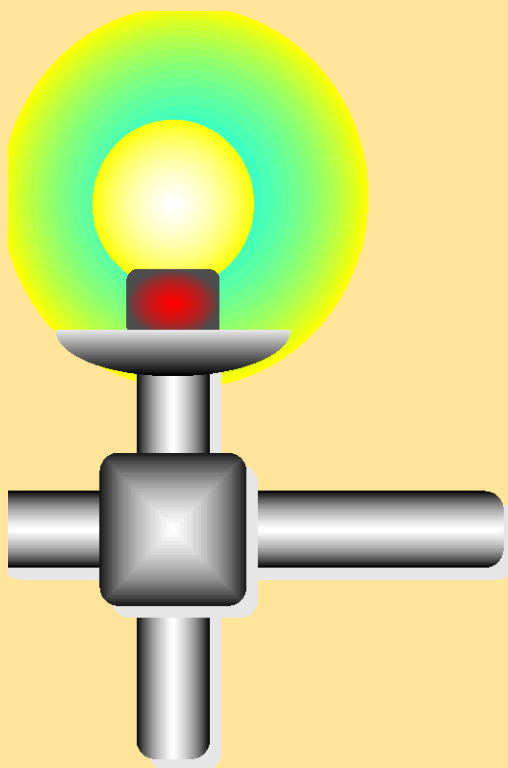


ДОС

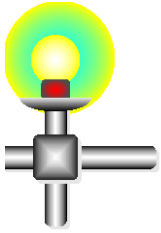


52. САВЕТОВАЊЕ СРПСКОГ ДРУШТВА ЗА ОСВЕТЉЕЊЕ

Тара, новембар 2025.



ДОС 52. САВЕТОВАЊЕ „ОСВЕТЉЕЊЕ 2025“



ДОС

СРПСКО ДРУШТВО ЗА ОСВЕТЉЕЊЕ

**52. Саветовање „Осветљење 2025“
Тара, хотел Оморика
4. новембар – 7. новембар 2025.**

ЗБОРНИК РАДОВА



Зборник радова 52. саветовања „Осветљење 2025“

52.саветовање „Осветљење2025“ је подржано од стране Министарсва науке, технолошког развоја и иновација

Организациони одбор:

Анита Кривошић, председник Спског друштва за осветљење
Небојша Радовановић, потпредседник Српског друштва за осветљење
Андреј Ђуретић
Владан Шкерковић
Соња Мијатовић
Маргарита Цеков
Зоран Ледински
Драган Вучковић
Славица Младеновић

Програмски одбор:

Проф. Др Лидија Ђокић, дипл. инг. арх.
Проф. Др Радослава Савић Радовановић, дипл. вет.
Др Владан Шкерковић, дипл. инг. ел.
Др Андреј Ђуретић, дипл. инг. ел.
Др Драган Вучковић, дипл. инг. ел.

Рецензенти:

Др Владан Шкерковић, дипл. инг. ел.
Др Андреј Ђуретић, дипл. инг. ел.

Уредници:

Анита Кривошић
Андреј Ђуретић
Зоран Ледински
Маргарита Цеков

Издавач:

ДОС Српско друштво за осветљење
Кнеза Милоша 7а, 11000 Београд

Тираж:

30 примерака
Штампа: Laser print
Др. Агостиња Нета 16а 11070 Београд

ISBN 978-86-908668-0-9



ПРЕДГОВОР

Педесетдва скупа посвећених осветљењу се може сматрати великим достигнућем, поготово јер се ради о малој земљи. Српском друштву за осветљење може бити на понос успешно организовање педесетдве манифестација.

Ипак, да се не хвалимо превише, манифестације од 1955. године до 1990. године организоване су у сарадњи са Друштвима из других република тадашње Социјалистичке Федеративне Републике Југославије. По распаду Југославије, а од 1993. године саветовања организује Српско друштво за осветљење само. Саветовања се одвијају под називом „Осветљење (Година)“.

Понекад су Саветовања била тематска, везана за неку подобласт осветљења, као нпр. унутрашње осветљење, осветљење саобраћајница, итд. У новије време Саветовања су општег карактера, јер ипак смо мала држава, па се не могу организовати вишедневна тематска саветовања. Велики је успех што се саветовања организују сваке године. Од 1993. године није одржано саветовање 2002. због малог броја радова, а 2020. и 2021. нису одржана саветовања због епидемије короне.

Наредном списком приказана су сва саветовања која су се одржала од 1955. године:

1. Прво саветовање о осветљењу и оснивачка скупштина ЈКО	1955. Љубљана
2. II саветовање о расвети	1958. Загреб
3. III саветовање о осветљењу	1960. Сплит
4. Рекламе и прописи за рекламе	1961. Београд
5. Осветљење у служби индустрије	1961. Опатија
6. Осветљење у аутомобилској индустрији	1962. Љубљана
7. Улога и значај осветљења у туризму и угоститељству	1963. Задар
8. Осветљење и саобраћај	1965. Београд
9. Осветљење у служби индустрије и рударства	1968. Загреб
10. Архитектура, светлост и човек	1970. Будва
11. Осветљење споменика културе и старих градских целина	1972. Хвар
12. Савремене тенденције осветљења човекове средине	1974. Раденци
13. Саветовање о осветљењу спортских борилишта	1980. Сплит
14. "Осветљење 81"	1981. Аранђеловац
15. "Осветљење 83" Штедња, одржавање и заштита у системима за осветљавање	1983. Марибор
16. "Осветљење 84", Осветљење спортских борилишта	1984. Сарајево
17. "Расвјета 85"	1985. Тухелске Топлице
18. "Осветљење 86"	1986. Тара
19. "Осветљење 87"	1987. Охрид
20. "Осветљење 88"	1988. Марибор
21. "Расвјета 90" – последње заједничко саветовање	1990. Пула
22. "Осветљење 91"	1991. Крагујевац
23. "Осветљење 93"	1993. Нови Сад
24. "Осветљење 94", Оснивачка скупштина Друштва Црне Горе	1994. Цетиње
25. "Осветљење 95"	1995. Ивањица
26. "Осветљење 96"	1996. Доњи Милановац
27. "Осветљење 97"	1997. Врњачка Бања
28. "Осветљење 98"	1998. Велика Плана
29. "Осветљење 99"	1999. Београд
30. "Осветљење 2000"	2000. Соко Бања
31. "Осветљење 2001"	2001. Аранђеловац
32. "Осветљење 2003"	2003. Кладово
33. "Осветљење 2004"	2004. Тара
34. "Осветљење 2005" – последње савезно саветовање	2005. Копаоник
35. "Осветљење 2006"	2006. Пролом Бања
36. "Осветљење 2007"	2007. Ивањица
37. "Осветљење 2008"	2008. Суботица
38. "Осветљење 2009"	2009. Дивчибаре
39. "Осветљење 2010"	2010. Копаоник
40. "Осветљење 2011"	2011. Кладово
41. "Осветљење 2012"	2012. Требиње
42. "Осветљење 2013"	2013. Стара планина
43. "Осветљење 2014"	2014. Борско језеро
44. "Осветљење 2015"	2015. Златибор
45. "Осветљење 2016"	2016. Златар



46. “Осветљење 2017“
47. “Осветљење 2018“
48. “Осветљење 2019“
49. “Осветљење 2022“
50. “Осветљење 2023“
51. „Осветљење 2024“
52. „Осветљење 2025“

2017. Ниш
2018. Сребрно језеро
2019. Бајина Башта
2022. Врњачка Бања
2023. Куршумлијска Бања
2024. Вршац
2025. Тара

Неко ће можда замерити што бројимо и саветовања пре распада државе, али Српско друштво за осветљење је учествовало у организацији сваког од њих, тако да можемо да сва Саветовања бројимо као наша, а исто тако могу и друштва из осталих бивших република сва саветовања до 1990. да сматрају својима.

Желимо да се традиција саветовања настави и да их буде још много, јер осветљење напредује. Сетимо се да су у време првих саветовања главни извори светлости били инкандесцентни. Данас светлеће диоде заузимају све већи простор, а шта ће донети будућност видеће се.

Да би се саветовања и даље одржавала, потребни су људи који ће радити на новим сазнањима и писати радове. Зато се мора стално радити на масовљењу и подмлађивању чланства.

Зоран Ледински



САДРЖАЈ

Енергетска ефикасност и светлосно загађење

1. Андреј Ђуретић Даљи развој паметних градова и улога паметног осветљења у екосистему паметног града	1
--	---

Пројектовање (управљање) спољашњег и унутрашњег осветљења

2. Богдан Младеновић Избор оптике и протектора за јавно осветљење парковских површина	21
3. Дејан Јонузонски, Бранко Ефтимов Предности и могућност вредности са утврђеним сценаријима у управљању ЛЕД-ом	27

Испитивања и мерења у фотометрији светилки и светлосних извора

4. Владан Шкеровић Међународни стандард ЦИЕ С 027:2024 Фотоматрија уређаја за осветљавање пута, светлосно –сигналних уређаја и ретрофлектујућих уређаја за друмска возила	31
5. Драган Вучковић, Дејан Јовановић, Горан Вујичић, Ђорђе Илић, Владан Шкеровић Спектралне расподеле LED сијалица доступних на тржишту Србије	37

Развој технологије извора светлости -осветљење екрана

6. Новица Михаић, Војислав Бабић Анализа позадинског осветљења ЛЦД-а, од ЦФЛ до ОЛЕД-а	45
---	----

Примена светлости у развојним истраживањима у фотохемија и фотобиологији

7. Зоран Ледински Фотокаталитичка производња водоника	55
8. Радослава Савић Радовановић Одређивање индекса преламања светлости-рефрактометрија	59
9. Немања Здравковић Турбидиметрија у фотобиологији-бројању бактерија	65



10. Вељко Илић, Радослава С.Радовановић, Драган Илић Проблем осветљења препарата при светлосном микроскопирању у хистологији	69
--	----

Стандардизација и препоруке у свим врстама осветљења-најновија национална и међународна издања

11.Немања Марјановић, Татјана Марјановић Осветљење у хитним случајевима – Термини и дефиниције	73
--	----

12. Зоран Ковачевић, Марија Младеновић Примена мера енергетске ефикасности у јавном осветљењу	77
---	----



ДАЉИ РАЗВОЈ ПАМЕТНИХ ГРАДОВА И УЛОГА ПАМЕТНОГ ОСВЕТЉЕЊА У ЕКОСИСТЕМУ ПАМЕТНОГ ГРАДА

др Андреј Ђуретић, дипл.ел.инг.

„Minel-Schröder d.o.o. Beograd“, orcid: 0000-0003-1763-9022,

DOI: <https://doi.org/10.46793/Osvetljenje25.01DJ>

Кратак садржај

Концепт паметних градова и његова све већа популарност захтева од градова да модернизују своју инфраструктуру како би остали релевантни и конкурентни. Дигиталне услуге, “IoT” платформе и повезана инфраструктура више нису питања будућности, већ се намећу као решење које постаје део стандардних очекивања грађана и државних структура. Истовремено, начин на који се људи крећу у градовима се мења - од електричних аутомобила и бициклистичких стаза до зона погодних за пешаке и паметних система јавног превоза. Градови сада морају другачије да управљају осветљењем — обезбеђујући безбедност за бициклисте, пешаке и електрична возила у право време и на правим местима, а без трошења сувишне енергије. Градски тимови за одржавање су под сталним притиском, са ограниченим ресурсима и растућим трошковима. Потребни су им алати који им помажу да раде паметније, а не теже. Модерни градови константно расту, предграђа и нови објекти требају осветљење, али буџети и тимови не расту истом брзином. Скалабилно, даљинско управљање осветљењем постаје неопходно за покривање већег подручја са истим или чак и мањим ресурсима. Прописи о животној средини се пооштравају, а градови су под све већим притиском да смање потрошњу енергије и емисију штетних гасова. Паметно осветљење им омогућава да штеде енергију помоћу димовања/регулације интензитета осветљења и/или предефинисаних режима рада светилки и/или имплементацијом различитих сензора, а да притом јавна безбедност не буде угрожена. Коначно, градови желе решења која се лако усвајају и која се уклапају у њихово урбано окружење без додавања веће сложености. “Plug-and-Play IoT” контролери и контролни системи/платформе, засновани на индустријским стандардима који омогућавају даљи развој током времена су управо оно што модерни градови траже, тиме усвајајући и примењујући концепт паметног града.

1. Увод

Имајући у виду да не постоји јасна хронологија развоја Паметних градова, као ни опште прихваћена дефиниција која би јасно показала све сегменте који чине концепт Паметног града, тако ни концепт “**паметног осветљења**” нема јасне одреднице које указују на развој овог значајног сегмента. Чак није до краја јасно где сврстати паметно осветљење – логично је да оно буде део сегмента “**паметне инфраструктуре**” и/или “**паметне енергије**” иако се често прескаче у научним радовима, сем ако нису специјализовани за ову конкретну област. У неким радовима и публикацијама, паметно осветљење се помиње и као део сегмента “**паметне јавне безбедности**” („smart public safety“). Циљ овог рада је да се да осврт на стање паметног осветљења у овом тренутку, као и евентуалне (не потпуно јасне) смернице развоја паметног осветљења у будућности.



2. Паметни градови

Концепт Паметног Града („Smart City“ (у даљем тексту **СЦ**)) је први пут уведен у САД као бренд „IBM-a“ и 2011. Години у циљу дефинисања идеалног града којег карактерише аутоматизација и различите конекције [1]. Постоје извори који тврде да се “Smart City” термин први пут јавио 1992. године у књизи “The Technopolis Phenomenon: Smart Cities, Fast Systems, Global Networks” [2]. СЦ концепт је даље еволуирао дајући детаље о вишеструким аспектима који карактеришу саме паметне градове и који се морају узети у обзир да би градови били паметнији – ту спадају одржива мобилност, управљање животном средином, укључивање грађана, итд. Данас се концепт СЦ још увек развија и не постоји универзално прихваћена дефиниција коју признају истраживачке заједнице.

Шта је Паметни Град? Постоји неколико различитих дефиниција [3], једна од њих је она коју је дала Европска Комисија: “Паметни Град је место где су традиционалне мреже и услуге постају ефикасније са употребом дигиталних и телекомуникационих технологија, а у корист његових становника и пословних активности“. Другу дефиницију су дале УН: *“Паметан одрживи град је иновативан град који користи информационе и комуникационе технологије (ИЦТ) и друга средства за побољшање квалитета живота, ефикасности градског рада и услуга, и конкурентност уз обезбеђивање задовољења потреба садашњих и будућих генерација у погледу економских, друштвених, еколошких и културних аспеката”*. Паметни градови су често ангажовани на испуњењу климатских циљева, економском развоју, друштвеном утицају и ослањању на сегменте као што су паметни транспорт, паметна пољопривреда, паметна енергија, паметна инфраструктура, паметне градске услуге, паметна домаћинства, паметно здравство и паметна индустрија. Паметни градови су фокусирани на спрегу енергије, транспорта и информационих и комуникационих технологија (ИЦТ), где су ИЦТ централни елемент функционисања будућих градова. Заправо, концепт паметних градова је доживео пробој и стекао популарност тек око 2005. године када су технолошке компаније почеле да развијају информационе системе који би помогли повећању оперативне ефикасности градова.

Донедавно, градски челници су гледали на паметне технологије примарно као на средство повећања ефикасности у градовима [4]. Различити сензори и подаци које су они генерисали, као и високотехнолошки контролни центри су доносили наду у револуционарни нови начин за управљање комплексним операцијама и за аутоматизацију инфраструктурних система. Данас, технологија има све више уплива у животе грађана – паметни телефони су постали кључно оруђе у рукама милиона које пружа тренутне информације о превозу, саобраћају, здравственим услугама, сигурносним упозорењима и комуналним вестима. Након деценије разних покушаја и у ходу направљених грешака, градске власти су схватиле да стратегије паметних градова почињу са људима, а не са технологијом. Бити “Паметан Град” не значи само инсталирати дигиталне интерфејсе у традиционалну инфраструктуру или извршити рационализацију градских/комуналних активности, реч је о сврсисходном коришћењу технологије и података у циљу доношења бољих одлука и побољшању квалитета живљења. Управо зато, на другој сесији скупштине УН Хабитата у 2023. години, 193 земље су упутиле јасан захтев да УН Хабитат развије међународне смернице за тзв. „people-centred smart cities“ [5]. Тиме је започела нова ера Паметних Градова где је већи



фокус на људе, а не на технологију. Као последица скупштине УН Хабитата, у Марту 2025. године појавиле су се међународне смернице УН хабитата под именом „International Guidelines on People-Centred Smart Cities“ [6], а где је изнад дата УН дефиниција паметног града проширена са: *„Паметни град је окренут ка људима (“people-centred”) када користи дигиталне технологије на етички, инклузиван и одржив начин како би осигурао да нико не буде изостављен“*.

Каже се да Паметни Градови „уводе дигиталну интелигенцију у урбани контекст“, решавајући комуналне проблеме и последично доносећи виши квалитет живота. Ова тврдња се ослања на структуру коју чине три нивоа „памети Градова“ (Слика 1, [4].



Слика 1. Три слоја памети градова [4]

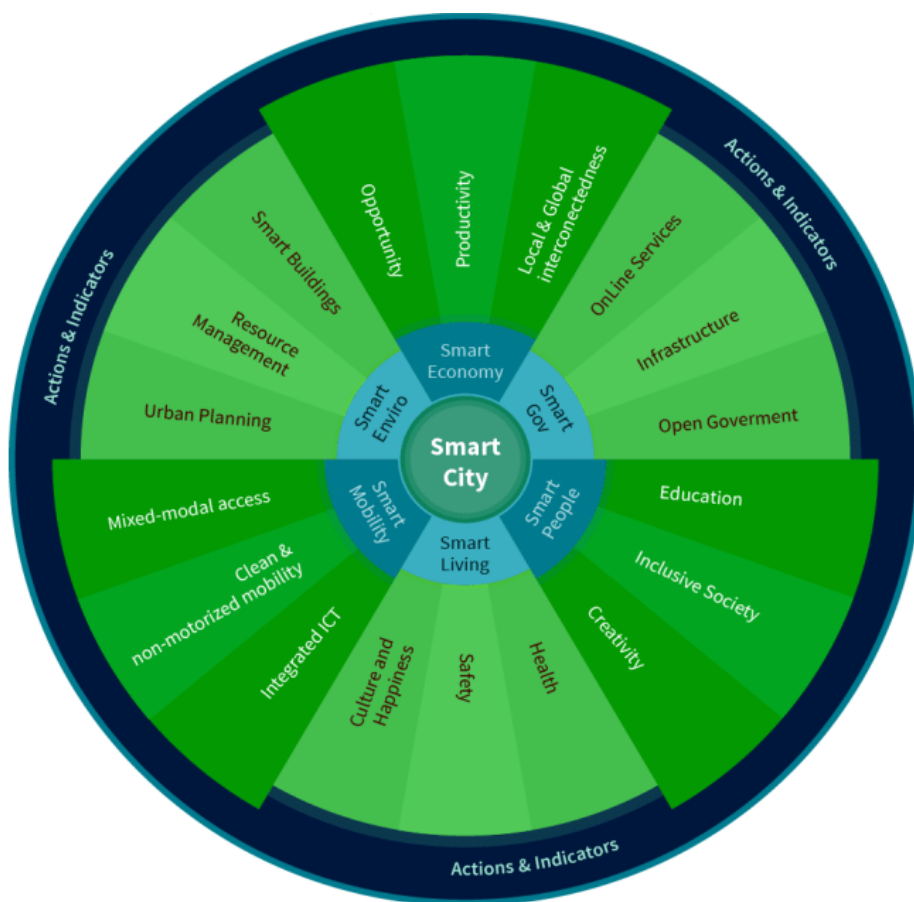
Изнад традиционалне инфраструктуре постоји „технолошки слој“ који укључује мреже повезаних уређаја и сензора који су повезани комуникационим мрежама велике брзине, затим постоје „паметне апликације и аналитика података“ које претварају сирове податке у различите исходе и акције, и на крају, „ниво усвајања и употребе“ који води ка бољим одлукама и промени понашања (многе апликације постају успешне тек онда тек када су широко прихваћене и као такве могу довести до промена).

Иако је већ констатовано да не постоји универзално прихваћена дефиниција коју признају истраживачке заједнице, Бојд Коен, амерички научник који се бави урбаним планирањем и климатским стратегијама, је креирао 2014. године тзв. “Boyd Cohen Wheel” [2], који представља уобичајено коришћени стандард у литератури за описивање саставних елемената Паметних Градова (слика 2 [2]), односно:

1. **Паметна мобилност** (smart mobility),
2. **Паметно окружење** (Smart Environment),
3. **Паметна економија** (Smart Economy),
4. **Паметни људи** (Smart People),
5. **Паметно живљење** (Smart Living), и

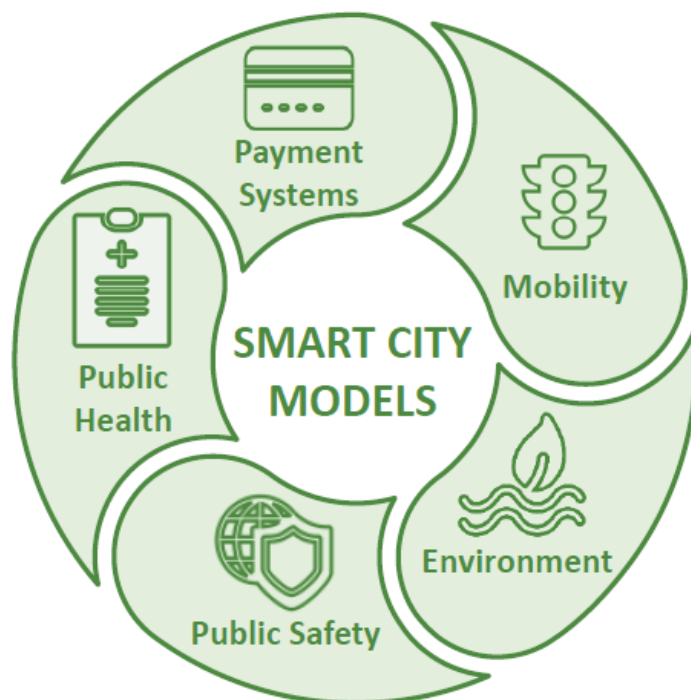


6. *Паметно управљање* (Smart Governance).



Слика 2. „Boyd Cohen“ точак [2]

Референца [7] даје нешто другачију сегментацију када је реч о даљем развоју паметног града (слика 3, [7]).



Слика 3. Другачија сегментација паметног града [7]



Важно је напоменути да је сегмент „паметна инфраструктура“ („*smart infrastructure*“) накнадно додат иницијалном концепту приказаном „Void Cohen“ точком, што је у складу са изнад изнетом констатацијом да не постоји једна универзална дефиниција сегментације концепта Паметног Града.

Накнадно је СЦ концепт проширен и са **“паметним стварима”** („*Smart Things*“) како би се такође размотрила релевантна улога коју играју „IoT“ мреже у паметним градовима. Од тада, концепт СЦ добија све већу важност како на европском тако и на светском нивоу, пре свега зато што се информационе и комуникационе технологије (ИЦТ) у градовима могу искористити како би се промовисао њихов одрживи развој за побољшање људских живота и очување животне средине. Нпр., Европска комисија је дефинисала листу циљева одрживог развоја (СДГ) да би усмеравала развој градова из ове перспективе. Може се констатовати да је планиран и паметно спроведен развој градова од интереса за различите истраживачке заједнице и људе из праксе, нпр. информатичаре, инжењере, научнике из области друштвених наука, економисте, али и јавне/приватне компаније, јавне управе и стручњаке за урбанизам.

Најновији трендови су и да се и **“паметне мреже”** („*Smart Grids*“) повежу са концептом паметног града [3], користећи аргумент да су паметна енергија и електричне мреже кључне компоненте у развоју паметног града. Постоје различите дефиниције паметних мрежа, једна од њих је креирана од стране Међународне Агенције за Енергију (ИЕА) *“паметна мрежа је електрична мрежа која користи напредне технологије да надгледа и управља пренос електричне енергије из свих извора у циљу задовољења променљивих захтева крајњих корисника, повећавајући ефикасност, смањујући трошкове и повећавајући поузданост система”*. У супротности са СЦ концептом и дефиницијама, овај сегмент је ограничен на енергетски сектор. Па ипак, паметне мреже интегришу информационе и комуникационе технологије у електричне мреже, доприносећи смањењу емисија штетних гасова и оптимизујући интеграцију флукутирајућих обновљивих извора енергије у мрежу. Имајући у виду да СЦ концепт обухвата управљање, мобилност, здравље, енергију и економију у циљу промоције одрживог урбаног живљења, концепт паметних мрежа заиста може бити третиран као део концепта паметног града јер доприноси модернизацији традиционалних електроенергетских система.

3. Паметно осветљење

Да би се присетили почетака концепта паметног осветљења, потребно је поменути стандард ИСО 37122 из 2017. године [8] који се бавио индикаторима за паметне градове. Ово је стандард који дефинише терминологију и методологије за мерење паметних перформанси града, помажући им да побољшају квалитет живота, управљају изазовима урбанизације и постигну одрживост коришћењем технологије и података. Важно је напоменути да у том тренутку (2017.) овај стандард уопште не третира управљање јавним осветљењем, већ искључиво модификацију постојећих светиљки са конвенционалним ХИД изворима и њихово прилагођавање ЛЕД изворима (*тзв. „refurbishing“*)! Стандард каже: *„Refurbishment of existing street light systems, for example upgrading ballasts, shall refer to activities that have an aim to not only help to decrease energy consumption but also*



improve energy efficiency of the street lighting system. This may include upgrading to an LED or other high efficiency lighting technologies. Refurbishment shall not include the removal and/or replacement of street lights. A light point shall refer to any single source of public street lighting, such as a street light, light pole, lamppost, street lamp, light standard, or lamp standard.“ То значи да се 2017. године искључиво разматрала примена модерне и ефикасније ЛЕД технологије која ће представљати темељ за даљи развој концепта паметног осветљења.

Треба рећи и да су системи бежичне контроле јавног осветљења (тзв. „телеменаџмент системи“) постојали већ крајем прве деценије ХХИ века (па и много раније уколико је реч о „*powerline*“ жичној контроли), тада је контрола примењивана на светиљке са тада најзаступљенијим изворима светлости (натријум високог притиска, метал-халогени извори). Оно због чега је прелазак на ЛЕД технологију био неопходан да би се креирао концепт паметног осветљења је чињеница да ЛЕД извори имају тренутни одзив на команду (за разлику од ХИД извора код којих је потребно и до 10 минута), већу ефикасност, мању снагу и већу „дубину“ регулације светлосног интензитета и снаге светиљки (тзв. „димовање“). Док је нпр. код најзаступљенијих натријумових извора високог притиска било могуће димовати светиљке на мин. 25% светлосног флукса извора и 40% укупне снаге светиљке, код ЛЕД извора је било могуће да се иде и до 10% номиналног светлосног флукса извора и 10% укупне снаге светиљки. То је даље омогућило значајно веће уштеде и учинило да се концепт паметног осветљења разматра као сегмент који би могао донети значајне уштеде у пословању једног паметног града.

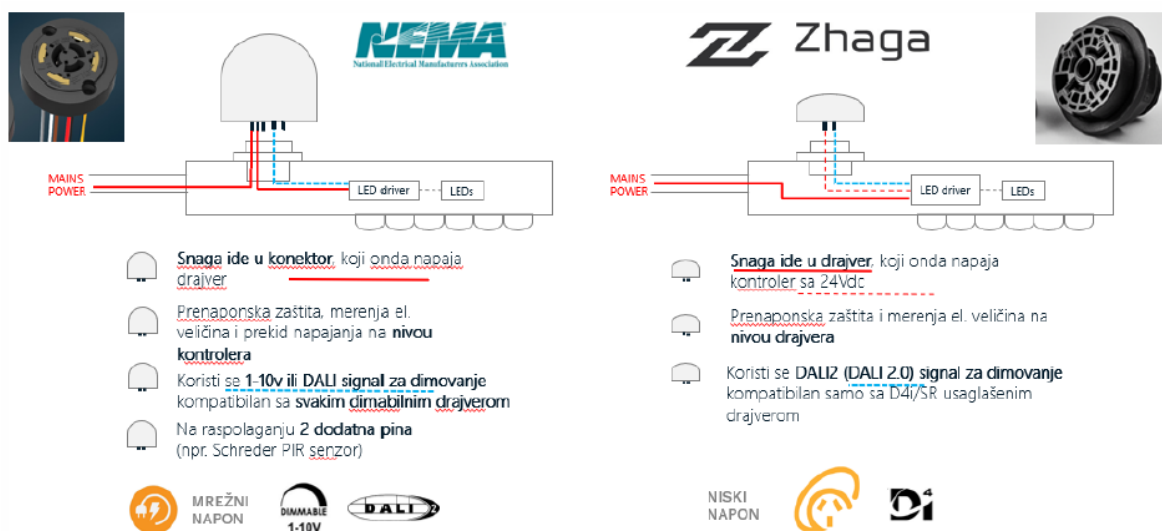
Тек када је 2014. године ИоТ („*Internet of Things*“) технологија убачена у концепт Паметног Града [9], дошло је до убрзаног развоја концепта паметног осветљења. Разлог лежи у томе што ИоТ технологија испуњава захтеве који се тичу употребе Информационих и Комуникационих Технологија (ИЦТ) у управљању градским ресурсима, а у циљу оптимизације активности по питању паметних градова. Подсећања ради [10], „Интернет Ствари“ представља окружење у којем сви објекти имају јединствену ИП адресу која им омогућава да комуницирају и преносе податке преко мрежне Интернет инфраструктуре. Гледајући уназад, ИоТ је најсличнији М2М („*Machine to Machine*“) комуникацији за коју се користи опрема која се уобичајено третира као „паметна“ (паметни сензори, паметна бројила, паметне етикете (тагови) ...). Да би се обезбедила ИП адреса за сваки уређај планиран као део свеобухватне ИоТ мреже повезаних уређаја који комуницирају и самостално доносе одлуке, неопходан услов је био прелазак на нови комуникациони „**IPv6**“ протокол који омогућује више места за нове ИП адресе. Интернет Ствари не представља независну технологију као што се често погрешно сматра, већ скуп различитих независних технологија које заправо представљају основне компоненте ИоТ система.



3.1. Архитектура система паметног осветљења

Архитектура једног типичног ИоТ система паметног осветљења се састоји од следећих компоненти [10]:

- **ХАРДВЕР:** у основи ИоТ система у којем дигитални део (комуникација и различите софтверске апликације и платформе) има доминантну улогу, налазе се уређаји/контролери и физички објекти („ствари“ („*Things*“), познати и као „крајње тачке“ („*endpoints*“)), којима је дата могућност да примају информације и реагују на инструкције помоћу различитих сензора и актуатора. Када је реч о контролерима и/или сензорима, данас (а тако ће остати и у будућности) су најпопуларнија начина везивања – „NEMA“ и „ZHAGA“ конектори интегрисани у/на паметне светиљке (слика 4 [10]). То последично утиче и на стандарде (контролне технике и протоколе) за коришћене драјвере или сензоре, тј. најзаступљенији су „D4i“, „DALI 2“, „DALI“ и „1-10V“.



Слика 4. NEMA и ZHAGA конектори [10]

Данас се користе најразличитији сензори у комбинацији са паметним светиљкама или паметним стубовима. То нису искључиво сензори чија основна намена је побољшање ефикасности система паметног осветљења, већ и сензори који се користе за друге намене у екосистему Паметног Града (такви сензори користе светиљке или паметне стубове само као извор напајања, имајући у виду да је инсталација јавног осветљења распрострањена по читавом граду). Неки од тих сензора су ПИР сензори (сензори покрета), фотоћелије, тилт сензори (сензори неправилног нагиба светиљке услед удара), сензори присутности (нпр. за детекцију слободних паркинг места), сензори буке, сензори загађења ваздуха, итд...

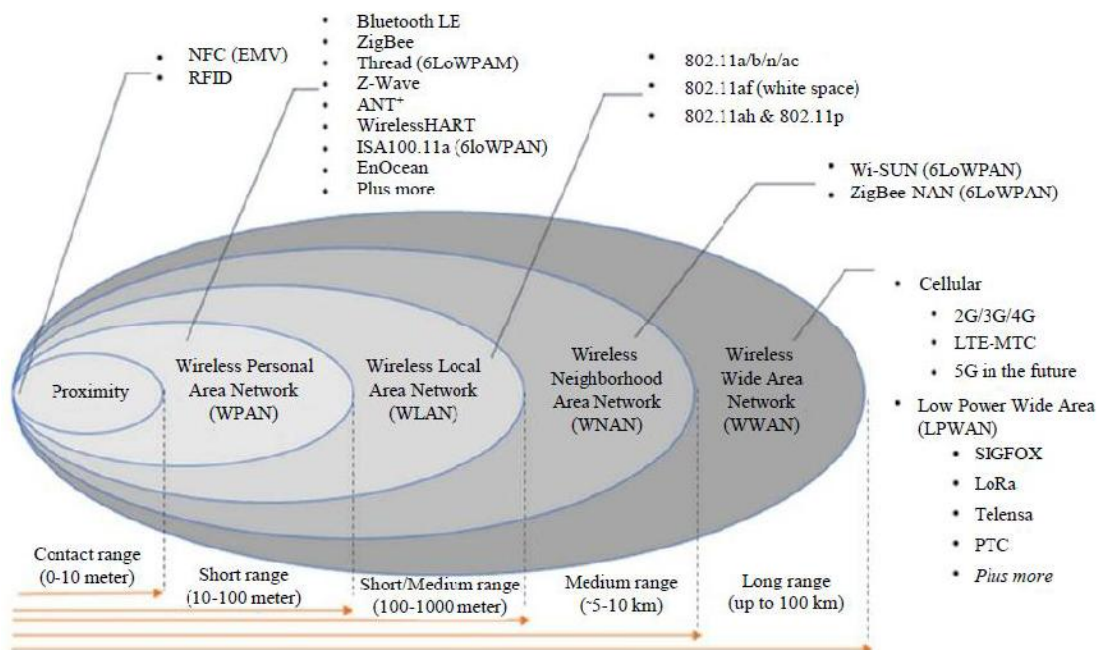
- **СОФТВЕР:** Софтвер омогућује прикупљање и складиштење података, њихово процесуирање, манипулацију и давање инструкција ИоТ уређајима (хардверу). Просто речено, сврха сваког ИоТ уређаја је да се повеже са другим ИоТ уређајем и апликацијама (базираним на „Облаку“ („*Cloud*“)) ради преноса информација путем



неког од интернет протокола. ИоТ технологија је заснована на концепту „рачунарства у облаку“ (“*Cloud computing*”), где крајњи корисници приступају апликацијама у облаку преко веб претраживача или десктоп софтверских апликација на мобилном телефону, док се софтвер (извршни програми који шаљу инструкције ИоТ уређајима на основу прикупљених података) и база података налазе на серверима на удаљеној локацији. Простор између сензора и мрежа података заузима ИоТ Платформа, која повезује мрежу података са конфигурацијом сензора и омогућује увид коришћењем тзв. „back end“ апликација, не би ли дале смисао и омогућиле рад са огромном количином података генерисаних од стотине сензора. Неке од најпознатијих платформи су Microsoft Azure IoT, Google Cloud Platform, Cisco IoT Cloud Connect, Hewlett Packard Enterprise’ universal of things, Siemens Mindsphere, Oracle Integrated Cloud, итд...

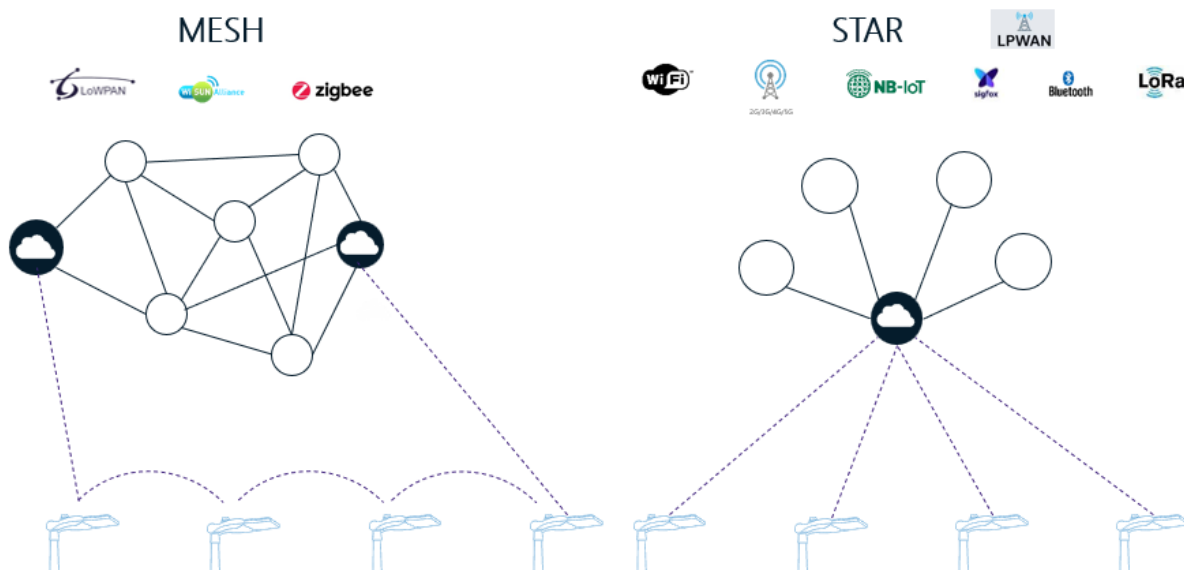
Треба напоменути и да Паметни Градови користе тзв. “**Big Data**” алатке [11] да подрже велику количину података коју генеришу градски уређаји. Сензорске мреже стандардно шаљу податке о стању у граду (нпр. температура, квалитет ваздуха, мерење количине атмосферских падавина). Биг Дата алатке се већ користе у СЦ платформама, као нпр. “**NoSQL**” базе података (нпр. MongoDB или Hbase); алатке за паралелно процесуирање података (нпр. Apache Hadoop и Apache Spark), алатке за процесуирање тока података у реалном времену (нпр. Apache Storm) и алатке за визуелизацију (нпр. Rapid-Miner).

- **КОМУНИКАЦИОНА ИНФРАСТРУКТУРА:** Ово представља најважнији део ИоТ архитектуре који се састоји од протокола и технологија које омогућавају размену података између два физичка објекта. Бежичне мреже су од највећег значаја за успех ИоТ инфраструктуре, па ће се овом делу посветити највећа пажња. Важно је истаћи да постоји и хардверски део који је неопходан за комуникацију и пренос података (тзв. Приступна тачка или „*Access Point*“). За Wi-Fi протоколе, приступна тачка је Wi-Fi рутер (приступне тачке се понекад називају и „*gateways*“ или „преводиоци протокола“). Постоји више различитих типова бежичних технологија (комуникационих протокола) које су од значаја за ИоТ концепт – домет радио таласа код ових технологија варира од неколико центиметара до неколико километара. За кратки или средњи домет се препоручују WPAN\LAN (Wireless Personal или Local Area Network) технологије као што су: Bluetooth, ZigBee, 6LowPAN и Wi-Fi. За комуникацију великог домета препоручују се WWAN (Wireless Wide Area Network) технологије које се могу поделити у два типа, у зависности од тога да ли користе **лиценциране** (Cellular 2G/3G/4G и 5G у будућности) или **нелиценциране** (LPWA LoRa, SIGFOX и други) технологије (слика 5 [10]).



Слика 5. Бежичне ИОТ комуникационе технологије [10]

У самом почетку, све мреже су се ослањале на „Powerline“ комуникацију док су данас то претежно радио системи. РФ комуникација се разликује од произвођача до произвођача јер се сваки од њих трудио да развије своју технологију која би имала неке предности у односу на конкуренцију. Последица тога је да постоји велики број различитих технологија заснованих на различитим протоколима код којих се комуникација одвија преносом радио таласа. За корисника је веома тешко да направи прави избор и одлучи се за неки одређени вид радио комуникације, имајући у виду да су се различити реномирани произвођачи контролне опреме одлучивали за различите архитектуре ИОТ мрежа, где свака од њих има одређене предности у зависности од уређаја које контролише (слика 6 [10]). На слици 6 је приказана подела комуникационих технологија према мрежној топологији – одређени број произвођача контролних система се определио за звездасту мрежну топологију („STAR“ мреже), а други део за „MESH“ мрежну топологију.



Слика 6. Бежичне ИОТ комуникационе технологије – топологија мрежа [10]



У ИоТ свету се увек бира најподеснији медиј за комуникацију, поредећи разиличите променљиве и факторе који дефинишу одређени начин (језик) комуникације преко изабраног медија. Сва та правила се зову протоколи и имају много различитих особина као што су: радио фреквенција, снага контролера, пропагација таласа кроз препреке, количина података која се преноси, учестаност преноса података, итд. Све те променљиве чине их мање или више подесним за одређене примене. Мора се још једном напоменути да не постоји идеални избор мрежног протокола (комуникационе технологије) за паметно осветљење, ниједна од две најраспрострањеније групе (6LoWPAN и LPWAN) није дефинитивно супериорнија. Избор зависи од величине пројекта, локације (“урбане густине” локације), потребе за подацима и од постојеће инфраструктуре. LPWAN (Low Power Wide Area Network – нпр. LoRa WAN, NB IoT, Sigfox, 2G/3G/4G/5G) је идеална за примене на ширем (не густо насељеном) простору где нема потребе за већом количином података и где се контролним системом могу покривати веће зоне због комуникације великог домета. Истовремено, 6LoWPAN (IPv6 Low-Power Wireless Personal Area Network – нпр. Zigbee, WiSUN, Bluetooth BLE, Thread, WiFi 802.11n), као протокол који користи комуникацију кратког домета, је боље решење за густо насељене урбане области које захтевају робуснију мрежу са преносом веће количине података у реалном времену.

ПРЕВОДИОЦИ ПРОТОКОЛА („GATEWAY“ или PRISTUPNA ТАЌКА):

„Gateway“ (преводаца) је физички или виртуелни уређај који служи као преводаца између две комуникационе мреже. Он је двосмеран и може да управља комуникационим протоколима и физичким или виртуелним мрежама, а све у складу са дефинисаним приоритетима у комуникацији између две мреже. Преводиоци протокола омогућају да се повежу додатни сензори и/или контролери у систем, па чак и интерфејси са сопственим платформама на којима се чувају подаци (нпр. саобраћајне или метеоролошке платформе). Ова функционалност није могућа код свих платформи, а зависи од њиховог дизајна и степена усклађености са стандардима. Код већег броја произвођача паметног осветљења је од почетка постојала јасна идеја водилца да се систем у потпуности ослања на отворене стандарде и протоколе, тј. систем је дизајниран да неприметно комуницира са отвореним софтвером и хардверским решењима других произвођача. У даљем тексту ће се издвојити два најважнија протокола [10] иако постоји још неколико протокола од изузетне важности за комуникацију на нивоу сервера/ИоТ платформе („RESTFUL API“ и „Lightweight M2M“ (базиран на „CoAP“ протоколу)).

„TALQ“

Ово је истовремено име конзорцијума и „Smart City“ протокола који омогућава да мреже уређаја за спољну примену („Outdoor Device Networks“ – „ODN“) различитих добављача међусобно делују и комуницирају са једним „CMS“-ом („Central Management Software“) путем стандардног апликативног протокола. Talq је стандардизовани „API“ који дозвољава независним софтверским платформама да међусобно комуницирају, укључујући конфигурацију, контролу и надгледање ODN мрежа укључујући и улично осветљење. Радећи на стандардизован начин, све постаје много јефтиније и чини интеграцију много једноставнијом за паметне градове.

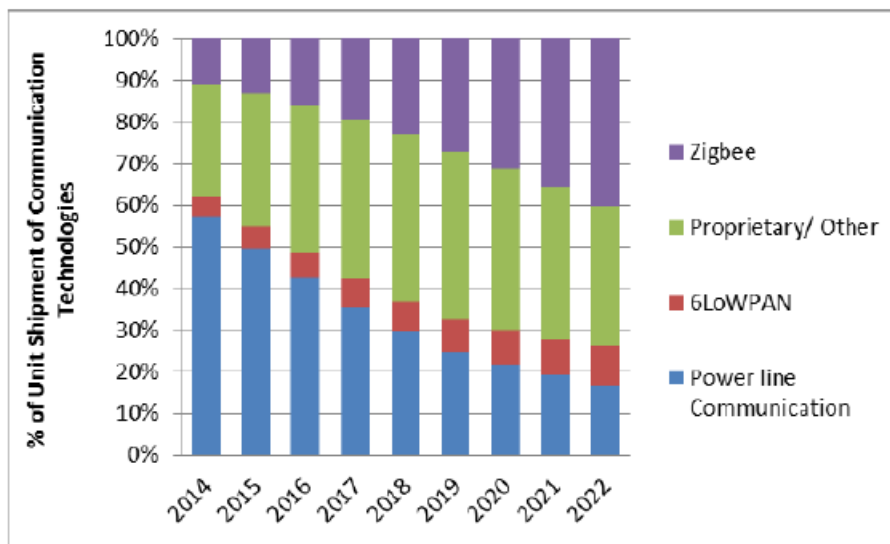


„uCIFI“

То је непрофитна алијанса појединачних компанија, градова & водећих IoT стручњака посвећених стандардизацији модела података у паметним градовима и комуналним предузећима. Модел података („*data model*“) има кључну улогу у структури IoT технологије, посебно имајући у виду да је код највећег броја IoT примена модел података јединствен и затворен, на исти начин на који постоји велики број различитих језика којима људи комуницирају.

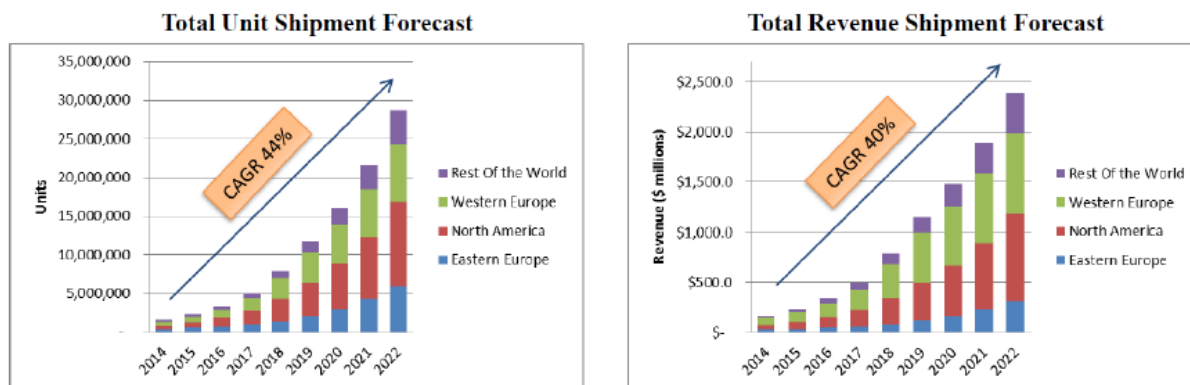
3.2. Паметно осветљење – прошлост и садашњост

Када говоримо о паметном осветљењу (са акцентом на спољно осветљење [10]), у 2014. години је инвестирано 169 милиона \$ у контролне системе и повезивање светиљки, од чега су чак са 45% биле заступљене ЛЕД светиљке за спољно осветљење [13]. На слици 7 [13] се може видети да се за период 2014-2022 очекивао раст прихода према годишњој стопи раста од 40% и раст просечних испорука (према количини контролних јединица) према годишњој стопи раста од 43%.



Слика 7. Анализа тржишта из 2015. године за контролне системе у спољном осветљењу [13];
Графикон лево: Предвиђања за испоруку опреме; Графикон десно: Предвиђања профита

Када је реч о примењеним комуникационим технологијама у спољном осветљењу, у том тренутку је доминирала PLC („Powerline Communication“) технологија са скоро 60% заступљености, заснована на преносу контролног сигнала кроз напојни (обично неутрални) проводник. У наредним годинама (анализа на слици 8 [13] покрива период 2014-2022) очекивао се константан пад заступљености „PLC“ и константан раст заступљености „WiFi“ (бежичне) комуникације, за коју се очекује да ће постати доминантна у наредне 2 до 3 године. На слици 8 [13] је приказана заступљеност (према просечном броју контролних јединица по испоруци опреме) најчешће коришћених отворених и затворених (проприетару) комуникационих протокола.



Слика 8. Анализа заступљености комуникационих протокола међу контролном опремом [13]

У студији из 2020. године која је покрила период од 10 година [14], закључује се следеће:

- Глобалне инвестиције у улично ЛЕД осветљење ће износити 16.2 милијарди \$, док ће још 9.7 милијарди \$ бити инвестирано у паметне (повезане) светиљке од чега ће 1.1 милијарда \$ бити приходована од зараде на софтверу (преносу података) – „CMS SaaS“ („Software as a Service“); Ови годишњи трошкови за софтвер („recurrent costs“) крећу се просечно у опсегу 2-5 \$ упркос томе што су многи очекивали да ће ти трошкови бити у опсегу 1-2 \$;
- 2.1 милијарда \$ ће бити инвестирана у додатне паметне сензоре који ће бити интегрисани са паметним светиљкама (у периоду од 2020-2029)
- У 125 земаља, биће инсталирано 185 милиона ЛЕД уличних светиљки, достижући удео ЛЕД осветљења од 73% до 2029. године;
- Градови и комунални сервиси ће умрежити 71 милион уличних светиљки, достижући удео паметног осветљења од 23% до 2029. године;
- Додатни сензори за паметне градове биће повезани на 2.8 милиона уличних светиљки;
- Лидери на тржишту паметног уличног осветљења биће „Telensa“ (купљена од „Signify“), Signify, Itron, SELC и Cimcon, уз напомену да ће тржиште бити веома диверзификовано и да ће постојати барем 25 произвођача који ће заједно покривати најмање 2% глобалног тржишта; Тренутно постоји преко 50 произвођача који су више оријентисани на локално тржиште и имају мање од 100.000 инсталираних паметних светиљки/контролера;
- У свету постоји приближно 326 милиона уличних светиљки (очекује се да их буде 361 милион до 2029) од чега ће 73% бити ЛЕД светиљке до краја деценије;
- Цена ЛЕД светиљки је падала током година, не очекује се даљи пад цена;
- Постоји уплив различитих компанија из других тржишних сегмената заинтересованих за паметно осветљење, од телекомуникационих компанија (мобилних оператера), преко трговаца електричном енергијом па до „ESCO“ компанија које су играле кључну улогу и финансирању и реализацији пројеката паметног осветљења. Очекује се да се овај тренд настави као последица економске кризе (мањих градских буџета) која је настала након „Ковид“ периода;
- Тржиште паметних градова (изузев паметног осветљења) се споро развија, а на разочарање произвођача опреме и самих градова. Ипак, схваћено је да је најбољи начин да се иде са уштедама у трошковима и потрошњи ел. енергије управо кроз



сегмент паметног осветљења, све док остали сегменти паметног града довољно не ојачају. Ово се може видети у многим градовима који спроводе пројекте „за будућност“ који укључују паметно улично осветљење, инсталирајући светиљке са NEMA и/или ZHAGA утичницама/конекторима за повезивање, са плановима за касније додавање друге инфраструктуре.

- Недавно усвојени D4i DALI стандард за “IoT-ready” светиљке чини да сензори и контролери могу лакше бити директно уграђени на светиљке, док паметни ЛЕД драјвери могу прикупљати податке и извештавати о њима. Пилот пројекти са “паметним чвориштима” (“*Smart Hubs*”, централне платформе) или “паметним стубовима” (“*Smart poles*”) даље помажу градовима у циљу испитивања различитих функција значајних за концепт Паметног Града, при чему се интеграцијом паметног осветљења остварују уштеде од 70-80% у трошковима за ел. енергију;
- Највећи број пројеката и даље користи радио комуникације („RF“), „UNB“ („Ultra Narrow Band“) или базичну мобилну комуникацију, уз напомену да се припремају први „NB-IoT“ пројекти и да PLC („powerline“) жична комуникација дефинитивно излази из употребе. Неки лидери на тржишту процењују да ће половина свих годишњих пројеката паметног осветљења у Европи бити заснована на „NB-IoT“ комуникацији у наредних неколико година;
- „TALQ2“ стандардизује контролне системе („CMS – Central Management System“) и може довести до тога пораста броја пројеката у којима су фирме које развијају CMS одвојене од оних које се баве контролном опремом или комуникационом инфраструктуром. Недавно развијени TALQ2 стандард (од стране TALQ конзорцијума) дефинише заједнички језик за софтвер за паметне градове (CMS) којим ће се комуницирати са контролерима светиљки и другим паметним сензорима. Највећи број водећих произвођача паметног осветљења (ЛЕД светиљки и контролера/контролних система) су сада чланови TALQ конзорцијума, што даље имплицира да ће у будућности постојати већа интероперабилности између различитих произвођача. Неке друге студије [15] дају следеће податке о главним играчима на тржишту паметног осветљења (Табела 1, [15]), а у периоду закључно са 2024. годином:



Табела 1. Водеће компаније у области паметног осветљења, закључно са 2024. годином [15]

Company	HQ	Individually controlled street lights ¹
Signify	Netherlands	5,300,000
Itron	The US	2,500,000
Lucy Group ²	The UK	1,300,000
Quantela	The US	1,000,000
Schröder	Belgium	900,000
Revetec	Italy	795,000
Umpi	Italy	720,000
Dimonoff	Canada	635,000
ST Engineering Telematics Wireless	Singapore	600,000
Ubicquia	The US	600,000

¹Excluding China ²Flashnet & Lucy Zodian

Source: Berg Insight – April 2024

4. Паметно осветљење – развој и будући трендови

Према извештају „Strait Research“ који покрива период 2025-2033 [16], очекује се да тржиште паметног осветљења расте од 19.1 милијарде \$ у 2024. Години до 77.6 милијарди \$ у 2033. години, са стопом раста (CAGR) од 16.90% (Слика 9 [16]).



Слика 9. Тржиште паметног осветљења, период 2025-2033 [16]

Очекује се значајан раст тржишта паметног осветљења почевши од 2025. године, а који је последица све већег уплива ИоТ технологије, напретка у ЛЕД технологији и глобалног пораста интересовања за паметна домаћинства (смарт хомес) и паметне градове. Према извештајима Светске Банке, очекује се да урбанизација (број људи у градовима) достигне 68% до 2050. године, а да потрошња електричне енергије порасте са 25.67 билиона kWh



на 40.44 билиона kWh до 2040. године (према Међународној агенцији за енергију ИЕА). Последично, захтеви за енергетски ефикасним решењима са паметним осветљењем постају изразито високи.

Примећује се тренд уплива **вештачке интелигенције** (“AI”) заједно са ИоТ технологијом у циљу напредне контроле осветљења, где се дешава заокрет ка „осветљењу које води рачуна о људима“ (“human centric lighting (HCL)”) и повећаној употреби бежичних технологија, уз нагласак на одрживим и еколошки прихватљивим решењима. У географском смислу, Европа као континент предводи тржиште у правцу развоја и усвајања нових решења паметног осветљења, истовремено имплементирајући строгу енергетску регулативу.

Иако је остварен значајан помак у имплементацији бежичних комуникационих технологија, жична технологија и даље има приметан удео на тржишту. Ипак, очекује се потпуна доминација бежичних технологија у области паметног осветљења.

ЛЕД технологија већ дужи низ година има доминантну улогу у односу на остале изворе светлости (флуо и компакт-флуо извори, натријум високог притиска, метал-халогени извори), а уз тенденцију даљег раста до потпуног преузимања тржишта јавног осветљења.

Повољна регулатива на нивоу државе и иницијативе за паметне градове су главни покретачи раста тржишта паметних градова, а последично и паметног осветљења. Градови све више имплементирају паметно осветљење да би смањили потрошњу електричне енергије и емисију штетних гасова – различите студије показују да се коришћењем ЛЕД светиљки са контролним системом могу оставити уштеде у потрошњи електричне енергије од 50-80%.

Контролни системи се све више удаљавају од стандардних сценарија димовања у предефинисаном времену и све више укључују различите сензоре и вештачку интелигенцију. Регулација светлосног интензитета (димовање) је све више базирана на факторима заснованим на реалном времену, као што су пешачки саобраћај, временски услови, густина саобраћаја, ниво осветљености и сл. Уколико је предефинисани сценарио димовања осветљења допуњен са интегрисаним сензорима (нпр. фотосензори и/или детектори покрета) који доносе додатну регулацију и додатне уштеде, овакав тип осветљења се назива динамичко осветљење. Уколико на предефинисани сценарио димовања (вишестепени режим рада инсталације осветљења) утичу екстерни подаци унешени у систем из различитих дигиталних сервиса (“online” база података), онда се овакав тип осветљења зове адаптивно осветљење. Ти дигитални сервиси (нпр. сервис о временским условима или сервис о густини саобраћаја) су обично геореференцирани, тј. уносе у систем податке који су директно везани за конкретну локацију на коју је постављена инсталација паметног осветљења.

Под термином „мултифункционални паметни стубови“ подразумева се систем стуба и паметне ЛЕД светиљке којем су придодати и други сензори које не доприносе директно сегменту паметног осветљења, већ директно доприносе екосистему паметног града.



Такви стубови су опремљени другим уређајима као што су “WiFi” приступне тачке, сензори мерења квалитета ваздуха, надзорне камере, пуњачи електричних возила, камере за детекцију слободних паркинг места и сл. Треба још једном истаћи главну предност инсталације јавног осветљења која доводи до оваквих интеграција – *мрежа/инфраструктура јавног осветљења је распоређена свуда по граду чиме је омогућено да се паметни стубови користе као извор напајања за све друге паметне уређаје (није лако поставити нове инсталације и свуда наћи прикључке за нову паметну опрему)!*

„Li-Fi“ технологија („Light Fidelity“) је растући тренд који користи светлосне таласе за пренос података. Са већим пропусним опсегом и побољшаном безбедношћу, ова технологија се интегрише у системе осветљења за брзу бежичну комуникацију.

„Осветљење које води рачуна о људима“ („Human-centric lighting (HCL)“) је технологија која регулише интензитет светлости и температуру боје (нпр. прелазак са 4000K на 3000K по потреби) како би опонашала природне циклусе светлости, што може повећати благостање и продуктивност. „HCL“ се усваја у комерцијалним и јавним просторима, као и у паметним домаћинствима.

Концепт паметних градова и његова примена доводе до повећане безбедности грађана, нпр. коришћењем сензора који могу асистирати органима реда и хитним службама.

Све већа примена ИОТ платформи као свеприсутних мрежа међусобно повезаних паметних светиљки ствара моћну платформу за примену других услуга паметних градова, као што су управљање саобраћајем, управљање отпадом и сеизмички мониторинг.

Системи паметног осветљења ће постајати све паметнији кроз употребу „AI“ јер ће то омогућити додатне функционалности као што је адаптивно осветљење, а у циљу уштеда енергије и побољшаног искуства за корисника контролног система. Примера ради, у Јануару 2025. године „Philips Hue (Signify)“ је лансирао свог првог AI асистента у циљу креирања адаптивних светлосних сцена.

5. Закључак

Све већи фокус на пројекте паметних градова широм света, а који укључују и паметно осветљење као основну компоненту развоја урбане инфраструктуре, даје подстицај расту тржишта [16]. Ове иницијативе имају за циљ унапређење јавне безбедности, побољшање енергетске ефикасности и повећање квалитета живота у урбаним срединама. Штавише, шире усвајање концепта адаптивног паметног осветљења у јавним просторима (прилагођавање различитим условима као што су густина саобраћаја или кретање пешака) подстиче раст тржишта. Истовремено, његова интеграција са другим системима паметних градова за побољшано управљање урбаним срединама такође подстиче раст тржишта. Поред тога, све веће инвестиције влада и општинских власти у решења за осветљење улица, јавних паркова и јавних зграда, вођене потребом да се смање трошкови енергије и повећа урбана безбедност, нуде могућности за раст тржишта.



Растућа свест о утицају паметног осветљења на здравље и добробит људи фаворизује раст тржишта. Паметни системи осветљења могу да помогну у одржавању људског циркадијалног ритма, чиме се побољшава квалитет сна и опште благостање. Увођење паметног осветљења у здравственим установама за стварање окружења погодног за опоравак пацијената и ефикасност особља јача раст тржишта. Поред тога, растућа популарност паметног осветљења због његовог потенцијала у терапијским применама, као што је лечење стања попут сезонског афективног поремећаја (САД) и одређених поремећаја спавања, катализује раст тржишта.

Очекује се да ће се као значајан тренд у будућности даље развијати следећи сегменти у екосистему једног паметног града (уз напомену да се све ове услуге могу увезати преко ИоТ платформи који се користе и за контролу паметног осветљења [17]):

- Паметно паркирање: Коришћење надзора у реалном времену за праћење статуса заузетости паркинга. (доступан/заузет);
- Управљање отпадом: Примена сензора за откривање нивоа смећа у посудама, оптимизација путева и распореда за прикупљање отпада;
- Квалитет ваздуха: Коришћење система надзора за праћење нивоа загађења ваздуха;
- Стање у саобраћају: Имплементација система за откривање саобраћајних гужви и предлагање других рута кроз сигнале и поруке;
- Укључивање мера сајбер безбедности у архитектуру будуће инфраструктуре паметног уличног осветљења;
- Коришћење метода вештачке интелигенције за предвиђање тока саобраћаја и ублажавање оптерећења паметне инфраструктуре јавног уличног осветљења;
- Коришћење паметних стубова за пуњење електричних возила са прикључком;
- Испитивање поузданости сензора и физичке сигурности уређаја ради оптимизације потрошње енергије и смањења трошкова;
- Побољшање безбедносних функција: Програмирање паметних уличних светиљки за аутоматску контролу нивоа осветљења користећи податке у реалном времену, чиме се побољшава безбедност на улици и смањује ризик од незгода;
- Интеграција са системом управљања саобраћајем: Паметно улично осветљење може допринети управљању саобраћајем и ублажавању саобраћајних гужви у реалном времену;
- Промовисање еколошке одрживости: Напајање паметних стубова са изворима зелене енергије (укључујући енергију ветра или сунца) како би се смањила емисија штетних гасова у јавном паметном осветљењу.

Паметно осветљење ће се у будућности суочити са многим изазовима али и приликама за даљи развој. Главни изазови ће бити:

- Високи иницијални трошкови: Почетна инвестиција у решења за паметно осветљење остаје већа од традиционалних алтернатива, што може да ограничи раст тржишта. Надоградња постојеће инфраструктуре може ублажити овај изазов, мада не представља трајно решење.



- Безбедност података: Повезани системи осветљења стварају потенцијалне безбедносне пропусте који би могли омогућити неовлашћени приступ градским мрежама. Забринутост због хаковања и кршења података успорава усвајање у осетљивим окружењима.
- Интероперабилност између различитих система: Иако је највећи број реномираних произвођача паметног осветљења члан TALQ конзорцијума, и даље постоји значајан број произвођача који нису препознали интероперабилност као кључ будућег тржишног успеха. Очекује се да ће у будућности постојати већа интероперабилност између различитих произвођача.

Ипак, брз технолошки напредак који смањује трошкове, растућа потражња у привредама у развоју и растућа свест о предностима паметног осветљења стварају нове могућности за раст тржишта. Неке од њих су:

- Побољшане градске услуге: Паметна инфраструктура осветљења се може искористити за стварање додатних услуга „паметних стубова“. Као што је у претходном тексту речено, то може укључивати WiFi приступне тачке, тачке за пуњење електричних возила и праћење саобраћаја, квалитета ваздуха и јавне безбедности у реалном времену. Паметни стубови подразумевају интеграцију различитих ИоТ сензора, као нпр. сензори влажности ваздуха, сензори температуре, сензори амбијенталног светла, сензори звука и вибрација, детектори покрета/брзине/померања, сензори покрета, „LDR (Light Dependant Resistor)“ детектор, пасивни инфрацрвени (ПИР) сензори и инфрацрвени (ИР) сензори.

Коначно, ако би се у наредних 10 година морале издвојити одређене примене које су последица убрзаног технолошког развоја, то би биле:

- Имплементација **5G мрежа** за бржу комуникацију уређаја
- Употреба вештачке интелигенције за динамичку/адаптивну регулацију светла
- Соларне и хибридне лампе са аутономним напајањем
- Увођење био-сензора за праћење квалитета ваздуха и осветљења
- Други напредни сензори за детекцију биотског и саобраћајног промета



Литература

1. „A Systematic Mapping Study on Smart Cities Modeling Approaches“, M.T. Rossi, M.D. Sanctis, L.Iovino, M. Wimmer, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2508.16273>, Август 2025.
2. „The Technopolis Phenomenon: Smart Cities, Fast Systems, Global Networks“, D.V. Gibson, G. Kozmetsky, R.W. Smilor, Rowman & Littlefield, New York, 1992.
3. „Smart Grids in the Context of Smart Cities: A Literature Review and Gap Analysis“, N.S. Silva, R. Castro, P. Ferrão, <https://doi.org/10.3390/en18051186>, Фебруар 2025.
4. „Smart Cities: Digital solution for a more livable future“, McKinsey Global Institute, Executive Summary, Јун 2018.
5. „World Smart Cities Outlook 2024“, UN Habitat, 2024.
6. „International Guidelines on People-Centred Smart Cities. Smart Cities for People: empowering lives, protecting the planet, advancing prosperity“, UN Habitat, Март 2025.
7. „Smarter Cities 2025: Building a sustainable business and financing plan. An interactive thought leadership report“, ESIThoughtLab, Новембар 2018.
8. ISO 37122:2017 „Sustainable development in communities - Indicators for Smart Cities“
9. „Internet of Things for Smart Cities“, A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, M. Zorzi, IEEE Internet of Things Journal, Vol. 1, No. 1, Фебруар 2014., <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2306328>
10. „Internet of Things - Globalna revolucija u sistemima daljinskog upravljanja i nadzora“, Андреј Ђуретић, Саветовање ДООС, Ниш 2017.
11. „Software Platforms for Smart Cities: Concepts, Requirements, Challenges, and a Unified Reference Architecture“, E. F. Z. Santana, A. P. Chaves, M. A. Gerosa, F. Kon, D. S. Milojicic, Јул 2017.
12. „A Study of Efficient Power Consumption Wireless Communication Techniques/ Modules for Internet of Things (IoT)“, M. S. Mahmoud, A. A. H. Mohamad, Scientific Research Publishing Inc., Април 2016.
13. „IoT - Owlet IoT“, Interna prezentacija Schröder Grupe, Март 2016.
14. „Global Smart Street Lighting & Smart Cities: Market Forecast (2020 – 2029)“, Northeast Group LLC, Новембар 2020.
15. „Basic - The World of Luminaire Controllers - presentation - EN – 2025“, Интерна презентација „Schröder“ Групе, Мај 2025.
16. „Smart Lighting Market - Forecasts from 2025 to 2030, Report, ID: 5510676“, Strait Research, 2025., <https://straitresearch.com/report/smart-lighting-market>
17. „A comprehensive survey on an IoT-based smart public street lighting system application for smart cities“, S.Khemakhem, L.Krichen, Franklin Open Journal, 2024.





ИЗБОР ОПТИКЕ И ПРОТЕКТОРА ЗА СВЕТИЉКЕ ЗА ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ ПАРКОВСКИХ ПОВРШИНА

Богдан Младеновић,

ЈКП Јавно осветљење, Београд, ORCID: 0009-0001-1092-8510,

DOI: <https://doi.org/10.46793/Osvetljenje25.21M>

Кратак садржај

Јавно осветљење парковских површина представља кључни елемент урбаног планирања, који не само да обезбеђује сигурност и функционалност простора током ноћних сати, већ и доприноси естетском доживљају и еколошкој одрживости. Избор оптике и протектора за светиљке у овом контексту захтева пажљиву анализу фотометријских карактеристика, енергетске ефикасности, утицаја на визуелни комфор посматрача и еколошких импликација. Оптика светиљки одређује дистрибуцију светлосног флукса, док протектори обезбеђују заштиту од спољних утицаја (влага, прашина, механичка оштећења) и утичу на дифузију светлости. Овај рад анализира критеријуме за избор оптике и протектора, упоређује решења водећих светских произвођача, и разматра примере примењених решења у ЕУ, на Далеком истоку и у САД, уз осврт на утицај на око посматрача и животну средину.

1. Технички аспекти избора оптике и протектора

Оптика светиљки за јавно осветљење парковских површина мора да обезбеди равномерну дистрибуцију светлости, минимизира бљештавост (glare) и оптимизује енергетску ефикасност. Основни параметри укључују:

- Светлосни флукс (lm): Мери укупну количину светлости коју емитује извор, обично у распону од 2000 до 8000 лм за парковске светиљке.
- **Осветљеност (lx)**: Норме (нпр. СНиП 23-05-95 или EN 12464-2) препоручују нивое осветљености од 5 до 20 lx за парковске стазе, у зависности од намене.
- **UGR (Unified Glare Rating)**: Индекс бљештавости, који треба да буде <19 за визуелни комфор у парковима.
- **Температура боје (K)**: Топле боје (2700-3300 K) преферирају се за парковске амбијенте због пријатног визуелног утиска.
- **Индекс приказивања боја (CRI)**: Вредност CRI >80 обезбеђује природно приказивање боја, важно за естетику и сигурност.

Протектори, обично израђени од поликарбоната, каљеног стакла или акрила, морају да испуне захтеве стандарда као што је IP65 (заштита од прашине и водених млазева) и IK08 (отпорност на механичка оштећења). Дифузни протектори смањују директан поглед на извор светлости, док прозирни протектори омогућавају већу ефикасност, али могу повећати бљештавост.



2. Упоредни примери произвођача

1. **Philips Lighting (Signify)**: Линија светилки ***CitySoul LED*** нуди модуларну оптику са асиметричном дистрибуцијом светлости (нпр. тип III или IV по IESNA стандарду) и протекторе од каљеног стакла (IP66, IK10). Ефикасност достиже 140 lm/W, са CRI >80 и температуром боје од 3000 K.
2. **Cree Lighting**: Модел ***OSQ Series*** користи патентирану ***NanoOptic*** технологију за прецизну контролу светлосног снопа, смањујући светлосно загађење. Протектори су од поликарбоната са UV стабилизацијом, IP66, и ефикасношћу до 130 lm/W.
3. **Schröder**: Линија ***Ampere*** нуди флексибилне оптичке системе (***LensoFlex***) за равномерну дистрибуцију, са протекторима од поликарбоната или стакла. Подржава CRI >70 и температуре боје од 2200 до 4000 K, са ефикасношћу до 150 lm/W.
4. **Thorn Lighting**: Модел ***Urba LED*** користи рефлекторе са асиметричном оптиком и дифузне протекторе за смањење UGR (<18). IP66 заштита и CRI >80 чине их погодним за паркове.
5. **Osram (ams-OSRAM)**: Линија ***Streetlight 11*** нуди оптичке системе са микролентицама за прецизну дистрибуцију светлости и поликарбонатне протекторе са IK09 заштитом. Ефикасност достиже 145 lm/W.

3. Примери решења у свету

1. **ЕУ – Амстердам, Холандија**: У парку Вонделпарк примењене су светилке ***Philips CitySoul LED*** са топлом температуром боје (2700 K) и асиметричном оптиком за равномерно осветљење стаза. Протектори од каљеног стакла смањују одсјај, док

LED технологија обезбеђује уштеде енергије од 40% у односу на натријумове лампе.





2. ****ЕУ – Барселона, Шпанија****: Парк Гуел користи **Schröder Ampere** светиљке са **LensoFlex** оптиком и дифузним поликарбонатним протекторима. Ово решење смањује UGR на <16, обезбеђујући визуелни комфор и смањујући светлосно загађење за 30%.



3. ****Далеки исток – Сингапур****: У Гарденс бај д Беј примењене су **Сгее OSQ** светиљке са **NanoOptic** технологијом и UV-стабилизованим протекторима. Оне обезбеђују ефикасност од 130 lmW и CRI >80, са минималним утицајем на ноћну фауну.





4. ****Далеки исток – Токио, Јапан****: У парку Шинџуку Гјоен користе се ***Osram Streetlight 11*** светиљке са микролентичном оптиком и поликарбонатним протекторима. Температура боје од 3000 К и UGR <18 пружају пријатан амбијент уз уштеде енергије од 50%.



5. ****САД – Њујорк, Централ Парк****: Примењене су ***Thorn Urba LED*** светиљке са асиметричном оптиком и дифузним протекторима. Оне обезбеђују осветљеност од 10-15 лк, CRI >80, и смањују потрошњу енергије за 35% у односу на претходне HPS лампе.





4. Утицај на око посматрача

Визуелни комфор у парковским површинама зависи од контроле бљештавости и температуре боје. Висок UGR (>19) може изазвати нелагодност и визуелни замор, посебно код старијих особа. Топле температуре боје (2700-3300 K) смањују напрезање очију и стварају пријатан амбијент, док хладне температуре (>4000 K) могу изазвати осећај неугодности. Асиметрична оптика и дифузни протектори смањују директан поглед на извор светлости, чиме се UGR одржава испод 18. На пример, *Schröder Ampere* и *Thorn Urba LED* користе дифузне протекторе за равномерно расипање светлости, што је потврђено студијама о визуелном комфору (нпр. СРПС EN 12464-2).

5. Утицај на животну средину

Светиљке за парковско осветљење имају значајан утицај на екосистем:

- ****Светлосно загађење****: Неконтролисана дистрибуција светлости (нпр. узлазни светлосни флуks, ULOR >5%) може пореметити ноћне животиње и биљке. Модерна оптика (*LensoFlex*, *NanoOptic*) минимизира ULOR на <2%, смањујући утицај на биодиверзитет.
- ****Енергетска ефикасност****: LED светиљке (130-150 лм/В) смањују потрошњу енергије за 30-50% у односу на HPS или живине лампе, чиме се смањује угљенични отисак. На пример, у Вонделпарку је уштеда енергије резултирала смањењем емисије CO₂ за 20 тона годишње.
- ****Материјали протектора****: Поликарбонат је рециклабилан, али каљено стакло има дужи век трајања и мањи еколошки утицај при производњи. UV-стабилизовани поликарбонат (*Cree OSQ*) спречава деградацију и продужава животни век светиљки.
- ****Токсичност****: ЛЕД светиљке не садрже живу, за разлику од старијих HPS или CFL лампи, чиме се смањује ризик од контаминације земљишта у парковима.

6. Техничке формуле и прорачуни

За избор оптике и протектора користе се следеће формуле:

- ****Осветљеност (E)****: ($E = \Phi/A$), где је (Φ) светлосни флуks (lm), а (A) површина (m²). За стазу од 100 m² са светиљком од 4000 lm, ($E = 4000/100 = 40 \text{ lx}$), што премашује норму за паркове (5-20 lx), па се користи оптика за шире расипање.
- ****UGR****: ($UGR = 8 \log \left(\frac{\sum L_b^2 \omega}{L_{bg} P^2} \right)$), где је (L_b) луминанција извора, (ω) угаона величина, (L_{bg}) позадинска луминанција, и (P) фактор позиције. Дифузни протектори смањују (L_b), чиме се UGR доводи у пожељан опсег.
- ****Енергетска ефикасност****: ($\eta = \Phi/P$), где је (P) снага (W). За *Philips CitySoul* са ($\Phi = 7000 \text{ lm}$) и ($P = 50 \text{ W}$), ($\eta = 7000/50 = 140 \text{ lm/W}$)



Закључак

Избор оптике и протектора за светиљке за јавно осветљење парковских површина захтева баланс између фотометријских перформанси, визуелног комфора и еколошке одрживости. Реномирани произвођачи као што су Philips, Cree, Schröder, Thorn и Osram нуде напредне оптичке системе (*LensoFlex*, *NanoOptic*) и протекторе (IP66, IK08/10) који обезбеђују равномерну дистрибуцију светлости, ниску бљештавост (UGR <18) и високу енергетску ефикасност (130-150 lm/W). Примери из Амстердама, Барселоне, Сингапура, Токија и Њујорка показују успешну примену ових технологија, са уштедама енергије од 30-50% и смањењем светлосног загађења. Топле температуре боје (2700-3300 К) и дифузни протектори побољшавају визуелни комфор, док LED технологија и рециклабилни материјали минимизирају утицај на животну средину. Будући развој треба да се фокусира на интеграцију паметних система управљања и даље смањење ULOR-а, чиме би се постигла оптимална равнотежа између функционалности, естетике и еколошке одговорности.

Литература

1. СНиП 23-05-95: Норме за осветљење
2. СРПС EN 12464-2: Осветљење спољних радних места
3. Техничка документација: Philips, Cree, Schröder, Thorn, Osram
4. Web извори: (<https://ihouses.decorexpro.com/sr/elektrosnabzhenie/vidy-fonarej-dlya-naruzhnogo-ulichnogo-osveshheniya/>)[[https://sokdoo.com/about us/ kompezaci %25D1 %2598a-reaktivne-energi%25D1%2598e/sveti%25D1%2599ke-za-%25D1%2598avnu-rasvetu](https://sokdoo.com/about-us/kompezaci-%25D1%2598a-reaktivne-energi-%25D1%2598e/sveti-%25D1%2599ke-za-%25D1%2598avnu-rasvetu))](<https://srla.phoebuslight.com/news/public-lighting-maintenance-and-enhancement-82128459.html>)



Придобивки и можности на вредности со утврдени сценарија во ЛЕД управување

¹м-р Дејан Јонузоски,² Бранко Ефтимов

Општина Карпош, Скопје, Северна Македонија

DOI: <https://doi.org/10.46793/Osvetljenje25.27J>

Проект

Систем за управување на ново поставено ЛЕД осветлување на територија на Општина Карпош

Општина Карпош има изработено развојна програма за периодот од 2023-2026 година каде што ревитализацијата и модернизацијата на уличното осветлување на Општината е потврдена како приоритет.

На база на горенаведеното, а се со цел да се модернизира уличното осветлување како и да се унапреди енергетската ефикасност во општината, и при тоа да се оствари заштеда во однос на потрошувачката на електрична енергија во однос на одржувањето на уличното осветлување, како и да се подобри квалитетот на животната средина.

Општината Карпош изврши набавка и инсталација на нови 4.796 паметни ЛЕД светилки за замена на постоечките улични натриумови светилки во урбаниот и руралниот дел на општината, како и користење на софтвер за индивидуална контрола, управување и мониторинг на секоја паметна улична светилка поединечно како и групна контрола

Согласно иницијалните анализи, имплементацијата на ЛЕД светилки како и користење на интелигентен систем за контрола, носи потенцијал за заштеди на потрошувачката на енергија за јавното осветлување од околу 60-90% во однос на постоечкиот систем.

ЛЕД (light-emitting diode) технологијата како релативно нова технологија на осветлување нуди низа предности како што се:

- Заштеда на електрична енергија преку замена на постоечките конвенционални извори на светлина (натриумови, живини, метал-халогени) од околу 60-90%;
- ЛЕД енергетски ефикасни светилки со висока светлосна ефикасност (lm/W);
- Релативно долг животен век (мин. 15 години), со што драстично се намалуваат трошоците за одржување;
- Нема ултравиолетово и инфрацрвено зрачење;
- Моментално постигнување на максималниот светлосен флукс при палење;



-Можност за прецизна дигитална регулација на светлосниот интензитет према потребите и временските услови во кои се одвива сообраќајот;

-Дополнителна заштеда на електрична енергија заради можноста на дигитална регулација на светлината;

-Висок индекс на репродукција на бои,

-Отпорност на вибрации и удари,

-Користење на материјали кои лесно се рециклираат итн

Во денешно време една од најголемите придобивки кои ги имаат паметните ЛЕД светилки и системот за паметно осветлување е можноста за дигитално контролирање и управување на ЛЕД светилките, односно можноста за создавање “Паметни општини и градови” преку таканаречено интелегентно управување со уличното светло

Интелегентниот систем за улично осветлување се состои од паметни ЛЕД светилки со контролен уред во интегриран контролер преку кој по пат на современи технологии за пренос на податоците овозможува нивно вклучување и исклучување и управување од централизирана web апликација.

Овој систем на управување нуди низа додадени вредности во однос на одржувањето и менаџирањето на уличното светло и тоа:

-Драстично намалени трошоци за одржување (до 70%);

-Овозможен мониторинг на состојбата на мрежата на улично осветлување во реално-време преку web апликацијата;

-Реален увид на функционалноста на секоја светилка и постоење на дефект во секој момент;

-Намалување на време на интервенција при одржувањето преку моментално сигнализирање и испраќање на пораки за постоење на дефект до однапред определена група на луѓе назначени за интервенција;

-Одбегнување на потребата и трошоците за патролирање заради дијагностика на состојбата со функционалноста на уличното светло;

-Планирано проактивно одржување и управување со залихите преку можноста за континуирано пратење на бројот на работни часови и утврдување на реалната навремена потреба за групна замена на светилките;

- Софтверско следење и евиденција на реалната потрошувачка на електрична енергија преку можноста за мерење на енергетските параметри на сите светилки и



можноста за генерирање извештаи за потрошувачката на електрична енергија во даден временски интервал по светилка или групна на светилки;

- Можност за лесно откривање на нелегални диви потрошувачи, и нивно автоматско исклучување од мрежата, со што непријавените потрошувачи е невозможно да користат енергија од мрежата на Општината;
- Можност за генерирање на различни видови на извештаи према потребите на општината на пр. Извештаи према типови на светилки, моќности, висина на столбови на кои се поставени, статистика на грешки и типови на грешки, статистика по улици или дефинирани групи на извештаи и сл.;
- Креирање на бази на податоци и точен историјат на одржување на уличното светло; итн.

A	B	C	D	E	F
	2021 KWh	2022 KWh	2023 KWh	2024 KWh	2025 KWh
Јануари	133,975.00	206,304.75	96,184.26	128,690.01	69,826.05
Февруари	211,654.00	167,051.85	72,734.95	113,200.00	54,904.51
Март	204,473.78	164,464.70	71,304.82	100,385.64	60,576.03
Април	178,589.62	115,142.08	60,681.18	75,985.22	49,228.00
Мај	157,894.50	86,944.58	72,993.93	51,272.21	47,819.79
Јуни	139,835.25	70,251.60	51,577.25	42,716.52	52,125.32
Јули	164,393.78	86,765.69	61,161.83	39,410.25	51,317.37
Август	150,055.89	84,858.43	71,615.01	40,498.21	61,365.73
Септември	187,148.40	80,699.89	84,365.26	35,393.52	
Октомври	191,769.83	81,171.20	116,079.95	49,640.00	
Ноември	195,946.75	93,472.40	125,322.85	62,987.25	
Декември	207,398.25	96,276.66	161,455.17	70,155.41	
	1,777,506.04	1,333,403.84	1,045,476.47	810,334.24	447,162.80



	KW 2021	KW 2024	KW 2025	заштеда % 2021-2024	заштеда % 2021-2025
Јануари	133,975.00	128,690.01	69,826.05	4%	48%
Февруари	211,654.00	113,200.00	54,904.51	46%	75%
Март	204,473.78	100,385.64	60,576.03	51%	71%
Април	178,589.62	75,985.22	49,228.00	58%	73%
Мај	157,894.50	51,272.21	47,819.79	68%	71%
Јуни	139,835.25	42,716.52	52,125.32	70%	63%
Јули	164,393.78	39,410.25	51,317.37	76%	69%
Август	150,055.89	40,498.21	61,365.73	74%	61%
Септември	187,148.40	35,393.52		81%	
Октомври	191,769.83	49,640.00		75%	
Ноември	195,946.75	62,987.25		68%	
Децември	207,398.25	70,155.41		66%	
ВКУПНО	2,123,135.04	810,334.24	447,162.80	61%	53%



**МЕЂУНАРОДНИ СТАНДАРД CIE S 027:2024 ФОТОМЕТРИЈА УРЕЂАЈА ЗА
ОСВЕТЉАВАЊЕ ПУТА, СВЕТЛОСНО-СИГНАЛНИХ УРЕЂАЈА И
РЕТРОРЕФЛЕКТУЈУЋИХ УРЕЂАЈА ЗА ДРУМСКА ВОЗИЛА**

Владан Шкеровић

AMSS-CMV, orcid: 0009-0006-9417-087X,

DOI: <https://doi.org/10.46793/Osvetljenje25.31S>

Кључне речи: стандард, светлосно-сигнални, осветљавање

КРАТАК САДРЖАЈ

CIE S 027:2024 је први истински међународни стандард који пружа захтеве за извођење репродуктивних фотометријских и колориметријских мерења на уређајима за осветљење путева, уређајима за светлосну сигнализацију и ретрорефлектујућим уређајима који се користе у друмским возилима. Такође пружа смернице о извештавању о подацима и наводи главну опрему, инструменте и поступке за бележење својстава одобрених уређаја за осветљење у складу са захтевима наведеним у одговарајућим прописима УН. Међутим, стандард се може подједнако применити и за испитивање у складу са другим националним или међународним стандардима.

**INTERNATIONAL STANDARD CIE S 027:2024 PHOTOMETRY OF
ROAD LIGHTING DEVICES, LIGHT-SIGNALLING DEVICES AND
RETRO-REFLECTING DEVICES FOR ROAD VEHICLES**

Keywords: standard, light-signaling, lighting

ABSTRACT

CIE S 027:2024 is the first truly international standard that provides requirements for performing reproducible photometric and colorimetric measurements on road lighting devices, light-signalling devices and retro-reflecting devices used on road vehicles. It also provides guidance on data reporting and lists the main equipment, instruments and procedures for recording the characteristics of approved lighting devices in accordance with the requirements specified in the relevant UN Regulations. However, the standard is equally applicable to testing in accordance with other national or international standards.



Овај нови међународни стандард представља велики корак напред у фотометрији уређаја за осветљење путева, уређаја за светлосну сигнализацију и ретрорефлектујућих уређаја за друмска возила.

Нови стандард је припремио ТС 2-67, технички комитет који се састоји од чланова GTB WG за фотометрију или појединаца из националних метролошких института, техничких служби и произвођача опреме. Циљ је био Крајем 2024. године објављивљен је Међународног стандарда CIE S 027:2024 „Фотометрија уређаја за осветљење путева, уређаја за светлосну сигнализацију и ретрорефлектујућих уређаја за друмска возила“ да се створи међународно признати стандард који се примењује на испитивање одобрених уређаја за осветљење аутомобила.

CIE S 027:2024 је први истински међународни стандард који пружа захтеве за извођење репродуктивних фотометријских и колориметријских мерења на уређајима за осветљење путева, уређајима за светлосну сигнализацију и ретрорефлектујућим уређајима који се користе у друмским возилима. Такође пружа смернице о извештавању о подацима и наводи главну опрему, инструменте и поступке за бележење својстава одобрених уређаја за осветљење у складу са захтевима наведеним у одговарајућим прописима УН. Међутим, стандард се може подједнако применити и за испитивање у складу са другим националним или међународним стандардима.

Доступност поузданих и тачних фотометријских података за хомологацију типа уређаја за осветљење путева, уређаја за светлосну сигнализацију и ретрорефлектујућих уређаја је основни захтев за упоредивост између индустрије и испитних установа, као и између техничких служби и органа за хомологацију. Добијањем ових података путем мерења под специфичним нормализованим условима мерења, требало би да се обезбеди конзистентност података између различитих лабораторија у оквиру граница декларисане несигурности мерења.

Овај међународни стандард има за циљ, посебно, да обухвати методе мерења за испитивање усаглашености одобрених уређаја за осветљење путева, уређаја за светлосну сигнализацију и ретрорефлектујућих уређаја са фотометријским и колориметријским захтевима како је наведено у различитим прописима УН за низ примена осветљења у друмским возилима. За свако фотометријско и колориметријско својство, могући процес(и) прикупљања података са њиховим несигурностима се разматрају појединачно.

Иако се CIE S 027:2024 фокусира на опрему за осветљење за друмска возила, може се користити и за испитивање усаглашености било које опреме за осветљење, као што су навигациона светла, осветљење аеродрома, опрема за светлосну сигнализацију за контролу саобраћаја или ретрорефлектори који се користе у јавним просторима.

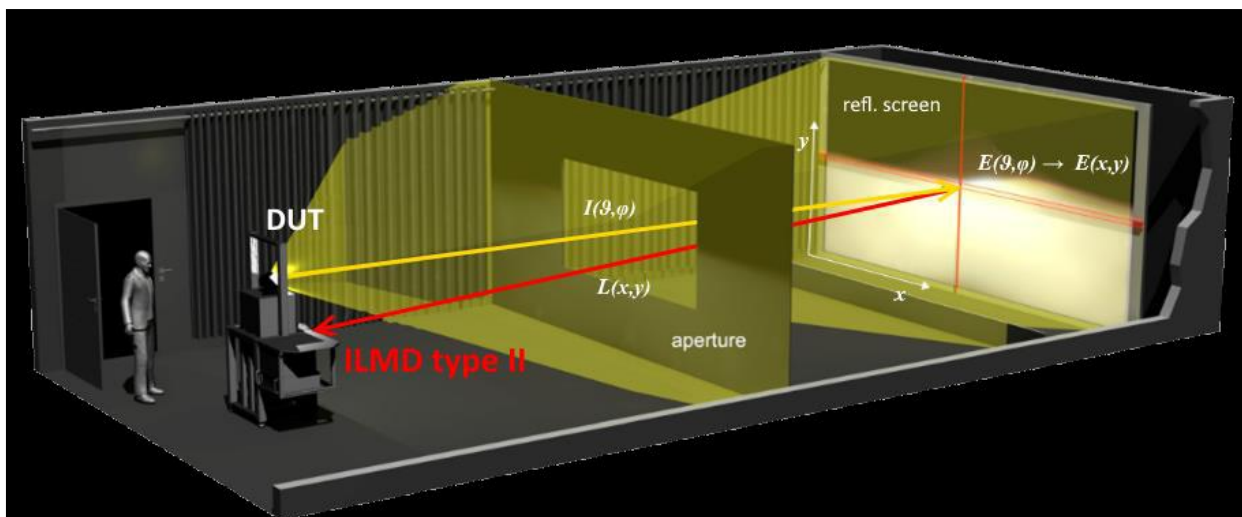
Овај међународни стандард је написан на енглеском језику. Састоји се од 86 страница са 38 слика и 14 табела и лако је доступан у CIE web продавници или од националних комитета CIE.

У оквиру поглавља “Лабораторијски захтеви за испитивање” обрађени су стандардни услови испитивања, калибрација мерне и испитне опреме, лабораторијски услови околине, електрични услови и опрема, стабилизација пре мерења, фотометријски и колориметријски мерни инструменти који се користе за испитивања где су специфицирани захтеви у погледу карактеристика тачности за сву мерну опрему.

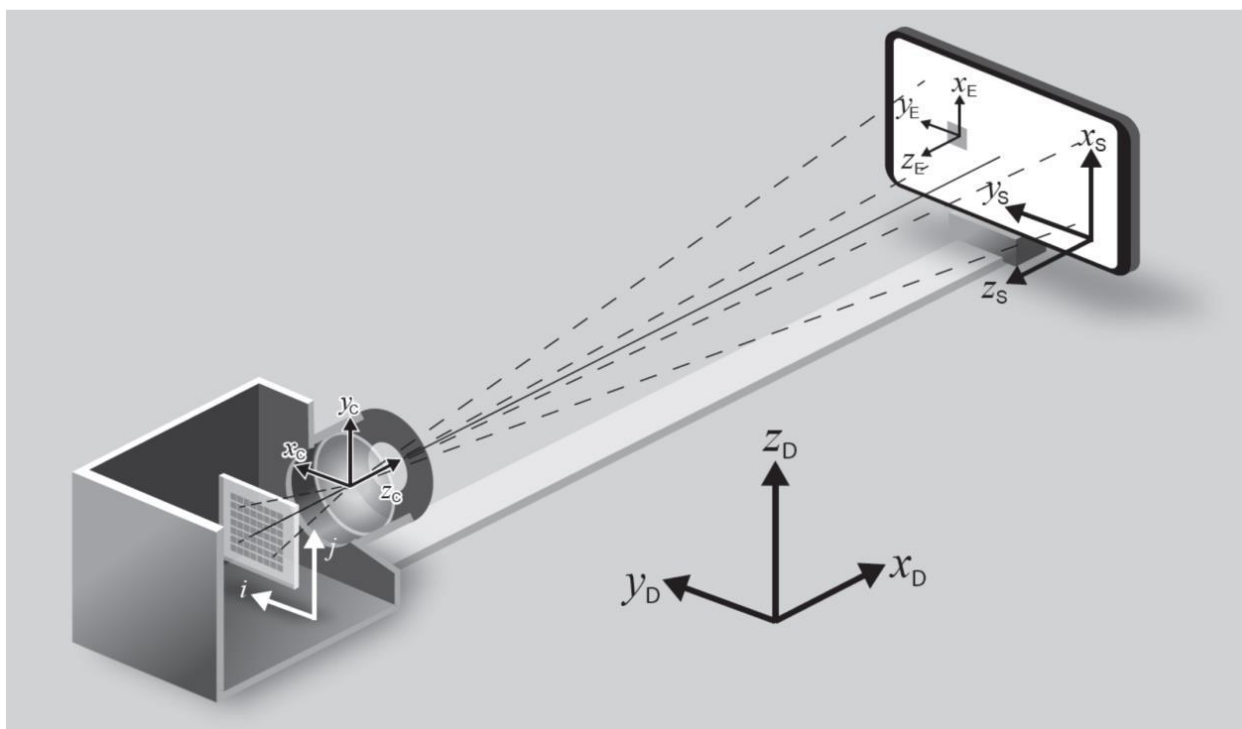
У стандарду су такође обрађени у посебном поглављу и припрема, монтажа и услови рада који се односе на уредјаје који су предмет испитивања.

У поглављу “фотометријска испитивања”, дефинисане су методе испитивања и мерења укупног светлосног флукса, кумулативног (зоналног) светлосног флукса, расподеле светлосне јачине, мерење луминанције.

По први пут је у оквиру неког међународног стандарда дефинисана метода одредјивања расподеле светлосне јачине коришћењем ILMD уредјаја(фотометријске камере) у комбинацији са екраном.



Слика 1. Комбинација фотометријске камере и екрана



Слика 2. Визуелизација (x,y) координатног система испитиваног уређаја и пихела фотометријске камере

У оквиру поглавља колориметријских мерења обухваћена је комплетна колориметрија, а посебно обрађене методе одређивања хроматских координата код ретрорефлектујућих уређаја.

Испитивању ретрорефлектујућих уређаја посвећено је посебно поглавље у коме су дефинисани гониометријски системи, захтеви за светлосним извором, заузимањем угла, спецификацијама фотометријског детектора.

За све методе описане у стандарду дефинисана је и процена мерне несигурности, односно утицајни параметри који морају бити узети у обзир приликом процене мерне несигурности. Такође су дати и примери за неке од метода са бројним вредностима несигурности.



У оквиру прилога овог стандарда дати су:

- Прилог А (информативни) Упутство за примену овог стандарда
- Прилог Б (информативни) Заштита од расејане светлости
- Прилог Ц (информативни) Конверзија координатног система гониофотометра
- Прилог Д (информативни) Поступак мерења тачности гониофотометра
 - Д.1 Угао између главних оса
 - Д.2 Угаони помаци сензора
 - Д.3 Провера угаоне тачности
- Прилог Е (информативни) Упутство за пројектовање испитног уређаја
- Прилог Ф (информативни) Практични лабораторијски услови
 - Ф.1 Фактори корекције
 - Ф.2 Коефицијенти осетљивости
 - Ф.3 Типични коефицијенти осетљивости и толеранцијски интервали
- Прилог Г (информативни) Упутство за израчунавање несигурности мерења
 - Г.1 Опште
 - Г.2 Буџет несигурности
 - Г.3 Пример несигурности мерења
- Анекс Н (информативни) Трансформација сферног координатног система у екрански координатни систем
- Анекс I (информативни) Расејана светлост у ILMD-овима – ILMD ниског и високог контраста

ЗАКЉУЧАК

Овај стандард одређује захтеве за мерење електричних, фотометријских, колориметријских и ретрорефлективних својстава уређаја за осветљење путева, уређаја за светлосну сигнализацију и ретрорефлективних уређаја за друмска возила, укључујући њихове изворе светлости, како је дато различитим прописима УН. Ова својства се обично добијају једносмерним напоном напајања, који се евентуално напаја припадајућим уређајем за управљање извором светлости.

Фотометријске и колориметријске величине обухваћене овим стандардом укључују укупан светлосни флуks, кумулативни светлосни флуks и његову расподелу, светлосни интензитет и његову расподелу, осветљеност, луминанцију, координате хроматичности, просторну расподелу хроматичности, фактор луминанције и коефицијент светлосног интензитета флуоресцентних и/или ретрорефлективних површина. Геометријске величине обухваћене овим стандардом укључују површину која емитује светлост и одговарајуће контрастне односе извора светлости.

Без обзира што се примарно односи на испитивања која се спроводе у склопу хомологационих испитивања светлосне и сигналне опреме а возилима, ово је стандард који на једном месту обухвата све методе испитивања светлосне опреме у најширем значењу. Применљив је на испитивање свих врста светлосне опреме, обзиром да су методе и мерна опрема који су дефинисани универзални и свеобухватни. Захтеви за тачношћу који се постављају код хомологационих испитивања сун а вишем нивоу у односу нао стале индустријске примене и испитивања производа, тако ад и у том смислу све специфицирано у овом стандард се може применити и на остала испитивања светлосне опреме.



ЛИТЕРАТУРА

[1] CIE S 027:2024 Photometry of road lighting devices, light-signalling devices and retro-reflecting devices for road vehicles, DOI 10.25039/S027.2024

Подаци о ауторима:

др Владан Шкеровић, дипл.инж., Технички директор АМСС – Центар за моторна возила д.о.о., Митрополита Мраовића 13, Београд, е-mail: vladan.skerovic@cmv.rs , ORCID: 0009-0006-9417-087X





СПЕКТРАЛНЕ РАСПОДЕЛЕ ЛЕД СИЈАЛИЦА ДОСТУПНИХ НА ТРЖИШТУ СРБИЈЕ

Драган Вучковић¹, Дејан Јовановић¹, Горан Вујичић², Ђорђе Илић², Владан Шкерковић²

Универзитет у Нишу, Електронски факултет у Нишу¹
АМСС-Центар за моторна возила²

dragan.vuckovic@elfak.ni.ac.rs, ORCID: 0000-0001-9404-3818

dejan.jovanovic@elfak.ni.ac.rs, ORCID: 0000-0002-7159-7196

goran.vujicic@cmv.rs, djordje.ilic@cmv.rs, vladan@cmv.rs, ORCID: 0009-0006-9417-087X

ДОИ број: <https://doi.org/10.46793/Osvetljenje25.37V>

Апстракт

Последњих година се велика пажња посвећује фото биолошким утицајима светлости на људе. Значајан део истраживања у тој области је усмерен на утицај светлости која се емитује у плавом делу спектра на циркадијални ритам људи. Циркадијални ритам је биолошки сат који регулише бројне процесе у мозгу и на тај начин усклађује дневно-ноћне и бројне друге функције свих најважнијих органа у организму. У овом раду је приказано истраживање засновано на лабораторијским мерењима спектралне расподеле ЛЕД сијалица доступних на тржишту Републике Србије. Мерења су вршена помоћу спектрометра GL Spectis 1.0, компаније GL Optics. Дата су графичка поређења спектралних расподела ЛЕД сијалица, различитих придружених температура боја, у видљивом делу електромагнетног зрачења. У циљу поређења су дате и спектралне расподеле сијалице са ужареним влакном као и спектар зрачења дневне светлости.

1. УВОД

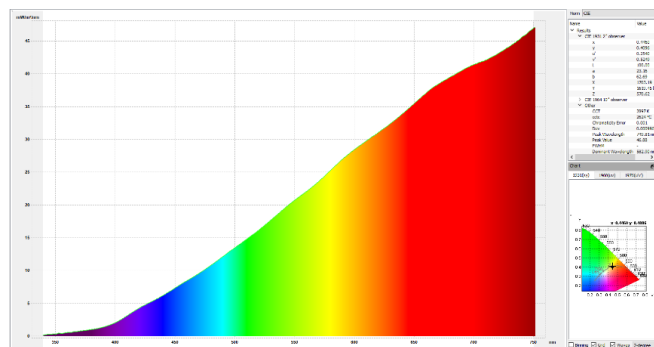
Људи су кроз векове као извор светлости, поред дневне светлости за коју се узима да је придружена температура боје при ведром небу око 6500 К, користили ватру, која има придружену температуру боје светлости од 1800 К до 2000 К. Са појавом сијалица са ужареним влакном нагло почиње њена примена за осветљење просторија у домаћинству, а придружена температура боје ових извора светлости је око 2700 К. Сви напред поменути извори светлости мају континуални спектар. Са појавом флуоресцентних извора светлости се појављују и друге придружене температуре боје електричних светлосних извора (4000 К, 6500 К, ...). Наиме приликом пражњења у гасовима флуоресцентних извора светлости јавља се зрачење у ултраљубичастом делу спектра, али се помоћу премаза који се наносе на стаклену цев обезбеђује, да се ово зрачење помери у опсег видљивог дела спектра. У зависности од премаза добијају се различити спектри зрачења флуоресцентних цеви па самим тим и различите придружене температуре боја. Спектри зрачења флуоресцентних цеви су за разлику од континуалних спектра дневне светлости и светлости коју даје ватра, или сијалица са ужареним влакном линијски. Слична ситуација је и са ЛЕД изворима светлости. ЛЕД извори беле боје, који се користе за осветљавање просторија, се добијају од ЛЕД чипа који зрачи плаву боју светлости. Слично као и код флуоресцентних цеви, код ЛЕД извора светлости се наносе материјали на плави ЛЕД чип, како би се спектар зрачења проширио на читав видљиви део спектра. У почетку, како би се добила што већа ефикасност, највише су се производили ЛЕД



извори светлости са придруженим температурама боје које су око 6500 K. За добијање ЛЕД извора светлости придружене температуре боје од 2700 K, требало је нанети више материјала преко плавог ЛЕД чипа па су ти извори светлости били мање ефикасни. Временом су ове разлике смањене и сада су ефикасности ЛЕД светлосних извора различитих температура боја приближно иста. У почетку се, због нешто ефикасности, ЛЕД извори светлости „хладнијих боја“ (око 6500K) користили за осветљење улица. Иако је излагање плавој светлости корисно током дана јер поспешује будност, прекомерно излагање оваквој светлости у вечерњим сатима може одложити наступање сна и пореметити природни циркадијални ритам тела. Разлог је тај што су меланопсински рецептори у људском оку нарочито осетљиви на таласну дужину плаве светлости, која даје сигнал телу да остане будно. Овај негативан утицај на циркадијални ритам тела је врло изражен уколико се појави прекомерно излагање екранима електронских уређаја у сатима пред спавање, с обзиром да код ових уређаја екран доминантно зрачи светлост у делу спектра краћих таласних дужина. Због тога су произвођачи уређаја са екраном у оперативне системе уградили опцију промене доминантних таласних дужина које зраче екрани у вечерњим сатима. Тако се из опсега краћих таласних дужина, где доминира плава боја, зрачење помера у опсег таласних дужина где се зрачи црвена боја светлости. Негативни утицај доминантног зрачења светлости у области краћих таласних дужина такође приметно утиче на циркадијални ритам људи уколико се за осветљење просторија у домаћинствима користе сијалице са придруженим температурама боје од 4000 K, познате као „неутрално беле“ а поготову ако се користе сијалице које имају придружену температуру боје од 6500 K, познатије као „хладно бели“ извори светлости.

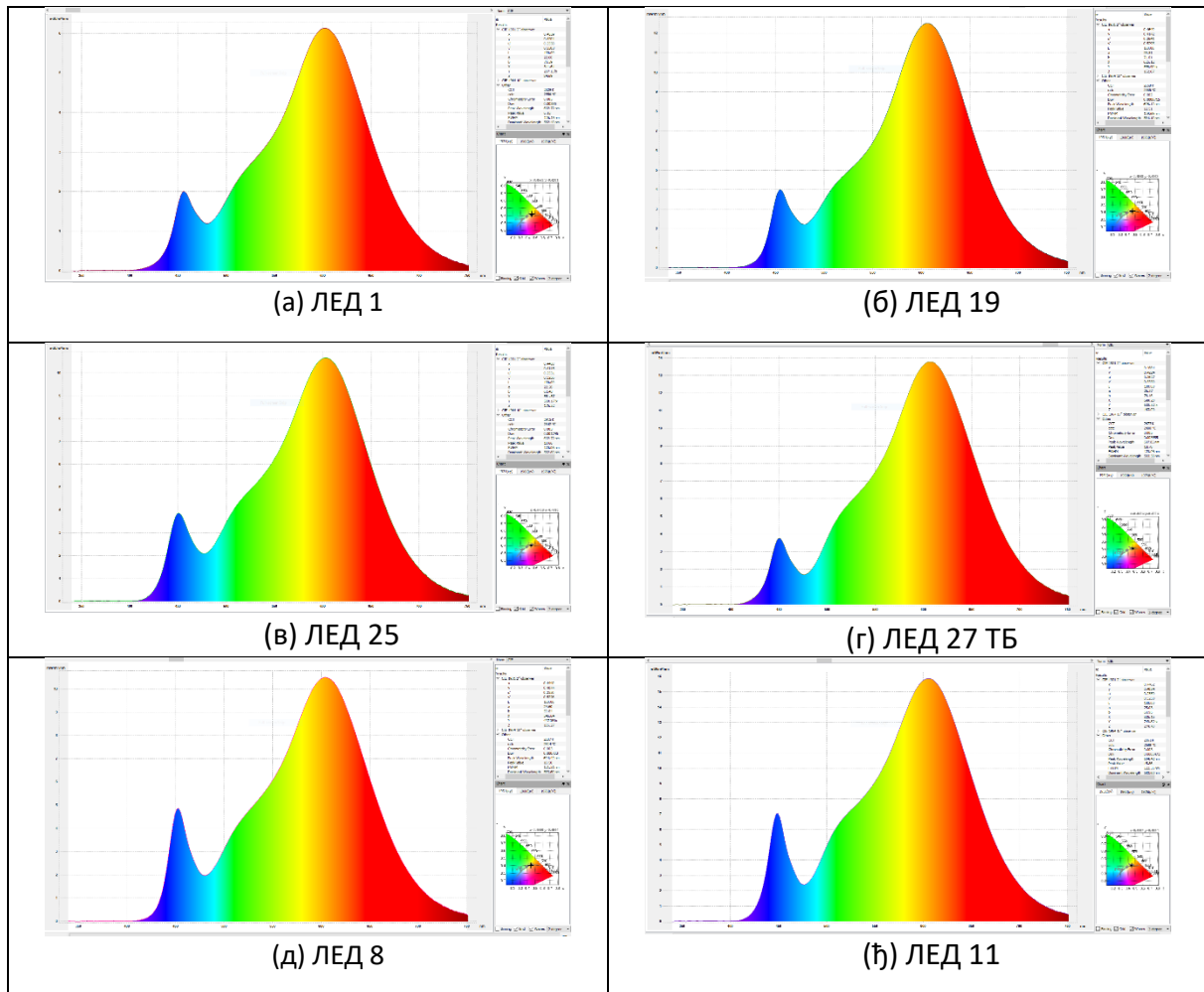
2. СПЕКТРАЛНЕ РАСПОДЕЛЕ ИЗВОРА СВЕТЛОСТИ

Како би се утврдиле снаге зрачења појединих таласних дужина у видљивом делу спектра ЛЕД извора светлости, за различите придружене температуре боје светлости, извршена су мерења спектралних расподела ЛЕД сијалица доступних на тржишту Републике Србије.



Слика 1. Спектрална расподела сијалице са ужареним влакном, $T = 2897\text{ K}$

На слици 1 је дата спектрална расподела сијалице са ужареним влакном која је доступна на нашем тржишту. Иако је у старту, кад је кренула производња сијалица са ужареним влакном договорено да придружена температура боје буде око 2700 K, и да животни век буде око 1000 h, сада су као што може да се примети производе овакве врсте сијалица кроз које пролазе веће струје па је самим тим и придружена температуре боје виша.

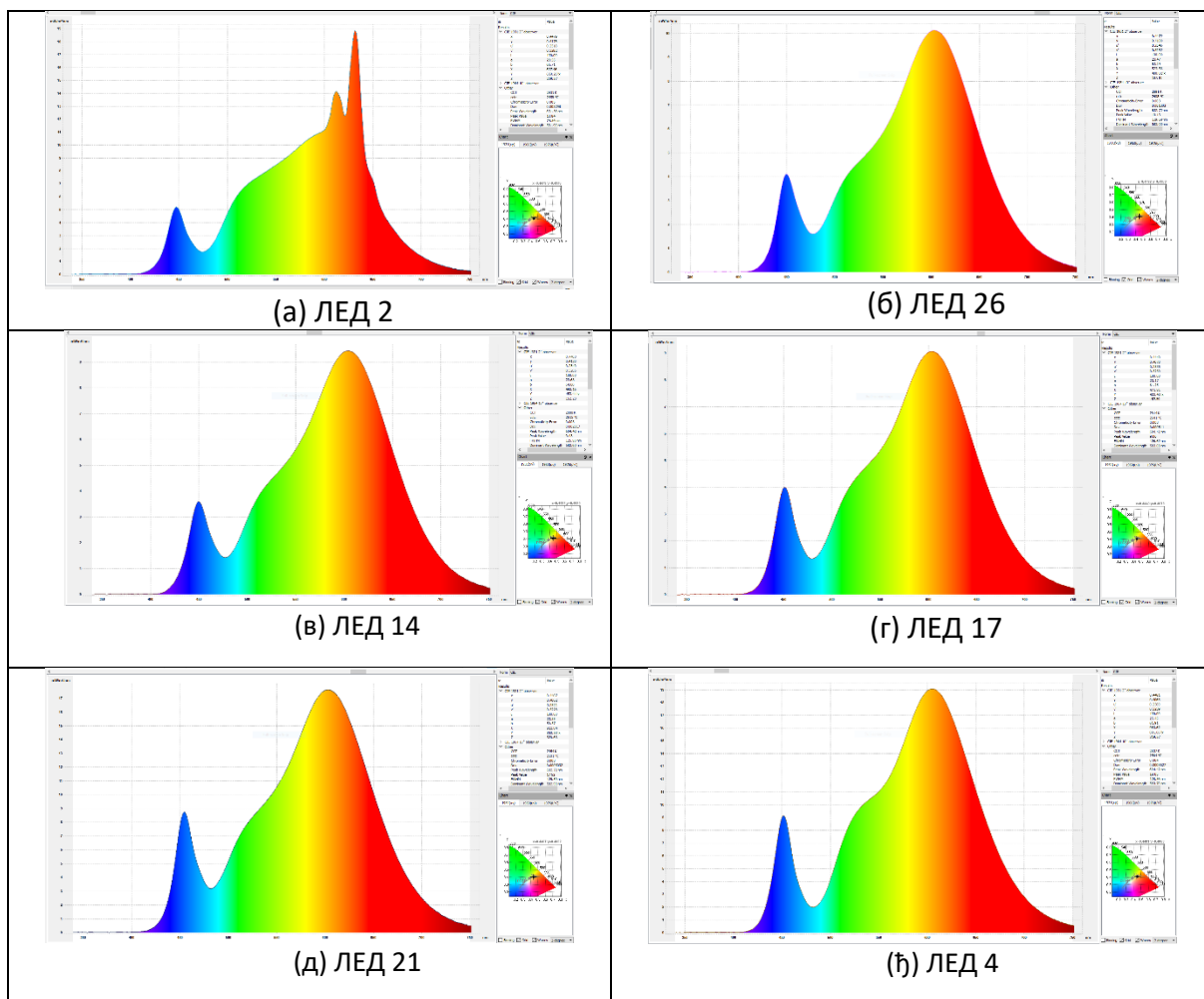


Слика 2. Спектрална расподела ЛЕД сијалица, T - 2700 K

На слици 2 је дат приказ спектралних расподела различитих врста сијалица декларисане температуре боје светлости 2700 K. Може се приметити да је код неких сијалица (а, б и г) зрачење у плавом делу спектра мање него код других сијалица (в, д и ђ).

Табела 1: Односи снага зрачења за светиљке температуре боје T - 2700 K

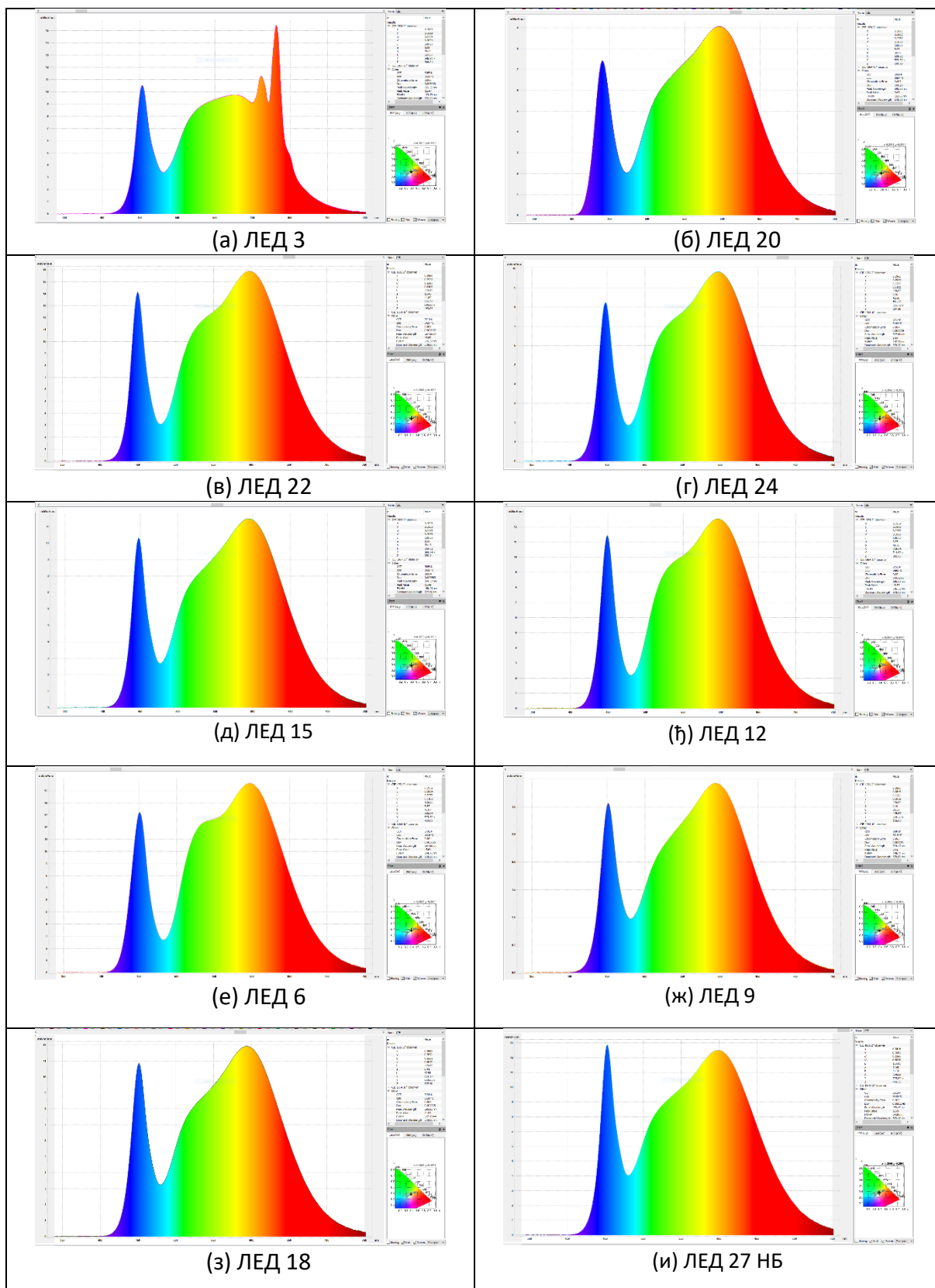
Број светиљке	Однос снаге зрачења у плавом делу спектра (од 420nm до 480nm) у односу на укупну снагу зрачења у видљивом делу спектра	Однос максималне снаге зрачења у плавом делу спектра у односу на укупну снагу зрачења у видљивом делу спектра
27 ТВ	6.03%	0.33%
25	7.06%	0.40%
1	7.44%	0.41%
19	8.67%	0.44%
11	8.87%	0.53%
8	9.28%	0.55%

Слика 3. Спектрална расподела ЛЕД сијалица, $T = 3000\text{ K}$

На слици 3 је дат приказ спектралних расподела различитих врста сијалица декларисане температуре боје светлости 3000 K. И овде се може уочити да је удео зрачења у плавом делу спектра различит и да се разликује од произвођача до произвођача.

Табела 2: Односи снага зрачења за светиљке температуре боје $T = 3000\text{ K}$

Број светиљке	Однос снаге зрачења у плавом делу спектра (од 420nm до 480nm) у односу на укупну снагу зрачења у видљивом делу спектра	Однос максималне снаге зрачења у плавом делу спектра у односу на укупну снагу зрачења у видљивом делу спектра
2	7.78%	0.46%
17	8.26%	0.45%
26	8.64%	0.53%
14	9.08%	0.53%
4	8.98%	0.59%
21	9.52%	0.59%



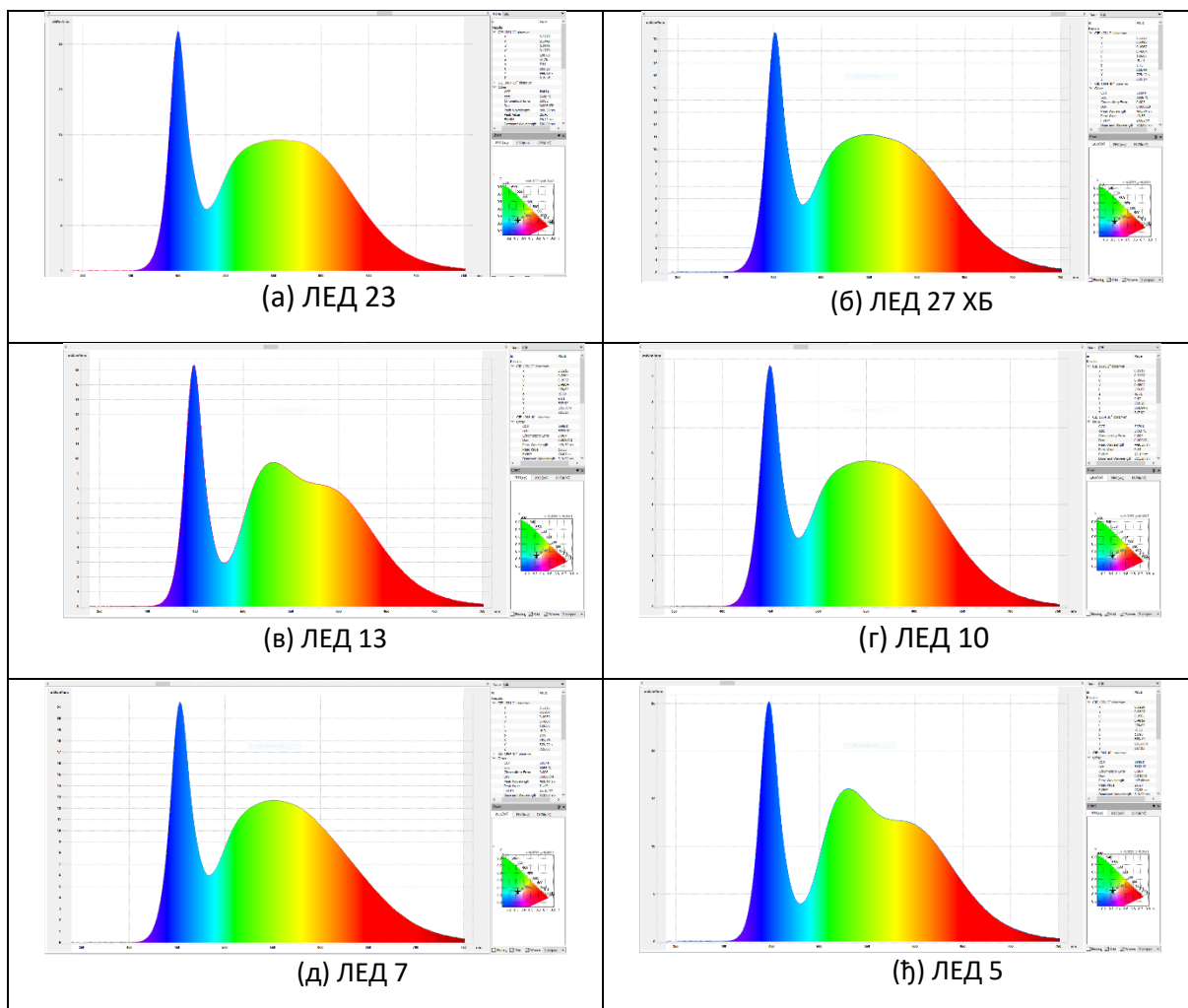
Слика 4. Спектрална расподела ЛЕД сијалица, Т - 4000 К



На слици 4 је дат приказ спектралних расподела различитих врста сијалица декларисане температуре боје светлости 4000 K. Код ових сијалица је знатан удео снаге зрачења у плавом делу спектра али такође постоје разлике у зависности од произвођача, па су самим тим неке од њих, са мањим уделом снаге зрачења у плавом делу спектра, нпр. сијалица дата на слици 4 (б), у односу на сијалицу чији је спектар зрачења дат на слици 4 (и). Ове врсте светлосних извора се према стандарду користе у канцеларијама, учионицама и другим радним просторијама.

Табела 3: Односи снага зрачења за светиљке температуре боје T - 4000 K

Број светиљке	Однос снаге зрачења у плавом делу спектра (од 420nm до 480nm) у односу на укупну снагу зрачења у видљивом делу спектра	Однос максималне снаге зрачења у плавом делу спектра у односу на укупну снагу зрачења у видљивом делу спектра
24	13.75%	0.87%
22	13.90%	0.93%
12	14.32%	0.94%
6	14.43%	0.88%
15	14.46%	0.92%
20	14.81%	0.82%
3	14.97%	0.98%
18	15.18%	0.94%
27 NB	15.35%	0.99%
9	15.56%	0.93%

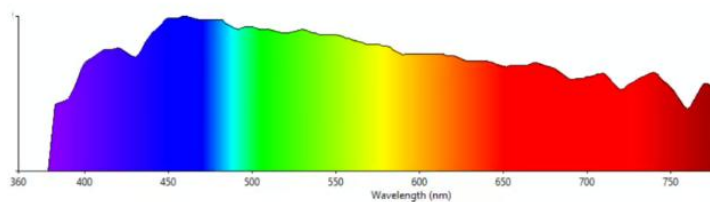


Слика 5. Спектрална расподела ЛЕД сијалица, T - 6500 K

На слици 5 је дат приказ спектралних расподела различитих врста сијалица декларисане температуре боје светлости 6500 K. Код ових сијалица доминира снага зрачења у плавом делу спектра сличне су код свих произвођача.

Табела 4: Односи снага зрачења за светиљке температуре боје T - 6500 K

Број светиљке	Однос снаге зрачења у плавом делу спектра (од 420nm до 480nm) у односу на укупну снагу зрачења у видљивом делу спектра	Однос максималне снаге зрачења у плавом делу спектра у односу на укупну снагу зрачења у видљивом делу спектра
5	23.40%	1.54%
27 HB	23.56%	1.50%
7	23.71%	1.48%
10	23.87%	1.45%
13	23.96%	1.59%
23	24.36%	1.57%



Слика 6. Спектрална расподела дневне светлости, $T = 6500 \text{ K}$

На слици 6 је дат спектар зрачења дневне светлости, и приметно је да су снаге зрачења у опсегу свих таласних дужина у видљивом делу спектра приближно исте за разлику од ЛЕД извора светлости где је снага зрачења у плавом делу спектра знатно већа од снаге зрачења у осталом делу спектра.

4. ЗАКЉУЧАК

ЛЕД сијалице које су доступне на нашем тржишту имају приближно исте спектралне расподеле зрачења за исту декларисану температуру боје светлости, али разлике ипак постоје и сијалице појединих произвођача могу да се сматрају прихватљивим у односу на сијалице других произвођача. Однос снаге зрачења у плавом делу спектра у односу на укупну снагу зрачења сијалице се највише разликује код сијалица температуре боје светлости $T = 2700 \text{ K}$, које се највише користе у домаћинствима. Тај однос се креће од 6,03 % до 9,28 %. Код других температура боје тај однос је мање изражен у односу на разлике које се јављају код топло белих извора светлости. Нажалост, у нашој земљи не постоји регулатива која сагледава ове разлике и купци се ослањају само на температуру боје извора светлости која је декларисана од стране произвођача.

ЗАХВАЛНОСТ

Овај рад је подржан од стране Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије [Број уговора: 451-03-137/2025-03/ 200102].

РЕФЕРЕНЦЕ

- [1] Tsankov, P.T. (2020). Lighting Technologies. In: Pavlovic, T. (eds) The Sun and Photovoltaic Technologies. Green Energy and Technology. Springer, Cham, 2020, pp. 213-270.
- [2] Xue, C. et al. High Performance Non-Doped Blue-Hazard-Free Hybrid White Organic Light-Emitting Diodes with Stable High Colour Rendering Index and Low Efficiency Roll-Off. Opt. Mater., vol. 106, 2020.
- [3] Bauer, S. Blue-Light Hazard of Light-Emitting Diodes Assessed with Gaussian Functions. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, pp. 4-8. doi. org/10.3390/ijerph18020680.
- [4] Pawlak, A. Evaluation of the Hazard Caused by Blue Light Emitted by LED Sources. Lighting Conference of the Visegrad Countries (Lumen V4), 2018.
- [5] Dai, Q. et al. Circadian-Effect Engineering of Solid-State Lighting Spectra for Beneficial and Tunable Lighting. Opt. Exp., vol. 24, pp. 20049–20059, 2016.



АНАЛИЗА ПОЗАДИНСКОГ ОСВЕТЉЕЊА LCD-A ОД CFL ДО OLED-A

Новица Мухић¹, Војислав Бабић²,

¹ ЕТШ „Раде Кончар“ Београд, orcid:0009-0008-6842-7306, ² ДОС, Београд,
DOI: <https://doi.org/10.46793/Osvetljenje25.45M>

Кратак садржај

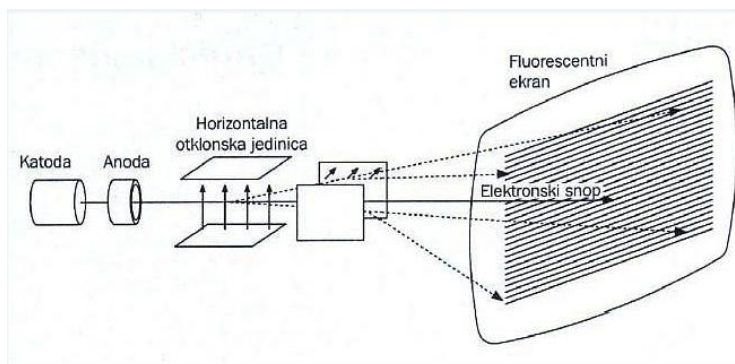
У раду ћемо покушати да направимо компаративну анализу различитих типова позадинског осветљења ТВ екрана са становишта потрошње, квалитета осветљења и контраста слике. Покушаћемо да за сваки од наведених генерација осветљења дамо предности и мане у односу на остале типове

Увод

Први прототип телевизора са катодном цеви (CRT) је направљен пре тачно 99 година, 1926 године. Осам година касније, 1934 године, је направљен први комерцијални телевизор а 5 година касније, 1939 је почела прва серијска производња телевизора.

CRT екрани немају позадинско осветљење, слику стварају усмереним млазом електрона на фосфорном премазу предњег дела екрана. Перзистенција фосфора је искоришћена да би се у мозгу створила илузија константне слике док се слика у суштини исцртава линију по линију од горњег левог до доњег десног ћошка екрана а затим поново у круг. Јачина осветљења екрана зависи искључиво од јачине млаза електрона који се испуцавају из извора ка премазу екрана.

Интензивно коришћење ових екрана је трајало све до појаве плазма и лед екрана.



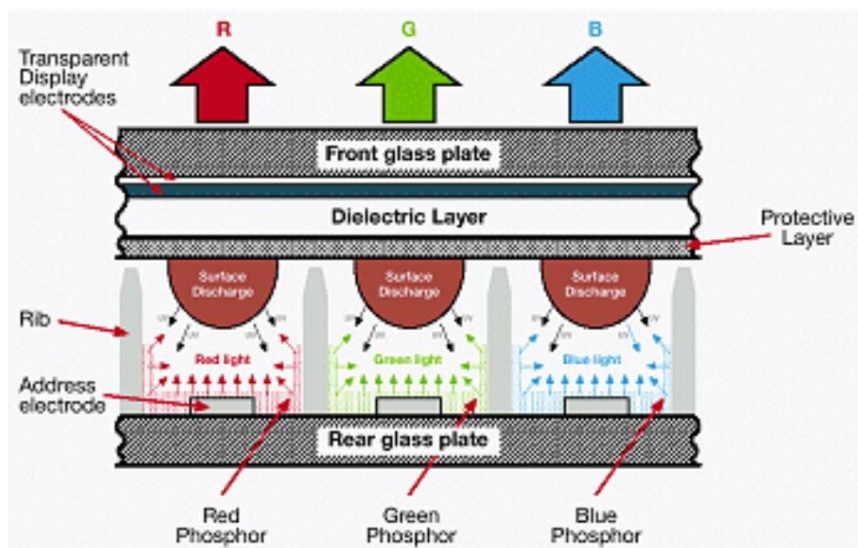
Пресек CRT монитора



Плазма екрани

Царство CRT телевизора је трајало све до почетка 90. година када су направљени први комерцијални плазма екрани у боји. Технологија која је била позната деценијама коначно је угледала светлост дана.

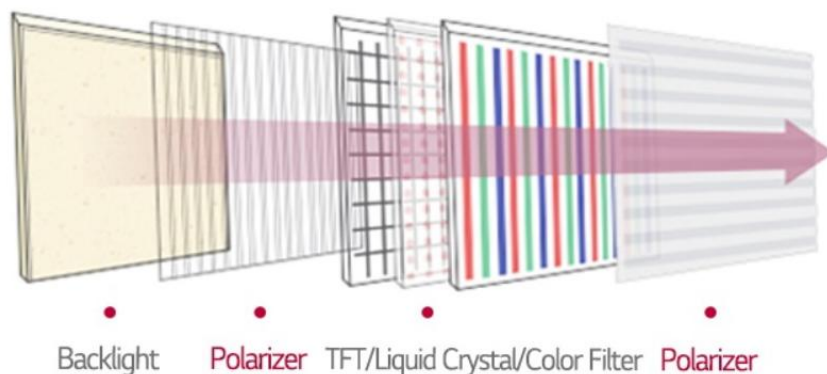
Ни ови, као ни CRT, екрани нису имали позадинско осветљење него се осветљење стварало директно у тачки на екрану. Свака тачка је била израђена као мала неонска цев где је смеша племенитих гасова Неона и Ксенона побуђивана високим напонем стварала ултраљубичасту светлост која је осветљавала фосфорне плочице у три боје и тако је дибијана колор слика на свакој тачки. У случају да нека тачка екрана треба да остане црна на њој је гашен извор светлости и тако добијан одличан контраст црне. Проблем ових екрана је велика потрошња због броја избора светлости унутар екрана.



Једна тачка панела плазма екрана

LCD екрани

Паралелно са појављивањем првих плазма телевизора у употребу су ушли и први LCD телевизори. Иако је течни кристал први пут препознат пре више од 100 година и већ пар деценија коришћен за сатове као монохроматски рефлективни дисплеј, први пут се појављују у великом формату у колору и са позадинским осветљењем.



Пресек панела LCD екрана

Пре анализе поделе LCD панела према типу позадинског осветљења кратко ћемо се осврнути на типове LCD панела који се користе и преглед њихових карактеристика у наредној табели.

Тип Параметар	TN	IPS	VA
Угао гледања	Лош	Одличан	Добар
Одзив	Брз	Спор	Средњи
Контраст	Низак	Средњи	Висок
Цена	Ниска	Висока	Средња

LCD екрани са CFL лампама

Наредних, скоро 20, година производили су се **LCD** телевизори где је позадинско осветљење била **CFL** лампа монтирана са једне или две бочне стране док су преостале ивице имале рефлектујућу површину. Иза **LCD** панела је постављано више дифузних слојева који су ивичну светлост од лампе ломили за 90 степени и равномерно просијавали кроз површину екрана дајући униформан осветљај и јасну слику.

Предност ових екрана у односу на плазма екране се огледа у знатно мањој потрошњи али је зато контраст знатно мањи као и квалитет црне боје јер се позадинско осветљење просијава и кроз зоне црног. Додатна предност у односу на плазма екране је такође и значајно смањивање дебљине и тежине екрана.

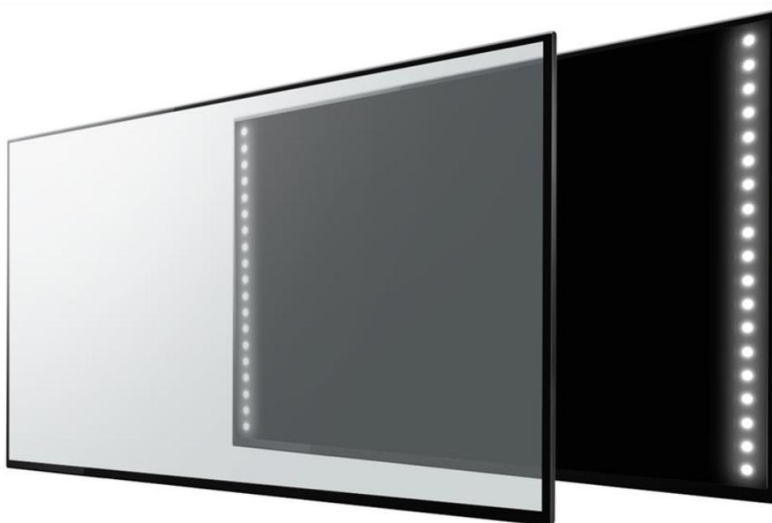


CFL лампа и рефлектујући слој LCD екрана

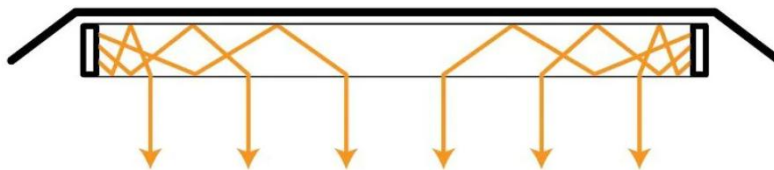
LCD екрани са ЛЕД позадинским осветљењем

Први комерцијално доступни LCD екрани са LED диодама су направљени 2006. године. То са становишта конструкције није била никаква револуционарна промена али је била еволутивна промена са становишта потрошње и могућности дистрибуције светлости. Прва верзија LCD екрана са LED осветљењем је била конструктивно идентична екранима са CFL лампама. Главно унапређење је добијено променом драјвера јер више није потребан високи напон за укључење осветљења и добијена је могућност бољег управљања позадинским осветљењем у погледу боје беле светлости и њеног интензитета. И даље су задржани дифузори који су угаону светлост која је сада долазила из диода усмеравала ка панелу.

Није прошло много времена да се са угаоног осветљења прешло на директно позадинско осветљење, DLED екране.



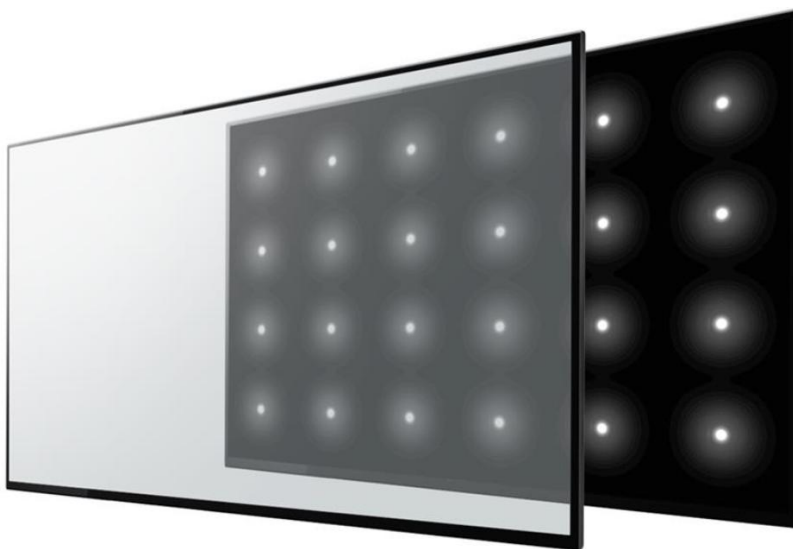
Монтажа ЛЕД трака у панелу



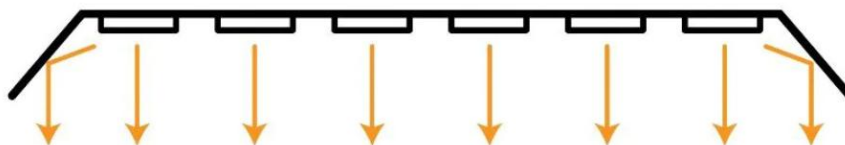
Усмеравање и расподела светла кроз дифузоре

LCD екрани са DLED позадинским осветљењем

Код DLED екрана угаоне лед траке су замењене са LED изворима који се налазе директно иза LED панела. Дифузори који су ломили светлост од угаоних извора су замењени са дифузорима који су имали улогу да светлост са тачкастих извора иза панела униформно распореде по панелу и обезбеде да се не примети да светлост долази из тачкастог извора. DLED екрани имају већу дебљину, слично као плазма телевизори али су много лакши. Квалитет боја и потрошња су слични екранима са LED тракама постављеним по ивици панела.



Распоред LED диода код DLED телевизора



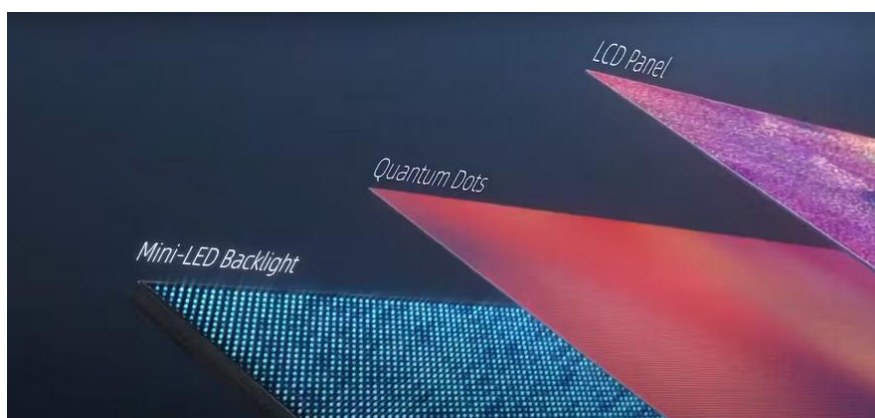
Усмеравање и расподела светла кроз дифузоре



LCD екрани са MINILED позадинским осветљењем

Ови екрани имају распоређено LED позадинско осветљење иза LCD панела као и DLED панели али је број диода знатно већи. Позадинско осветљење се динамички управља као и слика на екрану па се тако у деловима где треба да буде црна слика гасе позадинско осветљење и тако добија савршен контраст црне боје. Генерално ови дисплеји имају знатно већи контраст од претходних модела док је потрошња незнатно већа од претходних модела због већег броја светлосних извора.

MINILED технологија је још увек доста нова и цене телевизора са оваквим панелима су веће од DLED модела.



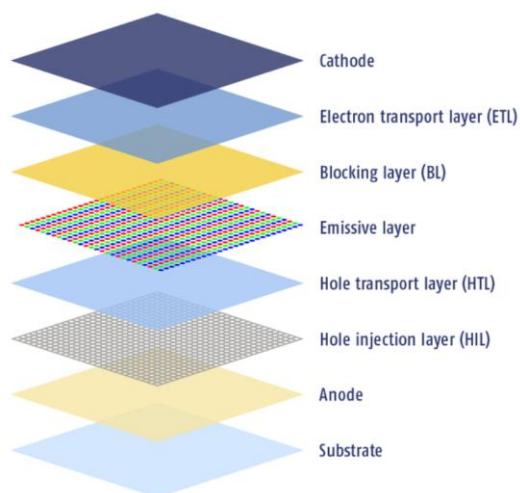
Конструкција панела са MINILED позадинским осветљењем

ОЛЕД екрани

Ови панели немају потребу за позадинским осветљењем. Светлосни извори се налазе у свакој тачки у панелу помоћу којих се прави цео спектар боја укључујући белу са укљученим свим RGB диодама у тачки или црну са гашењем свих диода у тачки.

Ови телевизори имају висок валитет слике, висок контраст и изражене црне делове на слици а такође су и енергетски ефикаснији од претходних модела.

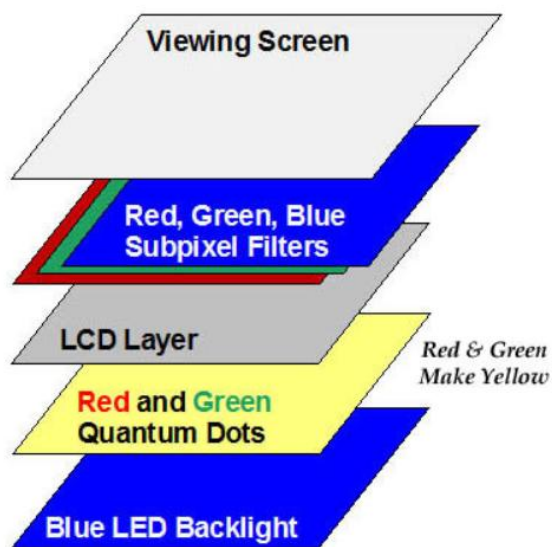
Проблем са овим панелима су диоде органског порекла код којих у случају дуготрајног статичког приказа исте слике долази до тзв. „прегоревања“ слике где услед оштећења и после промене слике остају трајни трагови претходне „прегореле слике“



Конструкција OLED панела

QLED екрани

Овај тип панела такође припада LCD панелима са DLED позадинским осветљењем с том разликом што се између позадинског светла и LCD панела налази филм, такозвани слој квантних тачака. Када се овај слој побуди плавим позадинским светлом квантне тачке сијају чистом црвеном и чистом зеленом бојом што у комбинацији са плавим позадинским осветљењем ствара јаку белу светлост која даје много бољи осветљај екрана и побољшава видљивост и даје бољи квалитет боје.



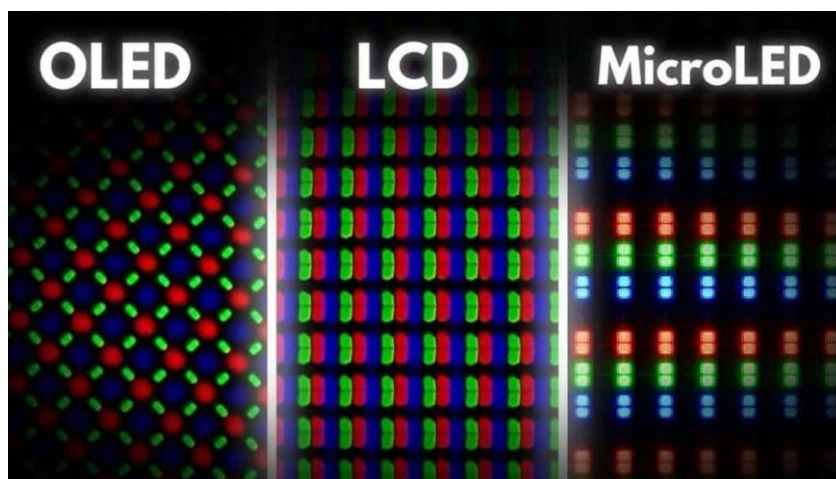
Конструкција QLED панела



MIKROLED екрани

Ово је тренутно најновија технологија у производњи екрана. У суштини представља унапређење OLED технологије и решава њене проблеме.

Ови панели немају позадинско осветљење него се беле диоде налазе унутар тачака на екрану. Због своје конструкције има висок квалитет боја и висок контраст, малу дебљину али су ипак дебљи од OLED панела и енергетски су ефикасни. Проблем ових панела је још увек њихова цена.



Распоред RGB извора код три типа панела

У наредној табели дат је упоредни приказ горе наведених панела према кључним карактеристикама.

Екран Параметар	LED LCD	DLED	OLED	QLED	Mini-LED	Micro-LED
Контраст	Средњи	Висок	Изузетно висок	Висок	Висок	Изузетно висок
Ниво црне	Сива	Тамно сива	Савршено црна	Тамно сива	Тамно сива	Савршено црна
Угао гледања	Ораничен	Бољи од ЛЕД	Изузетно добар	Бољи од ЛЕД	Бољи од ЛЕД	Изузетно добар
Енергетска ефикасност	Висока	Висока	Врло висока	Висока	Висока	Врло висока
Цена	Пристапачна	Средња	Висока	Висока	Висока	Врло висока
Примена	Широка употреба	Висококвалитетни ТВ	Премиум ТВ	Премиум ТВ	Премиум ТВ	Премиум ТВ



Закључак

MIKROLED технологија је супериорна у односу на све остале.

OLED је такође супериоран у односу на остале уколико игноришемо ризик „прегоревања“ слике

MINILED је следећи избор

QLED као последњи у низу

Остале опције долазе иза али су оне већ мање комерцијално доступне





ФОТОКАТАЛИТИЧКА ПРОИЗВОДЊА ВОДОНИКА

Зоран Ледински

Српско друштво за осветљење, Београд, orcid: 0009-0003-4198-87,

DOI: <https://doi.org/10.46793/Osvetljenje25.55L>

КРАТАК САДРЖАЈ

Приказан је укратко процес производње водоника разлагањем воде коришћењем светлосне енергије Сунца. Светлост директно ексцитује електроне у двојном слоју редукујући водоничне јоне. Електрони се у двојном слоју надокнађују оксидацијом кисеоника.

Кључне речи: водоник, фотокатализа, разлагање воде, двојни слој, Сунчева светлост

PHOTOCATALYTIC PRODUCTION OF HYDROGEN

ABSTRACT

Keywords: photo catalysis, water decomposition, double layer, Sunlight

The production process of hydrogen by water decomposition by using energy of Sunlight. Light causes the direct excitation of electrons in the double layer and the reduction of hydrogen ions. The oxidation of oxygen compensates the lack of electrons in the double layer.

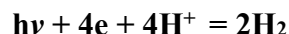
1. УВОД

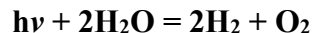
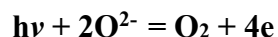
Водоник као гориво за тракционе сврхе потаје све интересантнији због ограничења емисије угљен диоксида при коришћењу фосилних горива. Водоник се може користити као гориво како у моторима са Отовим циклусом, тако и у моторима са Дизеловим циклусом. Избор циклуса зависи од тога да ли је битнија тренутна снага или обртни момент мотора.

Коришћењем водоника добијеног разлагањем воде као горива, постиже се укупан биланс потрошње воде и атмосферског кисеоника нула. Коришћењем енергије светлости за производњу водоника, енергетски биланс је такође нула и не доприноси загревању Планете.

2. ФОТОКАТАЛИЗА

Фотокатализа је активирање катализатора у овом случају Сунчевом светлошћу како би се омогућила потребна реакција. За разлагање воде неопходно је довести енергију како би се процес одвијао:





Као фотоактивни катализатори користе се разни полупроводници, који су најчешће оксиди прелазних метала (титанијум, цирконијум, итријум ...), али употребљављују се и индијум и талијум.

Фотокаталитичко разлагање чисте воде је могуће, али уз мале приносе, свега до 5 милимола водоника на сат (око 100 милилитара). Овакав начин производње водоника има смисла у лабораторијским условима и користан је за испитивање механизма и хемизма оксидоредукције кисеоника који још увек нису до краја познати, иако се изучавају скоро два века.

Разлог за малу продуктивност је што се искоришћава за реакцију разлагања воде само ултраљубичасти део спектра.

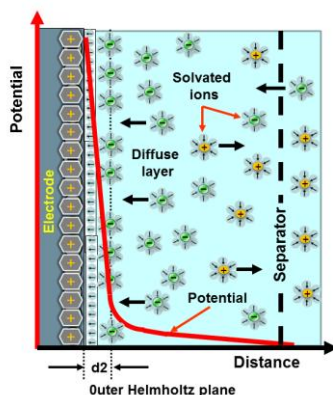
3. ФОТОЕЛЕКТРИЧНА КАТАЛИЗА

Повећање ефикасност разлагања воде Сунчевом светлошћу постигло се употребом фотоелектричног ефекта на страни водоника. Наиме, ради се о електролизеру који уместо спољњег извора електричне енергије користи Сунчеву светлост. Како се ради о електролизеру, водоник се издаја на катоди, а кисеоник на аноди.

Електролит може бити алкалан или кисео, због проводности.

Може се одмах поставити питање зашто користити фотокатализу, кад се можда чак и ефикасније могу користити фотоелектрични елементи као извори струје за електролизу. Одговор је да би систем са фотоелектричним ћелијама као извором струје захтевао велике количине бабра у виду проводника. Наиме, иако је напон на ћелији за електролизу око 1.5V, струје се, у зависности од капацитета електролизера, крећу од 500 А до неколико килоампера, што би захтевало изузетно дебеле проводнике.

Стога, прибегло се екситацији електрона у двојном слоју катодe (за водоничну реакцију).

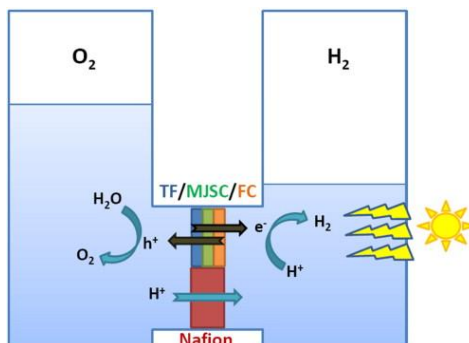


Електрохемијски двојни слој



Екситовани електрони из катализатора неутралишу јоне водоника и нестају из система са гасовитим водоиком. Електрони се надокнађују из анодне оксидације кисеоника, тако да се биланс електрона одржава на нули.

Шема електролизера приказана је сликом:



Проводник је у овм случају потребан само за премошћавање катодe и аноде кроз елемент за регулацију струје (реостат, тиристор и сл.).

Један фотоелектролизер који су представили Јапанци има фотокаталитичку површину од 10 квадратних метара и снагу око 1 kW, што даје струјни еквивалент од око 600 A и капацитет од 11 мола на сат, односно 0,25 кубних метара на сат.

Наводно се развијају фотоелектролизери од 4 мегавата.

4. ЗАКЉУЧАК

Производња водоника фотокатализом је перспективно решење опстанка мотора са унутрашњим сагоревањем. Мора се доказати стабилност катализатора и исплативост израде већег броја великих погонских јединица. Такође, мора се решити безбедно стацинарно складиштење водоника, као складиштење у возилима.

ЛИТЕРАТУРА

- Интернет странице:
- Electrochemical double layer, Wikipedia,
- <https://www.google.com/imgres?q=photocatalytic%20hydrogen%20production&imgurl=https%3A%2F%2Fars.els-cdn.com%2Fcontent%2Fimage%2F1-s2.0-S092702481200356X-fx1.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fwww.sciencedirect.com%2Fscience%2Farticle%2Fabs%2Fpii%2FS092702481200356X&docid=gs5eRRc1tBtpM&tbnid=SZ1510nWDHl05M&w=500&h=362&hcb=2>
- Средства информисања



Одређивање индекса преламања светлости-рефрактометрија

Проф.др Радослава Савић Радовановић¹, МА Теодора Савић²

¹ Факултет ветеринарске медицине, Универзитет у Београду, Србија,
orcid: 0000-0002-2419-5936

² Euronews, Србија,

DOI: <https://doi.org/10.46793/Osvetljenje25.59SR>

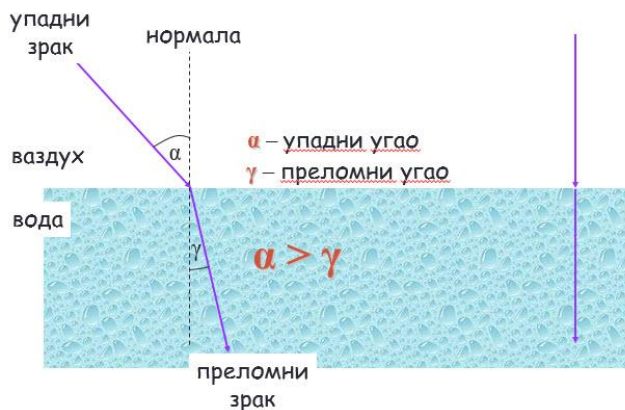
Кратак садржај

При преласку светлости из средине мање у средину веће оптичке густине долази до преламања и та појава се назива рефракција. Као мерило преламања светлости користи се коефицијент рефракције, који представља однос синуса упадног и угла преламања. Индекс рефракције млека је већи од индекса рефракције воде. На индекс рефракције утичу састојци млека који се налазе у правом раствору (лактоза и део минералних материја). Одређује се у млечном серуму и користи се за утврђивање да ли је млеко фалсификовано додавањем воде. У пракси се најчешће користи рефрактометар по Абеу и резултат се изражава у посебним јединицама тј. степенима. Степен рефракције млека нормалног хемијског састава просечно износи 39, а креће се од 38 до 42 степени.

Кључне речи: млеко, светлост, рефракција, додата вода.

Увод

Густина провидне супстанце се зове оптичка густина. Брзина простирања светлости у некој оптичкој средини зависи од густине те средине и различита је у различитим срединама. Ако је оптичка густина средине већа брзина светлости у њој је мања и обрнуто. Појава да приликом преласка светлосног зрака из једне у другу средину на граничној површини која раздваја те две средине долази до промене правца простирања светлосних зрака се назива преламање светлости. Као најчешћи пример за преламање на граничним површинама између две средине различитих оптичких густина је при преласку светлости из ваздуха у воду. Светлосни зрак који косо пада на мирну површину воде скреће са свог правца при преласку у воду – прелама се. Када светлосни зрак прелази из оптички ређе у гушћу средину, упадни угао је већи од преломног угла – зрак скреће ка нормали (Слика 1).



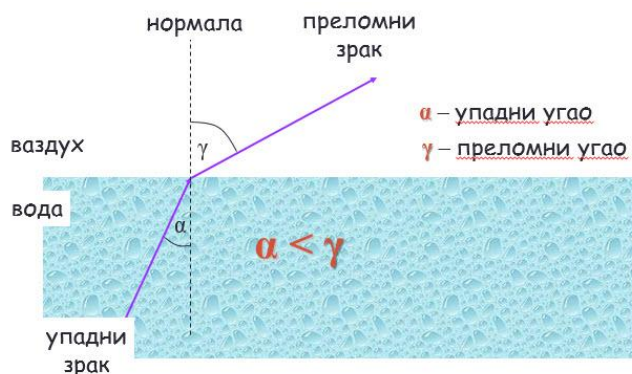
Слика 1. Преламање светлости при преласку из ваздуха у воду

Ако светлосни зрак пада нормално на граничну површину не скреће.



Када светлосни зрак прелази из оптички ређе у гушћу средину, упадни угао је већи од преломног угла– зрак скреће ка нормали (Слика 1).

Насупрот првој појави, када светлосни зрак прелази из оптички гушће у ређу средину, упадни угао је мањи од преломног угла– зрак скреће од нормале (Слика 2).



Слика 2. Преламање светлости при преласку из воде у ваздух

Према Залону преламања светлости:

- упадни зрак, нормала и преломни зрак леже у истој равни
- синуси упадног и преломног угла односе се као брзине светлости у тим срединама

У физици су познате две величине: апсолутни и релативни индекс преламања.

Према дефиницији апсолутни индекс преламања неке средине представља однос брзине светлости у вакууму и у некој датој оптичкој средини. Означава се малим словом n . Једнак је количнику брзине светлости у вакууму и брзине светлости у некој датој средини.

$$n = c_0/c$$

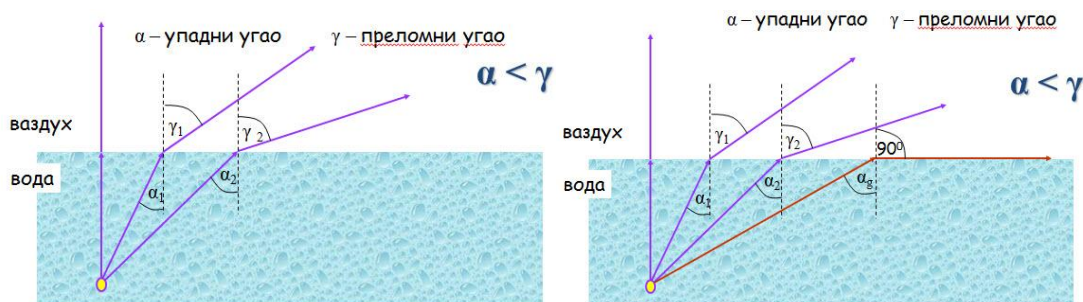
c_0 – брзина светлости у вакууму

c – брзина светлости у ваздуху

средина	вода	лед	алкохол	стакло	кварц	дијамант
n	1,33	1,31	1,36	1,50	1,54	2,42

Релативн индекс преламања представља однос брзина светлости у првој средини и брзина светлости у другој средини где су n_1 и n_2 – апсолутни индекси преламања за прву односно другу средину

Тотална рефлексија је оптичка појава која се јавља кад светлосни зрак долази из оптички гушће средине, а чији је упадни угао већи од граничног угла (одбија се као од равног огледала). Код ове појаве преломни угао је већи од упадног угла- зрак скреће од нормале (Слика 3 и 4).



Слика 3 и 4. Тотална рефлексија

Значај рефрактометрије у хигијени и технологији млека

Рефрактометрија обухвата методе мерења у којима се врши одређивање индекса преламања неке материје или индекса рефракције. Значај се огледа у методи за утврђивање да ли је млеко фалсификовано додавањем воде. Раније се цена млека приликом откупа одређивала на основу количине млека и тада се много више прибегавало фалсификовању млека додавањем воде. Међутим, како су данас на располагању различите методе за утврђивање фалсификовања млека водом као што су одређивање рефракције млечног серума, тачке мржњења и густине учесталост фалсификовања је искључена.

Рефракција се одређује у млечном серуму и зависи од састојака млека, који се налазе у правом раствору, а то су лактоза и део минералних материја чија се концентрација у млеку креће у уским границама. тј. константна је. Просечна вредност за рефракцију млечног серума износи 39, а креће се од 38 до 42. То је број, који се исказује у степенима и одређује се при температури од 17,5°C. Када се у млеко дода вода смањује се концентрација лактозе и минералних материја што има за последицу смањење броја рефракције млечног серума.

Ова метода је веома осетљива и не само да се може квалитативно утврдити да ли је млеко фалсификовано додавањем воде, већ се може и квантитавно утврдити тачна количина додате воде у испитујућем узорку млека.

За одређивање рефракције потребан је млечни серум и призма рефрактометра (Слика 5 и 6).



Слика 5 и 6. Призма рефрактометра за одређивање рефракције млечног серума

Метода се изводи тако што се у већу епрувету са гуменим запушачем кроз који пролази стаклена цевчица, како би се омогућило кондензовање воде на зидовима епрувете сипа 30 ml млека и 0,25 ml CaCl_2 , хомогенизује се и стави 15 минута у водено купатило, које кључа на 100 °C. Ниво воде у воденом купатилу мора да буде изнад нивоа садржаја у



епрувети како би се равномерно загревало. По истеку времена, епрувета се расхлади под млазом хладне воде. После загревања млеко се згруша и издвоји се млечни серум, после отварања епрувете се стакленим штапићем одвоји и садржај се профилира кроз филтер папир. Добијени серум треба да буде бистар и ставља се у чашицу рефрактометра или на призму у зависности од врсте рефрактометра. Кроз окулар се подешава да се светло и тамно поље секу и на скали се читава број (Слика 7). Очитана вредност се означава са R што представља вредност за рефрактометарски број (рефракцију млечног серума) испитаног узорка. Мутан серум може да буде последица неравномерног загревања у воденом купатилу или ако млеко није свеже.



Слика 7. Очитавање резултата

Додата вода у млеко се може квантитативно одредити помоћу следећег обрасца:

$$\% \text{додате воде} = \frac{(39 - R) \times 100}{14}$$

Где је:

R-очитана вредност за рефрактометријски број

30- средња вредност рефрактометарског броја за млеко нормалног хемијског састава

24- разлика рефрактометарског броја млека и воде (39-15=14)

Када се млеко концентрује повежава се рефрактометарски број, па се одређивање индекса рефракције у индустрији млека користи и за одређивање степена згушњавања млека (Катић и Булајић, 2018).

Закључак

Одређивања индекса преламања светлости има примену у методи одређивања рефрактометрије млечног серума у циљу утврђивања да ли је млеко фалсификовано додавањем воде. То је лако доступна и прецизна метода закоју је потребно имати млечни серум и призму рефрактометра. Не само да се може квалитативно одредити присуство воде, већ се може квантитативно и тачно одредити у ком проценту је додата вода.

Напомена: "Рад је подржан средствима Министарства науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије (Уговор број 451-03-136/2025-03/200143)."



Литература

1. Катић Вера, 2017, Практикум из хигијене млека, Ветеринарска комора Србије
 2. Катић Вера и Булајић Снежана, 2018, Хигијена и технологија млека, Научна књига КМД, Београд
 3. Миљковић Вишеслава и Вера Катић, 1989, Приручник лабораторијских анализа и производа од млека, Ветеринарски факултет, Београд.
- Слика 1,2,3 и 4.
<https://fizis.rs/%D0%B3%D0%B8%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D0%B7%D0%B8%D1%98%D0%B0/iii%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%80%D0%B5%D0%B4/%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%98%D1%81%D0%BA%D0%B0-%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0/prelamanje-svetlosti/>
- Слика 5. <https://agro24.rs/shop/stala/oprema-za-telad-junad-i-krave/ostala-oprema-2/refraktometar-kolostrum-metar/>
- Слика 6. <https://www.halooglas.com/poljoprivreda/rucni-poljoprivredni-alati/refraktometar-za-mleko-rhm-612atc-0-20-novo/5425626784041>
- Слика 7. <https://www.halooglas.com/poljoprivreda/rucni-poljoprivredni-alati/refraktometar-za-mleko-rhm-612atc-0-20-novo/5425626784041>

Determination of the refractive index of light - refractometry

Radoslava Savić Radovanović¹ and Teodora Savić²

¹ Faculty of Veterinary Medicine, University of Belgrade, Serbia
orcid: 0000-0002-2419-5936

² Euronews, Serbia

Abstract

The refraction occurs when the light passes from a medium of lower to a medium of higher optical density and this phenomenon is called refraction. The refractive index is used as a measure of light refraction, which is the ratio of the sinus of the incident angle to the angle of refraction. The refractive index of milk is higher than the refractive index of water. The refractive index depends on the components of milk that are in the normal solution (lactose and some mineral substances). It should be eyamines in milk serum and iused to determine whether milk is adulterated by adding water. In practice, the most commonly used refractometer is the refractometer by Abe and the result is expressed in special units, i.e. degrees. The refractive index of milk of normal chemical composition is on average 39, and ranges from 38 to 42 degrees.

Key words: milk, light, refractometry, addition of water





Турбидометрија у фотобиологији – одређивање броја бактерија

Немања Здравковић¹, Радослава Савић Радвановић²

¹Научни Институт за Ветеринарство Србије, Београд, orcid: 0000-0002-3925-4409

² Универзитет у Београду, Факултет ветеринарске медицине, Београд, orcid: 0000-0002-2419-5936,

DOI: <https://doi.org/10.46793/Osvetljenje25.65Z>

Кратак садржај

Турбидометрија представља широко примењивану технику у микробиологији за процену концентрације бактерија у течним културама. Мерењем оптичке густине (ОД) суспензије, истраживачи могу да прате динамику раста микроорганизама, процене ефикасност антимикробних агенаса и анализирају физиолошке одговоре бактерија. Овај рад разматра теоријске основе турбидометрије, методолошки оквир, примену у квантификацији бактерија и њена ограничења, са посебним освртом на антимикробна истраживања и савремене микробиолошке приступе.

Кључне речи: испитивање, инфекција, замућеност, раствор

Увод

Квантификација бактеријских популација представља основу микробиолошких истраживања, клиничке дијагностике и индустријске микробиологије. Традиционалне методе, попут бројања колонија на хранљивим подлогама, иако прецизне, захтевају време и мануелни рад. Турбидометрија нуди брзу, неструктивну алтернативу мерењем замућености бактеријских суспензија, што корелира са концентрацијом ћелија. Ова техника је постала неизоставна у праћењу раста бактерија, евалуацији антимикробних супстанци и оптимизацији биопроцеса.

Турбидометрија се заснива на интеракцији светлости са суспендованим честицама. Када светлосни зрак пролази кроз бактеријску суспензију, ћелије расипају и апсорбују светлост, смањујући интензитет пренесене светлости. Степен атенуације пропорционалан је концентрацији честица, што омогућава индиректну квантификацију бактеријске биомасе. Иако турбидометрија није строго заснована на **Lambert-Beer-овом закону** („**Lambert-Beer-Bouguer**“ - **ов закон**) због ефекта расипања, често се користи модификована форма:

$$A = \epsilon bc, (1)$$

A - адсорбанца, **ϵ** - моларна адсорптивност **b** - дужина оптичког пута, **a** **c** је концентрација

$$I = I_0 * e^{-NL\delta} (2)$$

I_0 – почетна јачина светлости, I – јачина светлости, L – оптичка дебљина, N - концентрација и σ – адсорпциони коефицијент материје.

Овај закон је само теоретска поставка ли у пракси због расипања није много примењив.



Мерења се обично врше на таласној дужини од 600 nm (OD_{600}), која минимизира интерференцију медијума и обезбеђује оптималну осетљивост за бактеријске ћелије.

Спектрофотометријска опрема

Спектрофотометри користе различите изворе светлости: жаруље, живине светиљке, ласере, ЛЕД. а данас најчешће монохроматске изворе светлости и фотодетекторе за мерење ОД у различитим таласним дужинама. За квантификацију бактерија стандардно се користи OD_{600} , иако се у зависности од врсте и медијума могу користити и OD_{540} или OD_{650} . За турбидометријска мерења, културе морају бити хомогено измешане како би се избегла седиментација. Често је потребно разблажење узорка да би се ОД довео у линеаран опсег (обично између 0.1 и 0.8). Калибрационе криве се формирају корелацијом ОД вредности са бројем колонија (CFU/mL) добијеним методом бројања на подлогама. На пример, OD_{600} од 0.5 може одговарати приближно 5×10^8 CFU/mL за „*Escherichia coli*“, у зависности од соја и састава медијума („Maia i sag., 2016“).

Анализа раста бактерија

Турбидометрија се широко користи за конструкцију кривих раста бактерија, које приказују фазе лаг, експоненцијалну, стационарну и фазу смрти. Ово је кључно за разумевање физиологије микроорганизама и одређивање оптималног времена за експерименталне интервенције.

Тестирање антимикробне осетљивости

У антимикробним истраживањима, турбидометрија омогућава брзо тестирање ефикасности супстанци. Поређењем OD_{600} вредности третираних и нетретираних култура током времена, може се проценити да ли супстанца има бактериостатски или бактерицидни ефекат.

Еколошка и индустријска примена

Турбидометрија се користи у тестирању квалитета воде за детекцију микробиолошке контаминације, у праћењу ферментације за процену производње биомасе, као и у микробиологији хране ради обезбеђења безбедности и конзистентности производа.

Турбидометрија има бројне предности у односу на традиционалне методе:

1. Брзина: Резултати се добијају у року од неколико секунди.
2. Недеструктивност: Ћелије остају живе за даљу анализу.
3. Економичност: Потребна је минимална количина реагенса и потрошног материјала.
4. Скалабилност: Погодна за аутоматизоване системе и тестове великог обима.

Упркос корисности, турбидометрија има одређена ограничења:

1. Недостатак специфичности
Турбидометрија не разликује живе од мртвих ћелија. Присуство остатака, преципитата или не-бактеријских честица може допринети ОД вредности, што доводи до прецењене концентрације живих ћелија.



2. Нелинеарност при високим концентрацијама
При високим концентрацијама ћелија долази до нелинеарног расипања светлости, што доводи до zasiћења OD вредности. Разблажење узорка је неопходно за тачна мерења.
3. Варијабилност међу врстама
Морфологија ћелија и индекс преламања утичу на расипање светлости. Калибрационе криве морају бити специфичне за сваки сој и услове гајења.
4. Груписање и формирање биофилма
Агрегација ћелија или формирање биофилма мења начин расипања светлости, што компромитује тачност OD мерења.

Компаративна анализа

Методe бројања живих ћелија, попут бројања колонија, дају директну процену виталних ћелија, али су временски захтевне. Турбидометрија нуди брзу алтернативу, иако захтева калибрацију и не процењује виталност. „McMeekin i sar. (1994)“ су показали да турбидометрија поуздано процењује максималне специфичне стопе раста када се коригује нелинеарност апсорбације. Напредак у развоју преносивих спектрофотометара и 3Д штампаних држача за културе омогућава теренску примену и праћење раста факултативних и анаеробних бактерија у реалном времену. Развијају се алгоритми машинског учења за интерпретацију турбидометријских података, предикцију динамике раста и идентификацију аномалија.

Комбинација турбидометрије са флуоресценцијом или сликовним техникама омогућава симултану процену виталности ћелија, морфологије и метаболичке активности.

Закључак

Турбидометрија представља ефикасну, брзу и економичну методу за квантификацију бактерија у микробиолошким истраживањима. Иако има ограничења у погледу специфичности и тачности при високим концентрацијама, њена примена у комбинацији са другим техникама и савременим технологијама обећава значајан напредак у анализи микроорганизама. Будући развој у области миниатуризације, вештачке интелигенције и хибридних система додатно ће проширити могућности турбидометрије у научним и индустријским апликацијама.

Литература:

1. **Brown, M.** (1980). Photodynamic therapy and microbial sensitivity: A turbidimetric approach. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 6(3), 245–252. <https://doi.org/10.1093/jac/6.3.245>
2. **Maia, A. S., Silva, R. T., & Oliveira, M. F.** (2016). Calibration of optical density for *Escherichia coli* quantification in different media. *Brazilian Journal of Microbiology*, 47(2), 499–505. <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.01.003>
3. **McMeekin, T. A., Olley, J. N., Ross, T., & Ratkowsky, D. A.** (1994). Predictive microbiology: Theory and application. *International Journal of Food Microbiology*, 23(3–4), 241–264. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(94\)90036-1](https://doi.org/10.1016/0168-1605(94)90036-1)



4. **Medical Lab Notes.** (2023). Turbidimetry: Introduction, principle, test requirements, result interpretation, application, and keynotes. *MedicalLabNotes.com*. <https://medicallabnotes.com/turbidimetry-introduction-principle-test-requirements-result-interpretation-application-and-keynotes>
5. **Barbé, B., Corsmit, E., Jans, J., Kaur, K., Baets, R., Jacobs, J., & Hardy, L.** (2022). Pilot testing of the “Turbidimeter”, a simple, universal reader intended to complement and enhance bacterial growth detection in manual blood culture systems in low-resource settings. *Diagnostics*, 12(3), 615. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12030615>
6. **Koch, A. L.** (2007). Growth measurement. In *Methods for General and Molecular Microbiology* (3rd ed., pp. 172–199). American Society for Microbiology Press. <https://doi.org/10.1128/9781555817497.ch9>
7. **Zhang, Y., Wang, Y., & Li, J.** (2020). Development of a low-cost turbidimetric system for rapid bacterial growth detection. *Sensors*, 20(14), 3892. <https://doi.org/10.3390/s20143892>



Проблем осветљења препарата при светлосном микроскопирању у медицинској хистологији

¹Илић Д Вељко,² Радослава Савић Радовановић, ³Павле Д Илић, ⁴Драган В Илић

¹Стоматолошки факултет, Универзитет у Београду, orcid: 0000-0001-8110-148

²Факултет ветеринарске медицине, orcid:0000-0002-2419-5936

³Стоматолошки факултет, Универзитет у Београду,

E mail dr.ilicb@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.46793/Osvetljenje25.69I>

Кратак садржај

Проблем адекватног осветљења хистолошког препарата при микроскопирању може се посматрати из два угла, у односу на сам објекат посматрања и према самој апаратури за микроскопирање. Основни циљ микроскопије је да се претходно адекватно припремљен препарат може посматрати уз примену одговарајућих светлосних параметара. Уколико ови услови нису задовољени само уочавање детаља посматраног објекта биће немогуће или непрецизно тј. нетачно интерпретирано.

Без обзира на комодитет микроскопирајуће опреме односно ниво искуства и вештина корисника, грешке при читавању треба тражити у лошем припремању препарата или у техничким ставкама. Ове друге подразумевају неадекватно осветљење, примену неадекватних филтера као и у самој микроскопској оптици микроскопа.

Најчешће се примењују видљива светлост, УВ светлост и ЛЕД осветљење. „MUSE“ микроскопија (Microscopy Ultra high Speed and Efficiency) је данас најприхватљивије решење јер користи камеру у боји уз опаску да је још увек тешко добити квалитетну слику са таласном дужином испод 270 nm (Pathology News, „MUSE microscopy using UV light to make histology rapid and slide-free“). ЛЕД систем такође има ограничење у смислу позиционирања и доступности погодне таласне дужине што остаје отворен задатак пред стручњацима оптичке физике.

Проблем осветљења препарата при светлосном микроскопирању у медицинској хистологији

Основни циљ микроскопије је да се претходно адекватно припремљен препарат може посматрати уз примену одговарајућих светлосних параметара. Уколико ови услови нису задовољени само уочавање детаља посматраног објекта биће немогуће или непрецизно тј. нетачно интерпретирано.

Проблем адекватног осветљења хистолошког препарата при микроскопирању може се посматрати из два угла, у односу на сам *објекат посматрања* и према самој *апаратури* за микроскопирање.



Анализујући *објекат посматрања* тј. микроскопирања, његова дебљина односно молекулска густина у директној је сразмери са јасноћом слике која се види у микроскопском пољу, односно дигитално, на екрану. Софтверске алатке могу донекле помоћи у резолуцији добијене слике мада је ипак густина препарата пресудна за добијању жељене, високо резолутне слике. При том, откривање ситних детаља на микроскопској слици, нарочито где објекат није хомоген. Такви су углавном хумани препарати који се обрађују у дијагностичкој медицини, нарочито онколошкој, где непримећени детаљи битно могу утицати на доношење исправне дијагнозе од чега зависи следствена терапија и исход лечења.

Анализујући *апаратуру* за микроскопирање примећује се да без обзира на комодитет микроскопирајуће опреме односно ниво искуства и вештину корисника, грешке при читавању треба такође тражити у лошем припремању препарата или у техничким ставкама. Примењене хистолошке течне боје за бојење микроскопских препарата различитих су физикохемијских карактеристика (транслуценција, рефлексја, рефракција итд.) што може дати различит утисак о посматраном препарату нарочито ако се упоређују они од истог супстрата али различите дебљине. Улагање објекта посматрања је најчешће у парафински медијум специфичног индекса преламања који је најчешће константан па код посматрања већег броја истог супстрата (ткива) не утиче битно на добијену микроскопску слику - микрофотографију. Други параметри који могу да ометају квалитет осветљеног објекта би били неадекватно осветљење, примена неадекватних филтера а такође и сама оптичка конструкција микроскопа ¹ („A Lavanya et al.“).

Код микроскопирања се најчешће примењују: 1. *Видљива светлост*, 2. *УВ светлост* и 3. *ЛЕД осветљење*.

1. МУСЕ микроскопија са коришћењем видљивог спектра („Microscopy Ultra high Speed and Efficiency“) је данас најприхватљивије решење јер користи камеру у боји уз опаску да је још увек тешко добити квалитетну слику са таласном дужином испод 270 nm ².
2. МУСЕ техника која користи УВ спектар чини микроскопирање хистолошког препарата брзим и без потребе прављења адекватног исечка (слајда). Ограничење такође настаје због немогућности добијених пресека са прецизно стандардизованим процесом припреме и позиционирања објекта на постољу за микроскопирање. Покровно стакалце не утиче на светлосне параметре при микроскопирању јер је стандардне дебљине и увек истоветног хомогеног стакластог састава. За ову технику микроскопије, првоописану од стране Ферудинија и Ставроса 2015 године ², није потребно правити класичан препарат, а слика се формира релативно брзо. Предност МУСЕ микроскопије над светлосном потврђују и аутори из Калифорније ³
3. ЛЕД техника микроскопирања користи светлосно емитујуће диоде за просветљавање нудећи дуготрајни, енергоефикасни и стабилни извор светлости како за стандардне тако и за напредне технике као што је флуоресцентна микроскопија и



компјутеризовано фазно приказивање ⁴. Питање просветљавања остаје отворено јер се још увек не може обезбедити оптимум контраста, а истовремено висока резолуција слике са равномерно осветљеним објектом посматрања ⁵. ЛЕД систем микроскопирања такође има ограничење у смислу позиционирања и доступности погодне таласне дужине што остаје отворен задатак пред стручњацима оптичке физике.

Литература

1. Lavanya A. et al. Troubleshooters in light microscopy. World Journ of Dentistry. November– Decem 2017,8,6, 511 – 8.
2. Fereidouni F, Datta Mitra A, Demos S, Levenson R. Microscopy with UV surface excitation MUSE for slide-free histology and pathology imaging . Pathology News, Opt Biopsy XIII Towar Real Time Spetrosc Imaging Diagnosis. 2015.
3. Univ of California - Davis Health system. Microscope using UV instead of visible light emerging as diagnostic tool. [www.sciencedaily.com/ releases/2017/1712041](http://www.sciencedaily.com/releases/2017/1712041) Accessed February 17, 2021.
4. World Health Organization, Fluorescence light emitting diode (LED) microscopy for diagnosis of tuberculosis Policy Statement. Geneva, 2011.
5. Yu C. et al. Rapid autofocus method based on LED oblique illumination for metaphase chromosome microscopy imaging system. Photonics 2024, 11, 11, 1091.





ОСВЕТЉЕЊЕ У ХИТНИМ СЛУЧАЈЕВИМА - ТЕРМИНИ И ДЕФИНИЦИЈЕ

Немања Марјановић¹, спец. сизжс., Тамјана Марјановић², дипл. инж. ел.

¹М-ЕЛЕКТРО д.о.о.Београд, *orcid:0009-0003-7052-4475*), ²М-ЕЛЕКТРО д.о.о.Београд *orcid: 0009-0001-4094-9689*,

DOI: <https://doi.org/10.46793/Osvetljenje25.73M>

Кратак садржај

У овом раду се жели указати на потребу праћења развоја и/или измена и усаглашавању израза – термина, из најновијег издања стандарда EN 12566 из 2024 године за област осветљења, и унификације истих већ наведених у издању стандарда SRPS EN 50172:2024 Системи осветљења за евакуацију у хитним случајевима - усвојеног без модификација, а идентичаног са европским стандардом EN 50172:2024. који се чита заједно са EN 1838 из 2024 године, објављеног методом корице, као „СРПС EN 1838- Примена осветљења – Осветљење у случају хитности“ (Lighting application-Emergency lighting), објављеног дана 30 септембра 2024, године.

Овим радом се стручна јавност, ради кратког подсећања, обавештава о могућности да инвеститори, пројектанти, надзорни органи, проверивачи, мерачи и испитивачи, у будућим пројектима осветљења примењују унифициране тј. једнозначне, недвосмислене појмове, најпре међусобно усаглашене у ова три српска стандарда, а ради управљања ризиком тј. спречавања могућих ризика насталих због неусаглашених термина и дефиниција у њима.

УВОД

Институт за стандардизацију у Србији, као равноправни члан Националног електротехночког комитета CENELECA учествовао је у доношењу новог издања европског стандарда EN 50172:2024 [1], а повлачењу издања EN 50172 из 2004 [2] године.

Како се стандард EN 50172:2024, користи заједно са стандардом EN 1838:2021[3], указала се потреба за ревизијом EN 1838:2021, а то ревидирано издање се очекује да буде објављено као СРПС EN 1838:2024). јер је CEN TC169 припремио финални документ европског стандарда Fpr. EN 1838:2024 [4].

Термини и дефиниције дати у стандардима уопште, па и горе поменути ранијих издања, користили су се према издањима стандарда ISO IEC IEV 60845 [5], заснованог на CIE S 017.1 из 1987. [6] године, затим ЈУС Н:А0:845-Осветљење. Термини и дефиниције. Секција I - Величине и јединице из 1995 [7], као и свих 900 термина објављених 1997. године у Међународном електротехничком ИЕЦ Речнику на десет језика: енглески, француски, руски, немачки, шпански, италијански, холандски, пољски, шведски и српски [8]. Српски је дат као десети језик у издању Савезног завода за стандардизацију. IEC речник се односи на термине на српском језику из електротехнике, енергетике и телекомуникација.

После договора ISO, IEC, EN и CIE од 02. јуна 2016. у најновијим издањима ISO 16069: Графички симболи, сигурносни знакови и ознаке за безбедност у систему [9], EN 50171:2024 [10]. и Fpr. EN 1838:2024. позивање у стандардима се врши на речник термина према стандарду EN 12665 [11].

АНАЛИЗА РАЗВОЈА РЕВИЗИЈЕ СТАНДАРДА И ЊИХОВА СЛЕДЉИВОСТ

Анализом објављених издања стандарда EN1838:2021, EN 50171, EN 50172, ISO 7000, ISO 16069, у раду у периоду од 2021 до 2024 указује се на неке измене, нпр:

ИСС - Институт за стандардизацију у Србији, као равноправни члан Националног електротехночког комитета CENELECA учествовао је у доношењу новог издања европског стандарда EN 50172:2024. а повлачењу издања EN 50172 из 2004 године. Избор за термине у њему, који се користио, био је IEC IECV 60050 845:2020.

Затим, преиспитивањем и ревизијом стандарда EN 12665 из 2018. добијено је издање EN12665: ТЕРМИНИ И ДЕФИНИЦИЈЕ из 2024. године.

Да би се постигла усаглашеност са терминима и дефиницијама у издањима ревидираних стандарда за безбедност 2024 године, исти су усклађени и позивају се на термине за осветљење из стандарда EN 12665 од 31. јула 2024. године, те се брише напомена која се односила у предходним издањима на позивање на термине из IEC IECV 60050 845:2020.

УСАГЛАШАВАЊЕ

У стандардима за сигурност и безбедност, брише се напомена о позивању на термине из ISO IECV 60845:2020, а позивање се усмерило на термине из издања EN 12665 из јула 2024.[12] што је и потврђено информацијом у “Саопштењу о проглашавању српског стандарда SRPS EN 12665 из 2024: Европски стандард EN 12665:2024, Light and lighting - Basic terms and criteria for specifying lighting requirements, прихвата се без икаквих модификација као српски стандард SRPS EN 12665 на енглеском језику. Европски стандард може се набавити у Институту за стандардизацију Србије”.

Српски стандард SRPS EN 12665 из 2024. Идентичан је са EN 12665 из јула 2024. „Светлост и осветљење – Основни термини и критеријуми који се односе на утврђивање захтева за осветљење“ (Light and lighting - Basic terms and criteria for specifying lighting requirements).

ЗАКЉУЧАК

Системи осветљења у хитном случају су производи везани за сигурност и безбедност. Њихов тачан учинак може бити сигуран само ако се исти оцењују систематским испитивањем и одржавањем. Конвенционалне технике за тестирање се ослањају на поступке ручног тестирања, и подложни су занемаривању. Ова ограничења конвенционалних техника могу се превазићи аутоматизацијом процеса тестирања. Основно је то да систем аутоматског тестирања за светилке и знакове обавештења инсталација за хитни случај, распоред тестова и правовремено обавештење о кваровима или деградацији перформанси буду поуздани.

Системи за аутоматско тестирање (ATS) ће и даље захтевати и ручне интервенције за исправљање грешака уколико су идентификоване, а процедуре треба поставити на место за такве интервенције. Ови системи пружају информације да помогну корисницима да управљају ризиком над њиховим просторима.

Системи за аутоматско тестирање у случају хитног напуштања, треба да помогне оператеру да показује резултате тестова за зграду који ће бити направљени у прописаним интервалима, без прекидања било којих других услуга напајања. Битно је да ће обавештење о отказу или смањењу карактеристика перформанси бити дато у најкраћем могућем року да би се омогућило напуштање у хитном случају.

Када се има у виду све напред речено, велика је борба мишљења о томе коју филозофију приступа применити:

- да ли прво решавати термине и дефиниције или
- решавати стандарде за опрему, процесе, методе, поступке и процедуре, ради пројектовања, изградње и одржавања тј. израде пројеката, како идејних и извођачких, тако и пројеката изведеног стања (преглед, мерења, контролисања и одржавања), у овако великом послу као што је усвајање термина и значења истих на српском језику.

Ово наводи на потребу активирања сарадње стручног особља на изради ревизије стандарда, свако из своје области и надлежности, да би допринос око припреме за ревизију и уношења усклађених измена у стандардима, убрзало објављивање на српском језику.

БИБЛИОГРАФИЈА

1. EN 50172:2024 [1], користи заједно са стандардом EN1838:2021;
2. EN 50172 из 2004;
3. EN 1838:2021;
4. Fpr. EN 1838:2024;
5. IEC 60050-845:2020, *International Electrotechnical Vocabulary - Chapter 845: Lighting*;
6. CIE S 017:2020, *ILV: International Lighting Vocabulary* (CIE 017.1 из 1987.);
7. ЈУС Н:А0:845-Осветљење.Термини и дефиниције. Секција Величине и јединице, из 1995;
8. Међународни електротехнички ИЕС Речник са десет језика(енглески, француски, руски, немачки, шпански, италијански, холандски. пољски, шведски и српски) из 1997;
9. ISO 16069: Графички симболи, сигурносни знакови и знакови за безбедност у систему;
10. EN 50171:2024;
11. SRPS EN 12665:2024, Светлост и осветљење – Основни термини и критеријуми који се односе на утврђивање захтева за осветљење (IDT EN 12665:2024) (EN 12665:2024 – rev. EN 12665.2018);
12. EN 12665:2024 Light and lighting – Basic terms and criteria for specifying light requirements;

13. SRPS EN 12464-1:2024- Light and lighting - Lighting of work places - Part 1: Indoor work places; Светлост и осветљење. - Осветљење радних места– Део 1: Радна места у затвореном простору
14. SRPS EN 12464-2:2024- Светлост и осветљење. - Осветљење радних места-Део 2: Радна места на отвореном (Light and lighting - Lighting of work places - Part 2: Outdoor work places)
15. SRPS ISO 15469 :2013
16. EN 15193 (all parts), Energy performance of buildings — Energy requirements for lighting
17. EN 17037, Daylight in buildings
18. CIE maintains a terminological database (the e-ILV) at the following adress: <https://cie.co.at/e-ilv04> Available at <https://www.eota.eu/>
19. Саветовање ДОС 2020, Немања Марјановић, спец.сизжс: ISO 8995-3: „Осветљење радних места на отвореном – Захтеви за осветљење, сигурност и безбедност (разлике између издања 2006 i 2019.)
20. ISO 8995-3:2006(E) LIGHTING OF OUTDOOR WORK PLACES - LIGHTING REQUIREMENTS FOR SAFETY AND SECURITY. и ISO 8995-3 издање 2019. године и разлика између издања 2006 i 2019.



Примена мера енергетске ефикасности у јавном осветљењу

Зоран Ковачевић

Универзитет у Крагујевцу, orcid : 0009-0002-5418-2164,

DOI: <https://doi.org/10.46793/Osvetljenje25.77K>

Кратак садржај

Глобални недостатак енергије у свим областима коришћења као и начин њене производње који угрожава животну средину, условљавају нас да преузмемо смањење њене производње и ефикасно коришћење. Ово можемо остварити применом одговарајућих мера енергетске ефикасности којима ћемо постићи одрживост и здраву животну средину, а самим тим сигуран и безбедан живот. Мере енергетске ефикасности у систему јавног осветљења представљају скуп активности које се предузимају како би се побољшао квалитет јавног осветљења, смањила потрошња електричне енергије и трошкови његовог коришћења.

Кључне речи: енергетска ефикасност, јавно осветљење, светиљке, мере

Abstract

The global shortage of energy in all areas of use, as well as the method of its production that endangers the environment, force us to take on the task of reducing its production and using it efficiently. We can achieve this by implementing appropriate energy efficiency measures that will achieve sustainability and a healthy environment, and thus a safe and secure life. Energy efficiency measures in the public lighting system represent a set of activities that are undertaken to improve the quality of public lighting, reduce electricity consumption and the costs of its use.

Key words: energy efficiency, public lighting, lamps, measures

Увод

Развој јавног осветљења почиње од момента када су светиљке на фосилна горива замењене светиљкама које користе електричну енергију[1]. У почетку су коришћене светиљке са инкадесцентним изворима (сијалице са ужареним влакнима) [2,3,4], а касније осамдесетих година двадесетог века почиње комерцијална употреба светиљки са гасним цевима у којима долази до појаве светлости услед пражњења у металним парама и гасовима) [24]. Прве светиљке које се примењују су светиљки са живиним изворима светла (НРМ) ,а затим почетком 21 века светиљке са натријумовим изворима високог притиска (high-pressure sodium - *HPS*) са уделом од 48,5% , затим, са живиним сијалицама високог притиска (high-pressure mercury - *HPM*) са уделом од 38,2%, са натријумовим сијалицама ниског притиска (low-pressure sodium - *LPS*) са уделом од 8,6%) [24]., флуоресцентним сијалицама (*FL*) око 7,7% и метал халогеним сијалицама (metal halide - *MH*) са 2,5% [5,6].



Врхунац у развоју јавног осветљења се постиже појавом LED осветљења чији се рад базира на лед диодама које представљају полупроводни PN спој у ком прикључењем на одређени једносмерни напон долази до рекомбинације електрона из Н споја са шупљинама из П споја, при том долази до протока струје кроз ПН спој при чему долази до емитовања фотона које уочавамо као светлост. Овај тип осветљења нам пружа многе могућности и представља једно од највећих савремених достигнућа. Омогућава нам примену најсавременијих система за даљински надзор и управљање уз коришћење информатичких технологија при чему се остварује велика уштеда електричне енергије и новчаних средстава [7] [8] .

Атрибути јавног осветљења

Атрибути јавног осветљења представља скуп елемената са својим карактеристикама повезаних у једну функционалну целину која чини систем јавног осветљења и који омогућавају његово неометано функционисање и исправан рад. Они представљају скуп повезаних техничких елемената који омогућавају рад јавног осветљења. Поремећајем сваког од ових елемената узрокује неправилан рад система и захтева интервенцију у што краћем року како би систем успоставио стабилан рад и исправност.

Да би изабрали адекватно решење потребно је да идентификујемо атрибуте јавног осветљења ,а након тога да их систематизујемо [huang tema dis][andras-kovacs] . Након дефинисаних атрибута потребно је предложити и анализирати потенцијалне мере за унапређење енергетске ефикасности уз формирање модела за процену њихових техно-економских параметара. Применом предложених мера могуће је смањити потрошњу електричне енергије, а самим тим смањити укупне трошкове у буџету локалних самоуправа. Како би се одабрале мере које су адекватне за одређену локалну самоуправу, неопходно је спровести одговарајућу вишекритеријумску анализу .

.Неки од главних атрибута који одређују на који начин се врши избор одговарајућих мера за унапређење енергетске ефикасности су:

- | | |
|-------------------------|------------------------------|
| 1.тип стуба | 12.тип светлосног извора |
| 2.висина стуба | 13.снага светлосног извора |
| 3.заштита стуба | 14.број светлосних извора |
| 4.напојна ТС | 15.систем за даљински надзор |
| 5.тип напојног кабла | |
| 6.пресек напојног кабла | |
| 7.тип НН мреже | |
| 8.тип светиљке | |
| 9.број светиљки | |



10. висина светиљке

11. висина липе

Дефинисањем атрибута јавног осветљења вршимо њихову систематизацију што се може видети у табелама 1, 2 и 3.

Табела 1

НАЗИВ УЛИЦЕ	БРОЈ СТУБА	ТИП СТУБА	ВИСИНА СТУБА [m]	ЗАШТИТА СТУБА	БРОЈ НАПОЈНЕ ТС
ГРАДА СИРЕНА	2	МЕТАЛНИ	10	ГАЛВАНИЗОВАНИ	47
ГРАДА СИРЕНА	4	МЕТАЛНИ	8	ГАЛВАНИЗОВАНИ	47
ГРАДА СИРЕНА	6	МЕТАЛНИ	8	ГАЛВАНИЗОВАНИ	47
ГРАДА СИРЕНА	8	МЕТАЛНИ	8	ГАЛВАНИЗОВАНИ	47
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	10	МЕТАЛНИ	7	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	12	МЕТАЛНИ	8	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	14	МЕТАЛНИ	7	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	16	МЕТАЛНИ	7	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	18	ДВОСТРУКИ МЕТАЛНИ	10	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	20	ДВОСТРУКИ МЕТАЛНИ	7	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	22	ДВОСТРУКИ МЕТАЛНИ	6	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	24	МЕТАЛНИ	7	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	26	МЕТАЛНИ	6	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	27	МЕТАЛНИ	6	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	29	МЕТАЛНИ	6	ФАРБАНИ	12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	31	БЕТОНСКИ	7,5		12
ЗЗМАЈ ЈОВИНА	32	МЕТАЛНИ		ГАЛВАНИЗОВАНИ	

Табела 2

НАЗИВ ТС	НАПОЈНИ КАБЛ	НН МРЕЖА	ТИП МРЕЖЕ	ТИП СВЕТИЉКЕ	БРОЈ СВЕТИЉКИ
МАЛА ПИЈАЦА				ONYX	1
МАЛА ПИЈАЦА				ONYX	1
МАЛА ПИЈАЦА	PP004X25mm			ONYX	1
МАЛА ПИЈАЦА				ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА				ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА				ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА				ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА	RO PP004X25mm	ДА	СКС	ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА		ДА	СКС	ONYX	1



ВОЈНА БОЛНИЦА		ДА	СКС	ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА		ДА	СКС	ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА		ДА	СКС	ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА		ДА	СКС	ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА		ДА	СКС	ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА		ДА	СКС	ONYX	1
ВОЈНА БОЛНИЦА		ДА	СКС		
ВОЈНА БОЛНИЦА					

Табела 3

ВИСИНА СВЕТИЉКЕ [m]	ВРСТА ЛИРЕ	БРОЈ ЛИРА	ТИП СИЈАЛИЦЕ	СНАГА СИЈАЛИЦЕ [W]	БРОЈ СИЈАЛИЦА
10,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
8,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
8,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
8,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
8,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
9,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
7,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
8	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
11,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
8	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
7	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
8,5	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
7	ЈЕДНОКРАКА		НАТРИЈУМ	250	1
7	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1
6	ЈЕДНОКРАКА	1	НАТРИЈУМ	250	1

Мере за унапређење енергетске ефикасности јавног осветљења

Мере за унапређење енергетске ефикасности јавног осветљења представљају скуп активности које се предузимају како би се побољшао квалитет јавног осветљења, смањила потрошња електричне енергије и смањили трошкови његовог коришћења. Могу се се изабрати кроз инвестициони процес у фази пројектовања или изабрати и применити у току процеса редовног одржавања јавног осветљења. Мере могу бити различите и у зависности од локације на којој се спроводи одговарајући програм или пројекат при чему може бити развијено више сценарија [ŠEMA UL os] [9,10,11]).

Замена постојећих светиљки енергетски ефикасним светиљкама

Једна од првих мера која је примењена била је замена светиљки са изворима светла са ужареним влакнима са светиљкама које су имале изворе светла на бази гасних цеви у



којима светлост настаје услед електричног пражњења у гасу или пари. Ове светиљке се мењају са светиљкама које имају извор светла на бази пражњења електричног лука у живиним парама (НРМ) које су енергетски ефикасније и имају боље светло техничке карактеристике. Примењују се извори светла великих снага од 125 W; 160W; 250; и 400W које имају већи светлосни флуks али и већу потрошњу електричне енергије. Треба истаћи да у периоду до 2016 године године ове светиљке су представљале око 70% свих светиљки на јавном осветљењу због чега је било нужно да се изврши њихова замена како би се смањила потрошња електричне енергије, а самим тим и смањила средства која се троше у градским буџетима.

Замена светиљки са НРМ изворима светла са НРС светиљкама

Почетком 21 века почиње масовна замена постојећих НРМ светиљки са НРС светиљкама. Поред замене ових светиљки врло значајну улогу у енергетској ефикасности чини и компактибилност НРМ светиљки са могућношћу замене извора светла са НРС изворима светла што се може видети у Табели 4. Из ове табеле се може уочити да су НРС светиљке енергетски ефикасније и имају много боље светло техничке карактеристике, светлосни флуks, светлосну ефикасност и знатно мању снагу.

Замена постојећих светиљки LED светиљкама

У последњих десет година долази до наглог усавршавања светлотехничких карактеристика LED светиљки, побољшања светлосне ефикасности, усавршавања дизајна, омогућавају примену најсавременијих технологија за даљински надзор и управљање

по врло повољној цени која је приступачна и корисницима и креаторима јавног осветљења при чему заузимају водећу улогу на савременом тржишту у односу на друге типове осветљења. Све постојеће енергетски неефикасне светиљке у јавном осветљењу и другим областима осветљења се замењују енергетски ефикаснијим LED светиљкама. Такође у Табели 4 се може видети одговарајућа замена НРМ и НРС светиљки LED светиљкама чиме се уочава велика уштеда електричне енергије уз боље светлосне величине [12,13].

Табела 4

НРМ [W]	Φ_s [lm]	НРС [W]	LED [W]
125	6200	70	53
160	8000	100	61
250	12700	150	83
400	22000	250	125



Системи за даљински надзор и управљање

Једна од значајнијих мера енергетске ефикасности система јавног осветљења је примена система за даљински надзор и управљање (Телеменаџмент). Први системи за регулацију потрошње електричне енергије у јавном осветљењу заснивали су се на фото ћелијама које су укључивале и искључивале светиљке са појавом и престанком дневне светлости затим на увођењу двофазног система за укључење и искључење одређених светиљки у току ноћи. Касније осамдесетих година долази до појаве РТК (радио теле команда) и МТК (мрежна тонфреквентна команда). Уређаји са РТК командом помоћу радио таласа бежичним путем преносе телекоманду, а МТК уређаји преносе телекоманду помоћу телеграфски модулисаног тон сигнала суперпонираног на мрежни напон. Мана оба ова система се огледао у томе што нису омогућавали повратне информације о стању инсталација и светиљки у току свог рада.

Увођењем телеменаџмента регулација и управљање инсталацијама јавног осветљења се подижу на виши ниво чиме у сваком тренутку је познато стање сваке светиљке и инсталација, али такође и могућност даљинског управљања у сваком тренутку са повратним информацијама. Систем теле менаџмента се заснива на сегментном контролеру, контролеру светиљке и корисничком интерфејсу.

Врсте мера енергетске ефикасности

У зависности од аспекта и сценарија који се примењују постоје следеће врсте мера енергетске ефикасности:

1. Замена НРМ извора светла са НРС изворима светла
2. Замена НРМ извора светла са LPS изворима светла
3. Замена НРМ извора светла са HL изворима светла
4. Замена НРМ извора светла са FL изворима светла
5. Замена НРМ извора светла са МН изворима светла
6. Замена НРМ извора светла са LED изворима светла
7. Замена НРМ светиљки са НРС светиљкама
8. Замена НРМ светиљки са LPS светиљкама
9. Замена НРМ светиљки са HL светиљкама
10. Замена НРМ светиљки са FL светиљкама



- 11. Замена НРМ светилки са LPS светилкама
- 12. Замена НРМ светилки са МН светилкама
- 14. Замена НРМ светилки са LED светилкама
- 15. Димовање постојећих НРМ светилки
- 16. Замена постојећих НРМ светилки са НРМ светилкама и димовање
- 17. Замена постојећих НРМ светилки са LED светилкама и димовање
- 18. Замена постојећих НРМ светилки са LED светилкама и димовање
- 15. Димовање постојећих LED светилки

Рангирање мера енергетске ефикасности

Мере енергетске ефикасности могу бити различите и у зависности од локације на којој се спроводи одређени програм или пројекат може доћи до више сценарија. Локалне самоуправе често имају ограничене буџете и потешкоће у реализацији пројекта које нису само економске природе. Због тога је потребно предложене мере рангирати и одабрати одрживо решење. Додатни критеријуми (енергетски, економски, еколошки и социјални) требало би да буду укључени у разматрање предложених мера. Значај наведених критеријума може зависити од више фактора, а један од њих је ниво развијености земље.

Закључак

Применом мера енергетске ефикасности можемо уштедети потрошњу електричне енергије и одговарајућих новчаних средстава, али можемо и изабрати и одговарајући модел јавног осветљења уважавајући одговарајуће критеријуме и аспекте.

Литература

- [1] B. Bowers, *Lengthening the Day: a History of Lighting Technology*, Oxford University Press, UK, 1998.
- [2] D. DeLaura, *A brief history of lighting*, Opt. Photonics News (September 2008) 23.
- [3] For an excellent review of electrical lighting, see J.F. Waymouth, *History of light sources*, in: R. Karlicek, et al. (Eds.), *Handbook of Advanced Lighting*
- [4] For an excellent review of incandescent lamps, see M.F. Gendre, *Incandescent lamps*, in: R. Karlicek, et al. (Eds.), *Handbook of Advanced Lighting Technology*, Springer International Publishing, Switzerland, 2017, p.1013.
- [5] Fryc, I.; Czyzewski, D.; Fan, J.; Gál, A.; Tanu, C.D. *The Drive towards Optimization of Road*



Lighting Energy Consumption Based on Mesopic Vision—A Suburban Street Case Study. *Energies* **2021**, *14*, 1175 [6]

Traverso, M.; Domatello, S.; Moons, H.; Rodriguez Quintero, R.; Gama Caldas, M.; Wolf, O.; Van Tichelen, P.; Van Hoof, V.; Geerken, T. *Revision of the EU Green Public Procurement Criteria for Street Lighting and Traffic Signals - Preliminary Report*. Final version. EUR 28622 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. **2017**.

[7]DOE, Energy savings forecast of solid-state lighting in general illumination applications, 2016, available at: https://energy.gov/sites/prod/files/2016/09/f33/energysavingsforecast16_2.pdf.

[8]For an excellent review of incandescent lamps, see M.F. Gendre, Incandescent lamps, in: R. Karlicek, et al. (Eds.), *Handbook of Advanced Lighting Technology*, Springer International Publishing, Switzerland, 2017, p.1013.

[9]Polzin, F., von Flotow, P., Nolden, C.: Modes of governance for municipal energy efficiency services – the case of LED street lighting in Germany. *Journal of Cleaner Production* 139, 133-145 (2016)

[10] Kostic, M., Djokic, L.: Recommendations for energy efficient and visually acceptable street lighting. *Energy* 34, 1565-1572 (2009)

[11] Radulovic D, Skok S, Kirincic V., Energy efficiency public lighting management in the cities, *Energy*, 36 (2011) 1908-1915

[12] Campisi D., Gitto S., Morea D., Economic feasibility of energy efficiency improvements in street lighting systems in Rome, *Journal of Cleaner Production*, 175 (2018) 190-198

[13] Polzin F., Nolden C., von Flotow P., Drivers and barriers for municipal retrofitting activities – Evidence from a large-scale survey of German local authorities, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (2018) 99-108

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

628.9(082)
544.52(082)

САВЕТОВАЊЕ "Осветљење 2025" (52 ; 2025 ; Тара)

Зборник радова / 52. Саветовање "Осветљење 2025", Тара, 4. новембар – 7. новембар 2025. ; [организатор] ДОС [т. ј.] Српско друштво за осветљење ; [уредници Анита Кривошић ... [и др.]]. - Laser print : ДОС [т. ј.] Српско друштво за осветљење, 2025 (Laser print : Laser print). - [8], 84 стр. : илустр. ; 26 cm

Тираж 30. - Стр. [5-6]: Предговор / Зоран Ледински. - Библиографија уз сваки рад. - Abstracts.

ISBN 978-86-908668-0-9

а) Осветљење -- Зборници б) Фотохемија -- Зборници

COBISS.SR-ID 185399561