

**ПРОЈЕКТОВАЊЕ LED РАСВЈЕТЕ
СА ПРИМЈЕРОМ ЈАВНЕ РАСВЈЕТЕ У КОЗАРСКОЈ ДУБИЦИ
LED LIGHTING DESING
WITH CASE STUDY OF KOZARSKA DUBICA STREET LIGHTING**

Дејан Марин, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – Електротехника и рачунарство

Кратак садржај – Овај рад се бави употребом LED технологије расвјете у системима јавне расвјете и начинима спровођења пројеката реконструкције система јавне расвјете, на примјеру општине Козарска Дубица. При томе су објашњени основни принципи рада LED технологије и система јавне расвјете, употреба софтвера за пројектовање и симулацију расвјете, као и анализа оправданости пројекта реконструкције, посматрано са различитих аспеката.

Кључне речи: LED расвјета, јавна расвјета, расвјетни софтвери, енергетска ефикасност

Abstract – This thesis is about the use of LED lighting technology in street lighting systems and ways of implementing the street lighting reconstruction projects on the example of Kozarska Dubica. There are explained the basic principles of LED technology and street lighting systems, the use of lighting softwares for design and simulation of lighting systems, as well as the feasibility analysis of the reconstruction project, viewed from different aspects.

Keywords: LED lighting, street lighting, lighting softwares, energy efficiency

1. УВОД

Савремени трендови намећу високе захтјеве за све аспекте друштва и технологије, па тако и за системе јавне расвјете. Повећање безбједности свих учесника у саобраћају, омогућавање сталне интеракције између људи и истицање естетског аспекта освјетљења, представљају основне циљеве јавне расвјете.

Фокусирајући се на енергетски ефикасну расвјету, смањење потрошње електричне енергије и емисије CO₂, заштиту животне средине, смањење оперативних трошкова и потребе за високим квалитетом освјетљења, потребно је наћи адекватно рјешење за системе јавне расвјете.

LED технологија расвјете представља најраспрострањеније модерно рјешење што се тиче повећања енергетске ефикасности и квалитета освјетљења, у

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био проф. др Владимир Катић.

већини расвјетних система, па тако и у јавној расвјети. Стога, важан дио рада чине опис LED технологије расвјете и начина примјене у системима јавне расвјете, модерне методе управљања LED расвјетом, те преглед софтвера који су способни за пројектовање и симулацију система јавне расвјете.

Поред тога, један од главних циљева рада јесте анализа техничких, економских, еколошких, друштвених и правних аспеката реализације пројекта реконструкције јавне расвјете, користећи примјер система јавне расвјете општине Козарска Дубица.

Поред типичних анализа за материјале ове врсте, додаток чини анализа помоћу расвјетног софтвера, односно доказивање поставке расвјетних тијела на датом примјеру, док се истицање самих карактеристика LED технологије прожима кроз све анализе.

Према томе, рад представља својеврсни водич за пројекте реконструкције система јавне расвјете дат на примјеру реконструкције система јавне расвјете општине Козарска Дубица. При томе су обрађени различити аспекти и предности коришћења LED расвјете, као најповољнијег рјешења за модерне захтјеве који се стављају пред системе јавне расвјете. Поред објашњења типичних корака пројекта реконструкције, омогућено је и упознавање са самом LED технологијом расвјете, и са расвјетним софтверима.

2. ПРИМЈЕНА LED ТЕХНОЛОГИЈЕ У СИСТЕМИМА ЈАВНЕ РАСВЈЕТЕ

Свјетлећа диода (енг. Light Emitting Diode – LED) је полупроводнички извор свјетлости, тачније PN диода која емитује свјетлост када је пропусно поларисана. Када кроз њу тече струја одговарајућег смјера, електрони се рекомбинују са шупљинама, при чему се ослобађа енергија у облику фотона. Овај ефекат се назива електролуминисценција, а боја свјетлости (која зависи од енергије фотона) је одређена енергетском баријером полупроводника, односно коришћеним полупроводничким материјалима.

У пракси, диоде које се користе у системима јавне расвјете су снажне свјетлеће диоде, снаге углавном од 0,5 W па навише, радне струје типично око 350 mA, и јачине свјетлости и до пар стотина lm/W. Уобичајене свјетлеће диоде које се користе као индикатори имају знатно ниже наведене вриједности [1].

2.1. Карактеристике LED расвјетних тијела

LED расвјетна тијела се састоје од скупа пакованих снажних свјетлећих диода које емитују углавном бијелу свјетлост високог квалитета (сличну природној), са могућношћу подешавања јачине и нијанси свјетлости. За остварење предности LED расвјетних система, попут ефикасности, дуготрајности и исплативости битан је квалитет основних дијелова лампи. Сам принцип рада и састав свјетлећих диода омогућује предности LED лампи у односу на друге изворе свјетлости попут брзог достизања пуног сјаја, стално паљење/гашење, непостојање нити, отпорност на ударце, већа ефикасност у хладнијим временским условима, итд.

Конструкција самих LED лампи (слика 1), тј. основни дијелови су најчешће: носач лампе, тијело лампе, хладњак (за одвођење топлоте које производе свјетлеће диоде), драјвер (електрично коло за напајање), LED чипови, сочива (служе за правилно усмјеравање свјетлости).



Слика 1. Изглед LED лампе [2]

Што се тиче техничких карактеристика LED лампи, напредне технологије склапања лампи омогућују високи степен механичке заштите, док квалитет електронског склопа одређује могућност имплементације микрорачунарских система, и остваривање квалитетног освјетљења, комуникационих, информационах, визуелних ефеката расвјете, и сличних захтјева. У односу на друге најчешће коришћене технологије расвјете, као што су инкандесцентне сијалице, штедљиве сијалице (CFL), метал – халидне лампе (МН), и натријумске лампе (натријум под високим притиском – НPS), потребне снаге LED лампи, за исти ниво освјетљености су 2 – 4 пута мање, првенствено због високе ефикасности (lm/W) и могућности прецизног усмјеравања свјетлости [3]. Животни вијек LED лампи је предвидив, и дужи је за 3 – 25 пута од других врста лампи, па чак и више због рјеткости изненадних отказа LED лампи [3]. Због тога, трошкови одржавања LED система расвјете су константни, а исплативост инвестиције дугорочна.

Економски аспекти се могу приказати кроз почетна улагања и потрошњу електричне енергије. Почетна улагања у набавку LED технологије су већа од улагања у стандардне видове расвјете. То је највише због коришћења скувих материјала при изради свјетлећих диода и потребног квалитета осталих дијелова лампи. Међутим, већа ефикасност и дужи животни вијек од других технологија знатно смањују трошкове електричне енергије и одржавања, што током дужег периода коришћења доноси мање укупне трошкове функционисања система јавне расвјете, и

сигуран поврат инвестиције (трошкови рада LED расвјете су 5 пута мањи у односу на инкандесцентне, а 2 пута мањи у односу на штедљиве сијалице) [3].

Еколошке предности се огледају кроз смањену потрошњу електричне енергије и самим тим емисије штетних гасова, и смањено ослобађање топлоте у току рада. Највећа забринутост у вези коришћења LED расвјете је у вези утицаја плаве свјетлости на људско здравље. Правилним усмјеравањем снопа свјетлости и подешавањем интензитета свјетлости, свјетлосно загађење може бити сведено на минимум.

2.2 Методе управљања јавном расвјетом

Паметни системи јавне расвјете представљају прилагодљиве, интерактивне системе, који прилагођавају интензитет свјетлости према кретањима учесника у саобраћају (возила, бициклиста, пјешака) и према типовима расвјетних површина (саобраћајнице, пјешачки прелази, бицикличке и пјешачке стазе, паркинзи итд.). Ови системи омогућују да свака појединачна лампа буде укључена само када је то потребно, када је детектована активност, тј. кретање, а у осталим периодима буде димована (пригушена) или потпуно угашена, али у стању приправности. У односу на стационарне (паљење/гашење по утврђеном распореду) и полустационарне (димовање по утврђеном распореду), паметни системи јавне расвјете захтјевају већи ниво сложености, али и доносе бројне предности попут: повећање енергетске ефикасности, смањење оперативних трошкова, високи степен контроле и управљивости, повећање осјећаја комфора и безбједности, могућност имплементације других функција и система, итд.

Основни дијелови паметних система управљања расвјетом су (слика 2): 1. управљачки центар, 2. IoT протоколи, 3. локале управљачке станице, 4. локални комуникациони протоколи, 5. микроконтролери и сензори.



Слика 2: Управљање системом јавне расвјете [4]

3. СОФТВЕРИ ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ И СИМУЛАЦИЈУ СИСТЕМА ЈАВНЕ РАСВЈЕТЕ

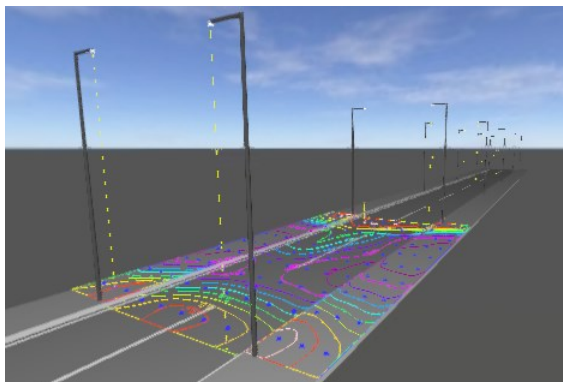
Расвјетни софтвери се, за системе јавне расвјете, користе за анализу фотометрије (начин дистрибуицања свјетлости у простору), 2D и/или 3D пројектовање система расвјете, симулацију различитих сценарија расвјете, итд.

3.1. Особине расвјетних софтвера

Ови софтвери су ефикасни, интуитивни, једноставни за коришћење и омогућују веома квалитетну симулацију и комплексне анализе различитих система расвјете у различитим окружењима и намјенама, без ограничења за величину, облик и особине просторних површина и објеката. Такође, нуде и бројне алате и

функције које омогућују анализу природног освјетљења, анализу различитих фотометријских величина, динамичко прилагођавање расвјете различитим сценаријима, симулације у реалном времену, прорачун у складу са важећим нормама и стандардима, широку базу података и производа, интерактивне методе оптимизације, различите методе прорачуна, флексибилно приказивање резултата (на више начина), компатибилност са другим програмима, увоз/извоз CAD, BIM, сликовних и фотометријских фајлова (садрже податке о свјетлосним карактеристикама расвјетних елемената), писаних докумената, итд.

У суштини, главна сврха расвјетних софтвера је, након завршеног процеса моделовања физичких и фотометријских карактеристика система јавне расвјете, добијање и представљање резултата комбинацијом графичких и нумеричких података. Због тога, најбитније карактеристике расвјетних софтвера представљају моћ програма за извршавање прорачуна и опсег могућности функције рендеринга, која се односи на конвертовање модела у 2D слике. За анализу система јавне расвјете посебно је битна способност за брзе и квалитетне прорачуне, који се извршавају за одређене тачке освјетљених површина, што омогућује једноставност симулација и флексибилно приказивање резултата (слика 3).



Слика 3: Примјер симулације јавне расвјете

3.2. Најпознатији расвјетни софтвери

Од расвјетних софтвера доступних на тржишту, свега четири софтвера су прилагођена у довољној мјери за комплексне анализе система јавне расвјете, без ограничења у вези сложености или величине система. То су AGI32, Visual, DIALux, Relux, те Radiance, који знатно заостаје за наведеним програмима, али је значајан као софтвер отвореног кода и због могућности квалитетног рендеринга. Остали доступни софтвери нису конкурентни наведенима углавном због: застарјелости (не постоје новије верзије и надоградње); могућности им заостају за наведеним расвјетним софтверима; нису прилагођени за анализу система јавне расвјете, и сл.

Програм DIALux је далеко најпопуларнији софтвер за пројектовање и симулацију јавне расвјете, нарочито међу инжењерима. Такође, DIALux је најбољи у категоријама брзине и квалитета добијених резултата за вјештачке изворе свјетлости. Једноставност, компатибилност, широка база произвођача и података,

бесплатна лиценца, подршка и основна обука, само доприносе популарности овог софтвера.

3.3 Кораци при пројектовању јавне расвјете

Основне улазне податке приликом пројектовања система јавне расвјете, у нпр. програму DIALux, чине подаци о путу (профил пута, карактеристике појединачних елемената (трака), класа освјетљености у складу са стандардом, итд.) и подаци о свјетилкама (електричне и фотометријске карактеристике, физички положај у односу на пут и друге свјетилке, итд.).

Након покретања оптимизације, односно прорачуна и евентуалног прилагођавања изабраних параметара система, добијају се резултати, од којих су примарни вредновање одговарајућих величина према изабраној класи освјетљености, и секундарни попут података о потрошњи и енергетској ефикасности, о свјетлосном загађењу и расипању свјетлости, и сл. Након тога се може приступити неком од начина израде резултата.

4. ПРОЈЕКАТ РЕКОНСТРУКЦИЈЕ ЈАВНЕ РАСВЈЕТЕ ОПШТИНЕ КОЗАРСКА ДУБИЦА

Рад тренутног система јавне расвјете општине Козарска Дубица је на незадовољавајућем нивоу, првенствено због мале ефикасности и застарјелости расвјетних тијела, што узрокује велике трошкове рада система, укључујући трошкове потрошње електричне енергије и трошкове одржавања, те смањени квалитет и нарушавање одговарајуће функције јавне расвјете на већини локација. Због тога је неопходна реконструкција целокупног система јавне расвјете, односно замјена расвјетних тијела на свих 3195 прикључних мјеста, тачније 3167 лампи и 28 рефлектора, уз максимално искоришћење осталих дијелова постојећег система расвјете (стубови, напојни водови, итд.).

4.1. Предлог новог рјешења јавне расвјете

Као основа за већину анализа користи се одговарајућа поставка која користи LED расвјетна тијела, чије су снаге и фотометријске карактеристике изабране у складу са функцијом расвјете и поставком стубова на одговарајућој локацији. Што се тиче функције расвјете, за освјетљавање саобраћајница главни критеријум је безбједност учесника у саобраћају; код освјетљења пјешачких површина додатно је укључен и естетски критеријум; док је код декоративног освјетљења главни акценат стављен на наглашавање детаља објекта који се освјетљава. С обзиром на важност функције освјетљавања, пројектовање се врши у складу са одговарајућим стандардима и препорукама за параметре освјетљености појединих категорија путева, а избор лампи треба да буде одговарајући, у смилсу обезбјеђивања довољне освјетљености, правилног распрострањања свјетлости, изгледа лампи, итд.

У Табели 1 је могуће видјети разлику између снага тренутне поставке расвјетних тијела и предложене будуће поставке са LED расвјетним тијелима, изабраним према функцији расвјете и карактеристикама система на одговарајућим локацијама.

Табела 1. *Поређење тренутне и будуће поставке расвјетних тијела*

Тренутна поставка		Будућа поставка	
Снага (W)	Број лампи	Снага (W)	Број лампи
70	1802	15	93
100	305	20	53
125	512	30	903
150	156	40	1721
250	266	65	302
400	28	100	95
		150	28

Потребно је уочити да старе сијалице од, нпр. 70 W, нису замјењене само једним типом LED лампи, већ лампама од 15, 20, 30 и 40 W, зависно од потреба на датој локацији. Исто важи за лампе 100 и 125 W које су замјењене лампама од 30 и 40 W, лампе 150 W са 65 W, и лампе од 250 W са лампама снага 65 и 100 W. Такође, све лампе од 30 W или од 40 W нису међусобно једнаке, него подразумјевају неколико типова лампи, зависно од критеријума, односно захтјева на одређеној локацији.

Доказивање тачности усвојене нове поставке у складу са важећим стандардима и функционалним захтјевима за одговарајуће дијелове система јавне расвјете, извршено је у програму Dialux. Према добијеним резултатима симулације рада система јавне расвјете општине Козарска Дубица са предложеном поставком LED лампи, дато рјешење задовољава све критеријуме и захтјеве с обзиром на снаге лампи, при чему је приликом избора лампи у пракси потребно водити рачуна о оптичким карактеристикама и углу поставки лампи.

4.2. Могуће уштеде коришћењем новог рјешења

Коришћењем нове поставке, смањена је укупна инсталирана снага за 62,61%, а годишња потрошња електричне енергије за 77,34%, и трошкови одржавања за 48,19%, што чини укупно смањење трошкова рада система јавне расвјете на подручју општине Козарска Дубица за 69,17%. Дате вриједности су веома блиске планирам процентима смањења (уобичајено 80% за смањење потрошње). При прорачунима је уважена одлука о употреби димовања као методе уштеде, што је еквивалентно смањењу броја радних сати са садашњих 11 на 8 сати дневно. Процент смањења емисије штетних гасова се поклапа са процентом смањења потрошње (77,34%).

4.3. Извођење пројекта реконструкције

Динамика спровођења пројекта реконструкције обухвата следеће основне кораке:

- спровођење тендера за израду Пројекта реконструкције, и израда и техничка контрола Пројекта,
- припрема и спровођење тендера за набавку кредита,
- припрема и спровођење тендера за набавку лампи,
- демонтажа старих и монтажа нових лампи,

- финална верификација система.

Приликом пројектовања новог рјешења потребно је пратити важеће стандарде и норме за освјетљавање путева, док је приликом самог спровођења пројекта, потребно је задовољити све институционалне и правне аспекте реализације пројекта ове врсте.

5. ЗАКЉУЧАК

LED технологија у данашње вријеме нуди толико велике разлике у уштеди и побољшању квалитета освјетљења у односу на конвенционалне изворе свјетлости, да се намеће као најбоље рјешење за побољшање енергетске ефикасности и остваривање уштеда у раду система јавне расвјете. Уз наведене предности и особине поузданости, дуготрајности и могућности имплементације микрорачунарских система за остваривање паметних начина управљања, могуће је остварити све захтјеве који се стављају пред модерне системе јавне расвјете, у складу са важећим стандардима и критеријумима.

Иако су почетна улагања у LED системе расвјете знатно виша у односу на друге технологије, првенствено због неопходног квалитета механичких дијелова лампи (сочива, напајање, хладњак, заптивање и заштита, итд.), особине попут ниске потрошње, велике поузданости и дуготрајности, доносе вишеструке уштеде у укупним трошковима рада система расвјете током релативно дугог временског периода. Анализом датог примјера је утврђено да је процјењени животни вијек при усвојеним условима рада око 17,5 година, што је знатно дуже у односу на друге технологије расвјете.

У складу са тим, пројекат реконструкције јавне расвјете на подручју општине Козарска Дубица, коришћењем LED технологије расвјете, доноси бројне предности попут уштеда укупних трошкова рада система јавне расвјете (потрошња електричне енергије и трошкови одржавања), поврат инвестиције из планираних уштеда, повећање квалитета освјетљености и остваривање одговарајуће функције јавне расвјете, задовољавање трендова енергетске ефикасности и заштите животне средине, итд.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Light Emitting Diode*, <https://en.wikipedia.org/>
- [2] Web page: <http://www.globalmarket.com/>
- [3] *Light Comparasion*, <https://learn.eartheasy.com/>
- [4] OSRAM AG, „*Street Light Control: Innovative Light Control*“, 2017

Кратка биографија:



Дејан Марин рођен је у Приједору 1991. год. Основне академске студије (ОАС) на Факултету техничких наука из области Електротехнике и рачунарства – Енергетска електроника и електричне машине завршио је 2016. год. Мастер студије (МАС) је уписао школске 2016/2017, а мастер рад одбранио 2018. год..