Z, Wu Y, Yu Z, Yu J. Exploring the construction of urban artificial light ecology: a systematic review and the future prospects of light pollution. Environ Sci Pollut Res Int. 2023; 30 (46): 101963-101988.

Kernbach ME, Miller C, Alaasam V, Ferguson S, Francis CD. Introduction to the Symposium: Effects of Light Pollution Across Diverse Natural Systems. Integr Comp Biol. 2021; 61 (3): 1089-1097.

Kocifaj M, Wallner S, Barentine JC. Measuring and monitoring light pollution: Current approaches and challenges. Science. 2023; 380 (6650): 1121-1124.

Menéndez-Velázquez A, Morales D, García-Delgado AB. Light Pollution and Circadian Misalignment: A Healthy, Blue-Free, White Light-Emitting Diode to Avoid Chronodisruption. *Int J Environ Res Public Health*. 2022; 19 (3): 1849.

Salceda R. Light Pollution and Oxidative Stress: Effects on Retina and Human Health. *Antioxidants (Basel)*. 2024; 13 (3): 362.

Tähkämö L, Partonen T, Pesonen AK. Systematic review of light exposure impact on human circadian rhythm. *Chronobiol Int*. 2019; 36 (2): 151-170.

Touitou Y. Light at night pollution of the internal clock, a public health issue. *Bull Acad Natl Med*. 2015; 199 (7): 1081-1098.

Walker WH 2nd, Bumgarner JR, Becker-Krail DD, May LE, Liu JA, Nelson RJ. Light at night disrupts biological clocks, calendars, and immune function. *Semin Immunopathol*. 2022; 44 (2): 165-173.

Wojciechowska W, Hahad O, Daiber A, Rajzer M. Night light pollution and cardiovascular disease. *Kardiol Pol*. 2025; 83 (7-8): 801-807.

Zeman M, Okuliarova M, Rumanova VS. Disturbances of Hormonal Circadian Rhythms by Light Pollution. *Int J Mol Sci*. 2023; 24 (8): 7255.

Zhang M, Xie Y, Hu D, Xu J, Wang J, Yang L, Tian J, Li B. Light pollution and risk of diabetes: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Front Public Health*. 2026; 14: 1709841.