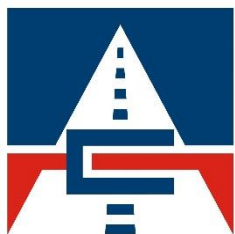




Студија замене постојећих светлосних извора LED изворима са теледиригованим менаџментом



Документ израђен за потребе:



Јавно предузеће
„ПУТЕВИ СРБИЈЕ“, БЕОГРАД

Фебруар, 2018. год.



**СТУДИЈА ЗАМЕНЕ ПОСТОЈЕЋИХ СВЕТЛОСНИХ ИЗВОРА
LED ИЗВОРИМА СА ТЕЛЕДИРИГОВАНИМ
МЕНАЏМЕНТОМ**

ДОКУМЕНТ ЈЕ, НА ОСНОВУ УГОВОРА БРОЈ: 454-1347 ОД 11.12.2017. ГОДИНЕ, ИЗРАЂЕН ЗА ПОТРЕБЕ:

**ЈАВНО ПРЕДУЗЕЋЕ
„ПУТЕВИ СРБИЈЕ“, БЕОГРАД**

САДРЖАЈ

ПРОЈЕКТНИ ЗАДАТАК	7
I. УВОД	7
II. ОБЈЕКТИ	7
III. СТУДИЈА	8
IV. ЗАВРШНЕ НАПОМЕНЕ	9
V СПИСАК ЛОКАЦИЈА	9
1. Законом утврђене обавезе ЈП „Путева Србије“ у области енергетске ефикасности	23
2. Основни појмови у техници осветљења	27
2.1. Фотометријске величине и њихове јединице	27
2.2 Оптичко пројектовање	30
Усмерена рефлексија	31
Дифузна рефлексија	31
Полудифузна рефлексија	31
Мешовита рефлексија	31
Тотална рефлексија	32
2.3 Температура боје	32
Веза између температуре боје и нивоа осветљености	32
Индекс репродукције боја (Colour Rendering Index – CRI)	33
3. Теоријске основе осветљења путева и тунела	34
3.1 Коловозне површине и њихове рефлексионе особине	34
Рефлексионе карактеристике коловозних површина	35
Коефицијент сјајности	35
Опис коловозних површина помоћу табела (редукованог) коефицијента сјајности	37
Класификација сувих коловозних површина	38
R - класификациони систем	38
Влажне коловозне површине	40
3.2 Осветљење путева	41
Основни задаци осветљења путева	41
Постизање добре видљивости	42
Постизање доброг видног комфора	43

Светлотехничке класе путева за моторни и мешовити саобраћај	45
Осветљење ризичних подручја	47
Параметри вредновања фактора квалитета осветљења саобраћајница	49
Стандардни распореди стубова и светиљки	51
Нестандардни распореди светиљки	53
Одржавање система осветљења путева	54
Регулација вредности светлотехничких параметара осветљеног пута	55
Пројектовање осветљења саобраћајница	55
3.3 Осветљење тунела	57
Дуги тунели	58
Системи осветљења тунела	65
Елементи инсталације осветљења тунела	70
3.4 Светиљке за осветљење путева и тунела	72
Ефикасност светиљки за осветљење путева и тунела које су у употреби са аспекта извора светлости	72
СИЕ систем класификације светиљки	76
3.5 Светиљке са LED извором светлости за осветљење путева и тунела	77
3.6 Примери добре праксе коришћења светиљки са LED извором светлости и система телеменаџмента за потребе јавног осветљења	81
Шчећин, Пољска (Szczecin, Poland)	81
Лос Анђелес, САД (Los Angeles, USA)	82
Општина Рибейра, Галиција, Шпанија (Ribeira, Galicia, Spain)	83
Сан Хозе, САД (San José, USA)	84
Зигбург, Немачка (Siegburg, Germany)	85
Копенхаген, Данска (Copenhagen, Denmark)	85
Паленсија, Шпанија (Palencia, Spain)	85
3.7 Списак важећих националних стандарда из области осветљења путева и тунела	87
4. Анализа објекта ЈП „Путеви Србије“ који су предмет студије	90
4.1 Потребни улазни подаци	90
4.2 Методолошки приступ процене вредности параметара од значаја	91
4.3 Трошкови одржавања објекта осветљења саобраћајница и тунела ЈП „Путеви Србије“	93
4.4 Проширен и допуњен табеларни преглед објекта ЈП „Путеви Србије“	93

5.	Избор LED светиљки на примеру огледног пројекта и прорачуна једног типичног објекта ЈП „Путеви Србије“ који су предмет студије.....	112
5.1	Пример огледног пројекта и прорачуна једног типичног објекта ЈП „Путеви Србије“	112
	Подлоге, подаци и захтеви.....	112
	Фотометријски прорачун.....	115
5.2	Резултати прорачуна димензионисање LED светиљки којима се замењују постојеће светиљке са натријумовим извором светлости високог притиска	117
	Светиљке натријумовог извора светлости високог притиска снаге 400 W.....	117
	Светиљке натријумовог извора светлости високог притиска снаге 250 W.....	117
	Светиљке натријумовог извора светлости високог притиска снаге 150 W.....	117
5.3	LED светиљке којима се могу заменити постојеће светиљке са натријумовим извором светлости високог притиска, произвођача „Philips“	118
5.4	LED светиљке којима се могу заменити постојеће светиљке са натријумовим извором светлости високог притиска, произвођача „Minel - Schreder“	119
5.5	Процена трошкова замене и одржавања LED светиљки којима се замењују постојеће светиљке са натријумовим извором светлости високог притиска	119
5.6	Улазни подаци везани за LED светиљке који ће се користити у C-BA	120
6.	Избор система телеменаџмента	121
6.1	Циљеви и захтеви које треба да испуни систем телеменаџмента осветљењем .	121
6.2	Преглед водећих решења у области телеменаџмента осветљењем	122
	Telensa – PLANet	122
	Cimcon Lighting – LightingGale.....	124
	DimOnOff – SMCS	125
	Novaccess – NovaLight	125
	Petrasystems – Intelligent Streetlight.....	126
	Schréder Group – Owllet	127
	Circutor – CirLamp	129
	Philips – CityTouch	131
6.3	Избор решења у области телеменаџмента осветљењем који одговара потребама ЈП „Путеви Србије“	133
6.4	Провера могућности и услови коришћења мреже мобилне телефоније провајдера „МТС“, „VIP“ и „Telenor“	136
	„Benchmarking“ мобилних мрежа који је обављен током септембра и октобра 2017. године.....	141

Упоредни приказ цена за пренос података сва три провајдера	146
7. Анализа трошкова и користи за пројекат замене постојећег осветљења LED осветљењем и увођење телеменаџмента системом осветљења	147
7.1 Анализа трошкова и користи („Cost – Benefit“, C-BA)	147
7.2 Улазни подаци потребни за израду финансијског модела	150
Осветљење саобраћајница.....	150
Осветљење тунела	150
Осветљење саобраћајница и тунела	150
Структура објеката са светиљкама	151
Просечне величине по светиљкама	151
Трошкови одржавања.....	151
Цене LED светиљки произвођача „Philips“	151
Цене LED светиљки произвођача „Minel - Shreder“	152
Цене радова на монтажи и демонтажи	152
Процена трошкова одржавања појединачне LED светиљке је:	152
Трошкови увођења „CityTouch“ система телеменаџмента	152
Трошкови увођења „Owlet“ система телеменаџмента	152
Трошкови увођења „CirLamp“ система телеменаџмента.....	153
Цене приступа за корпоративни APN и мобилни интернет	153
Референтна каматна стопа и дисконтна каматна стопа	153
Просечна стопа инфлације	154
Период евалуације пројекта	154
Стопа реалног раста	154
Курс евра.....	154
7.3 Референтни финансијски модел.....	155
7.4 Први сценарио – инсталација Philips LED светиљки и „CityTouch“ платформе	156
7.5 Други сценарио – инсталација Minel Schreder LED светиљки и Circutor „CirLamp“ платформе.....	156
7.6 Закључак	157

ПРОЈЕКТНИ ЗАДАТАК

I. УВОД

Јавно предузеће "Путеви Србије" (у даљем тексту Наручилац), приступило је побољшању енергетске ефикасности на државним путевима, са пратећим објектима, који су под ингеренцијом Наручиоца, уз смањење трошкова утрошка електричне енергије.

Систем управљања енергијом је систем компатибилан са окружењем, а то значи да се ефикасним поступцима производње, трансформације и потрошње енергије смањује загађење околине, чувају ресурси и новац пореских обвезника.

За потребе смањења трошкова електричне енергије, Наручилац намерава да изradi Студију замене постојећих светлосних извора лед изворима на саобраћајној инфраструктури, пратећим објектима и свим осталим објектима под ингеренцијом Наручиоца.

Сходно савременим стандардима за унапређење енергетске ефикасности и препорукама, Наручилац донео је одлуку о предузимању неопходних техничких захвата са намером смањења утрошка електричне енергије, како из економског разлога, тако и из еколошког.

Сходно горе наведеном Наручилац намерава да распише Јавну набавку на основу које ће изабрати Обрађивача који ће у целости реализовати све захтеве дефинисане овим Пројектним задатком.

II. ОБЈЕКТИ

Под објектима подразумевају се сви објекти, који су под ингеренцијом Наручиоца, који поседују изворе вештачког осветљења прикључени на дистрибутивну електро енергетску мрежу за које Наручилац плаћа рачуне ЕПС-у.

Под ингеренцијом Наручиоца је 176 различитих објеката који на директан или посредан начин троше електричну енергију. Објекте можемо да разврстамо у следеће групе:

- a) Јавна расвета;
- b) Светлосна сигнализација;
- c) Тунели са осветљењем, вентилацијом и осталим потрошачима;
- d) Наплатне рампе са припадним објектима;
- e) Административно-пословни објекти;
- f) Објекти у власништву Наручиоца који су издати трећим лицима,

Обрађивач у сарадњи са стручним службама Наручиоца неопходно је да сагледа све наведене објекте и да изради предметну Студију.

Студија са одговарајућим анализама и истраживањима, представљаће основ за израду техничке документације и реализацију (извођење, уходавање и увођење у експлоатацију, "on" и „off line" праћење потрошње енергије, одржавање итд.).

Неопходно је да се Студија изради мултидисциплинарно са одговарајућим учешћем свих специјалистичких фаза (саобраћајци, архитекте, машински инжењери, електро енергетичари и инжењери телекомуникација) за сваки објекат, односно локацију, и у истим се морају имплементирати релевантни подаци на целокупној територији Републике Србије.

Обрађивач је у обавези да, сходно усвојеном списку објеката, спроведе истражне радње и обиђе сваки објекат, сагледа постојеће стање објекта и сагледа место и начин прикључка на електрични извор и изради неопходне подлоге на основу којих се може дати релевантно техничко решење за смањење трошкова енергије и начин "on-line" праћења трошкова у сваком моменту са одговарајућим извештајима менаџменту Наручиоца.

Резултате истражних радњи презентирати и критички анализирати по свакој наведеној тачки.

На основу усвојених подлога Наручилац намерава да приступи изради Идејног пројекта и Студије изводљивости.

Након израде сваке фазе, према овом Пројектном задатку, Корисник ће извршити интерну стручну контролу Студије и одређену рецензију. Пројектант је дужан да поступи по оправданим примедбама Наручиоца.

Под објектима подразумевају се сви објекти, који су под ингеренцијом Наручиоца, који поседују изворе вештачког осветљења прикључени на дистрибутивну електро енергетску мрежу за које Наручилац плаћа рачуне ЕПС-у.

III. СТУДИЈА

На основу усвојене документације из претходног поглавља и дефинисаних подлога приступа се изради Студије која ће обухватити:

1. Типове постојећих светиљки сортирано по врсти објеката са техничким карактеристикама;
2. Дати предлог замене одређене врсте светлећих извора савременим уз презентацију нивоа уштеде;
3. Дефинисање начина даљинске контроле електричних параметара објеката (напон, струја, тренутна, дневна и месечна потрошња активне и реактивне снаге, $\cos \varphi$) објеката и припадних извора светлости;

4. На основу обрађене тачке 2 дефинисати начин контроле ефеката замене постојећих светлосних извора новим за потребе уштеде електричне енергије;
5. Извршити анализу оптерећења уз критички осврт на ефекте;
6. Дефинисати начин "on line" преноса података до централне финансијске службе која ће пратити ефекте уштеда и вршити контролу трошкова електричне енергије;

Комплетна техничка документација (са деловима 1 до 6), треба да омогући сагледавање ефеката замене постојећих светлосних извора новим како са аспекта уштеде електричне енергије тако и са светлотехничког аспекта и аспекта одржавања.

IV. ЗАВРШНЕ НАПОМЕНЕ

Студију доставити у електронској форми у 3 примерка (CD) као и 3 примерка у папирној верзији (hardcopy).

Рок израде је 60 дана од дана закључења уговора.

V СПИСАК ЛОКАЦИЈА

Ре д. Бр.	ТС	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Категорија потрошње
1	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ПАНЧЕВАЧКИ ПУТ 221	ПАЛИЛУЛА	БЕОГРАД-ПАЛИЛУЛА	27842	Комерцијално снабдевање ниски напон
2	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ПАНЧЕВАЧКИ ПУТ 163	ПАЛИЛУЛА	БЕОГРАД-ПАЛИЛУЛА	27838	Комерцијално снабдевање ниски напон
3	АУТОПУТ БГД-НИШ	АУТОПУТ БГД-НИШ			Корекција	Комерцијално снабдевање ниски напон
4	ПАНЧЕВАЧКИ ПУТ	ПАНЧЕВАЧКИ ПУТ	ПАЛИЛУЛА	БЕОГРАД-ПАЛИЛУЛА	Корекција	Комерцијално снабдевање ниски напон
5	СЕМАФОР ПАНЧЕВАЧКИ ПУТ ББ КРЊАЧА	ПАНЧЕВАЧКИ ПУТ	ПАЛИЛУЛА	БЕОГРАД-ПАЛИЛУЛА	8151	Комерцијално снабдевање ниски напон
6	СЕМАФОР-ПАНЧЕВАЧКИ ПУТ ББ КРЊАЧА	ПАНЧЕВАЧКИ ПУТ	ПАЛИЛУЛА	БЕОГРАД-ПАЛИЛУЛА	8182	Комерцијално снабдевање ниски напон

Ре д. Бр.	ТС	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Категорија потрошње
7	СЕМАФОР-БРАНКА МОМИРА 2 КРЊАЧА	БРАНКА МОМИРОВА	ПАЛИЛУЛА	БЕОГРАД-ПАЛИЛУЛА	8097	Комерцијално снабдевање ниски напон
8	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	МОСТ НА ДУНАВУ	СМЕДЕРЕВО	СМЕДЕРЕВО	01090647	Комерцијално снабдевање ниски напон
9	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ОРЕШАЦ М 24, ТС МИРА СТУПИЦА	СМЕДЕРЕВО	СМЕДЕРЕВО	6152197	Комерцијално снабдевање ниски напон
10	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	РАСВЕТА М 24, СТУБНА МКС	СМЕДЕРЕВО	СМЕДЕРЕВО	6129794	Комерцијално снабдевање ниски напон
11	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	КОЛАРСКИ ПУТ М 24, ТС ЗАБРАН	СМЕДЕРЕВО	СМЕДЕРЕВО	6119785	Комерцијално снабдевање ниски напон
12	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ПЕТЉА	ПЕТРИЈЕВО	СМЕДЕРЕВО	00000147	Комерцијално снабдевање ниски напон
13	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ РАСКРСНИЦЕ	ОБИЛИЋЕВА 1	БОЉЕВАЦ	БОЉЕВАЦ	30002	Комерцијално снабдевање ниски напон
14	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ БЕОГРАД ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ	ДРАГИШЕ ПЕТРОВИЋА 100	БОЉЕВАЦ	БОЉЕВАЦ	30019	Комерцијално снабдевање ниски напон
15	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ РАСКРСНИЦЕ	ПЕРЕ РАДОВАНОВИ ЋА 1	БОЉЕВАЦ	БОЉЕВАЦ	029835	Комерцијално снабдевање ниски напон
16	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ КОД АМСС	КУЧАЈСКА ББ	БОЉЕВАЦ	БОЉЕВАЦ	3985333	Комерцијално снабдевање ниски напон
17	ЈР АУТОПУТ М-5 КОД СЕЛА ЛУКОВА	ЛУКОВО ББ	ЛУКОВО	БОЉЕВАЦ	157452	Комерцијално снабдевање ниски напон
18	ТУНЕЛ СТРМЕН	КОТ ББ	МЕТОВНИЦА	БОР	1821163	Комерцијално снабдевање ниски напон

Ре д. Бр.	ТС	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Категорија потрошње
19	РС ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ НАПЛАТНА СТАНИЦА	ДОЉЕВАЦ ББ	ДОЉЕВАЦ	ДОЉЕВАЦ	070256	Комерцијално снабдевање ниски напон
20	РС ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ НАПЛАТНА РАМПА	СЕМОДГ ЈУЛА 6	МЕДИЈАНА	НИШ-МЕДИЈАНА	8060472	Комерцијално снабдевање ниски напон
21	РС ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ НАПЛАТНА РАМПА	БУЛЕВАР ДВАНАЕСТИ ФЕБРУАР 999	ЦРВЕНИ КРСТ	НИШ-ЦРВЕНИ КРСТ	8090252	Комерцијално снабдевање ниски напон
22	РС ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ ЧЕОНА НАПЛАТНА	ТРУПАЛЕ ББ	ТРУПАЛЕ	НИШ-МЕДИЈАНА	70829	Комерцијално снабдевање ниски напон
23	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ГЕНЕРАЛА ТРАНИЈЕА 13/А	МЕДИЈАНА	НИШ-МЕДИЈАНА	17142609	Комерцијално снабдевање ниски напон
24	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ГЕНЕРАЛА ТРАНИЈЕА 13/А	МЕДИЈАНА	НИШ-МЕДИЈАНА	8088763	Комерцијално снабдевање ниски напон
25	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ЦРВЕНА РЕКА ББ	ЦРВЕНА РЕКА	БЕЛА ПАЛАНКА	5463706	Комерцијално снабдевање ниски напон
26	МИНИСТАРСТВО САОБРАЋАЈА ВЕЗЕ ДИР.ЗА ПУТ.ИЗЛ.	ПОЉСКА РЖАНА ББ	ПОЉСКА РЖАНА	ПИРОТ	8046084	Комерцијално снабдевање ниски напон
27	БУВ - ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ УЛАЗНА ПЕТЉА ПИРОТ	ВОЈВОДЕ МИШИЋА ББ	ПИРОТ	ПИРОТ	406	Комерцијално снабдевање ниски напон
28	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ЗА ПЕЉУ ГРАДИШТЕ	БУЛЕВАР КРАЉА АЛЕКСАНДРА 282	ЗВЕЗДАРА	БЕОГРАД-ЗВЕЗДАРА	1498838	Комерцијално снабдевање ниски напон
29	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ПЕТЉА АЛЕКСАНДРОВО	МЕРОШИНА ББ	МЕРОШИНА	МЕРОШИНА	81340	Комерцијално снабдевање ниски напон
30	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ЈАСИКА	ЈАСИКА	КРУШЕВАЦ	2709111	Комерцијално снабдевање ниски напон

Ре д. Бр.	ТС	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Категорија потрошње
31	ЈАВНА РАСВЕТА М22/М4 ЋЕЛИЈЕ	РАСКРСНИЦА ЋЕЛИЈЕ 0	ЋЕЛИЈЕ	ЛАЈКОВАЦ	843	Комерцијално снабдевање ниски напон
32	ЈАВНА РАСВЕТА ВЕЛИКИ ЦРЉЕНИ КОД ОБРЕНА	ИБАРСКИ ПУТ 0	ВЕЛИКИ ЦРЉЕНИ	БЕОГРАД-ЛАЗАРЕВАЦ	329	Комерцијално снабдевање ниски напон
33	ЈАВНА РАСВЕТА	КОД ХОТЕЛА 0	ЉИГ	ЉИГ	81009	Комерцијално снабдевање ниски напон
34	ЈАВНА РАСВЕТА	РАВНОГОРСКА 0	ЉИГ	ЉИГ	81007	Комерцијално снабдевање ниски напон
35	СЕМАФОРИ ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ПРЊАВОР 0	ПРЊАВОР	ШАБАЦ	7309379	Комерцијално снабдевање ниски напон
36	УЛИЧНА РАСВЕТА ТС НОВИ МОСТ (Ј.П.П.С.)	М.ЗВОРНИК 0	М.ЗВОРНИК	МАЛИ ЗВОРНИК	3758159	Комерцијално снабдевање ниски напон
37	ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ	МИЛОША ОБИЛИЋА 123	ЧАЧАК	ЧАЧАК		Комерцијално снабдевање ниски напон
38	ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ/ТС ЗАНАТ	ВОЈВОДЕ МИЛАНА 0	Г.МИЛАНОВАЦ	ГОРЊИ МИЛАНОВАЦ	374461	Комерцијално снабдевање ниски напон
39	ЈАВНА РАСВЕТА-ПРЕЉИНА	ПРЕЉИНА ББ	ПРЕЉИНА	ЧАЧАК	50109	Комерцијално снабдевање ниски напон
40	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ, ЈАВНА РАСВЕТА	БУЛЕВАР ОСЛОБОДИЛАЦА ЧАЧКА ББ	ЧАЧАК	ЧАЧАК	113425	Комерцијално снабдевање ниски напон
41	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ, ЈАВНА РАСВЕТА ЦРПНА СТ.	БУЛЕВАР ОСЛОБОДИЛАЦА ЧАЧКА ББ	ЧАЧАК	ЧАЧАК	152202	Комерцијално снабдевање ниски напон
42	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ, ЈАВ. РАС.БРАЋА СТАНИЋ	БУЛЕВАР ОСЛОБОДИЛАЦА ЧАЧКА ББ	ЧАЧАК	ЧАЧАК	152201	Комерцијално снабдевање ниски напон
43	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ, ЈАВНА РАСВЕТА	БЕЉИНА ББ	ЧАЧАК	ЧАЧАК	119914	Комерцијално снабдевање ниски напон

Ре д. Бр.	ТС	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Категорија потрошње
44	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ, ЈАВНА РАСВЕТА	БУЛЕВАР ОСЛОБОДИЛ АЦА ЧАЧКА ББ	ЧАЧАК	ЧАЧАК	109598	Комерцијално снабдевање ниски напон
45	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ, ЈАВНА РАСВЕТА	ПАРМЕНАЦ ББ	ЧАЧАК	ЧАЧАК	119913	Комерцијално снабдевање ниски напон
46	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ, ЈАВНА РАСВЕТА КОЊЕВИЋИ	БУЛЕВАР ОСЛОБОДИЛ АЦА ЧАЧКА ББ	ЧАЧАК	ЧАЧАК	140100	Комерцијално снабдевање ниски напон
47	ТС НОВИ МОСТ/345/ЈАВНА РАСВЕТА	НОВИ МОСТ-77-ШАБАЦ 0	ШАБАЦ	ШАБАЦ	2098873	Комерцијално снабдевање ниски напон
48	УЛАЗНО-ИЗЛАЗНА ПЕТЉА ТС ЈОВИЋЕВИЋИ	КЊАЗА МИЛОША 0	ПОЖЕГА	ПОЖЕГА	1738564	Комерцијално снабдевање ниски напон
49	УЛАЗНО-ИЗЛАЗНА ПЕТЉА ТС РАКЕТА	МИЛОВИЋА ЛИВАДЕ 0	ПОЖЕГА	ПОЖЕГА	2766179	Комерцијално снабдевање ниски напон
50	ЈАВНО ПРЕЋУЗЕЋЕ ПУТЕВИ СРБИЈЕ	КРАЉЕВИ КОНАЦИ ББ	ЗЛАТИБОР	ЧАЈЕТИНА	291313	Комерцијално снабдевање ниски напон
51	ТС ЈАВНА РАСВЕТА РАСКРСНИЦА ЧЕЛАРЕВО	ОБИЛАЗНИЦА СТС М7 Б.ПАЛАНКА-ГАЈДОБРА	БАЧКА ПАЛАНКА	БАЧКА ПАЛАНКА	5606	Комерцијално снабдевање ниски напон
52	ТСЈАВНА РАСВЕТА РАСКРСНИЦА КАРАДЈОРДЈЕВО	СТС М18 ОБИЛАЗНИЦА Б.ПАЛАНКА-КАРАДЈОРДЈЕВО	КАРАЂОРЂЕВО	БАЧКА ПАЛАНКА	2687	Комерцијално снабдевање ниски напон
53	ЈР МБТС КАЧКА ПЕТЉА	НА ЗРЕЊАНИНСКОМ ПУТУ	НОВИ САД	НОВИ САД	37201	Комерцијално снабдевање ниски напон
54	РАСКРСНИЦА ПУТЕВА	НИКОЛЕ ТЕСЛЕ ББ	ЖАБАЉ	ЖАБАЉ	6035931	Комерцијално снабдевање ниски напон
55	РТС -1	ВОЖДА КАРАЂОРЂА ББ	СЕЧАЊ	СЕЧАЊ	21080215030	Комерцијално снабдевање ниски напон
56	РАСВЕТА МОСТА НА РЕЦИ БОСУТ	АУТО-ПУТ	АДАШЕВЦИ	ШИД	8091838	Комерцијално снабдевање ниски напон

Ре д. Бр.	ТС	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Категорија потрошње
57	ОСВЕТЉЕЊЕ НА МОСТУ	Н.Н. ББ	ТИТЕЛ	ТИТЕЛ	2191696	Комерцијално снабдевање ниски напон
58	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ОРАШКА	ВЕЛИКА ПЛАНА	ВЕЛИКА ПЛАНА	00042469	Комерцијално снабдевање ниски напон
59	МОСТ НА ДУНАВУ ВОЈВОДИНАПУТ	ДУНАВ ББ	БЕЗДАН	СОМБОР	91269078	Комерцијално снабдевање ниски напон
60	ЈП РАСВЕТА МОСТА	Ј.РАСВЕТА МОСТА	БОГОЈЕВО	ОЏАЦИ	1786214	Комерцијално снабдевање ниски напон
61	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ-ПЕТЉА МАРКОВАЦ	8.ОКТОБАР	МАРКОВАЦ	ВЕЛИКА ПЛАНА	00042516	Комерцијално снабдевање ниски напон
62	ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ ДЕОНИЦА М-13	ЦИГАНСКА МАХАЛА ББ	ПРЕКОДОЛЦЕ	ВЛАДИЧИН ХАН	216468	Комерцијално снабдевање ниски напон
63	ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ ДЕОНИЦА М-13	ЦИГАНСКА МАХАЛА ББ	ПРЕКОДОЛЦЕ	ВЛАДИЧИН ХАН	216463	Комерцијално снабдевање ниски напон
64	ЈАВНА РАСВЕТА НА ПЕТЉИ	НИКОЛЕ ТЕСЛЕ ББ	ВЛАДИЧИН ХАН	ВЛАДИЧИН ХАН	163404	Комерцијално снабдевање ниски напон
65	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ОСВЕТЉЕЊЕ ПУТА УЛАЗ У	НИКОЛЕ ПАШИЋА 300	ЗАЈЕЧАР	ЗАЈЕЧАР	345067	Комерцијално снабдевање ниски напон
66	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ШАРГАН ББ	КРЕМНА	УЖИЦЕ	10622244	Комерцијално снабдевање ниски напон
67	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ БЕОГРАД (РАМПА)	РАМПА ЂУПРИЈА 0	ЂУПРИЈА	ЂУПРИЈА	7964	Комерцијално снабдевање ниски напон
68	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	БИВОЉЕ ББ	БИВОЉЕ	КРУШЕВАЦ	805408	Комерцијално снабдевање ниски напон
69	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	СТУПЧЕВИЋИ ББ	АРИЉЕ	АРИЉЕ	330587	Комерцијално снабдевање ниски напон
70	НАПЛАТНА СТАНИЦА	ПРЕМА СРБОБРАНУ	ВРБАС	ВРБАС	1707	Комерцијално снабдевање ниски напон
71	НАПЛАТНА СТАНИЦА ЗМАЈЕВО Е 75	АУТОПУТ	ЗМАЈЕВО	ВРБАС	17377	Комерцијално снабдевање ниски напон

Ре д. Бр.	ТС	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Категорија потрошње
72	МОСТ БЕШКА	ДУНАВСКА ОБАЛА ББ	БЕШКА	ИНЂИЈА	74154	Комерцијално снабдевање ниски напон
73	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ СТС 46	АУТОПУТ Е75 ББ	БАЧКИ ВИНОГРАДИ	СУБОТИЦА	041596	Комерцијално снабдевање ниски напон
74	НАПЛАТНА РАМПА ПЕТЉА БЕШКА	АУТОПУТ Е-75	БЕШКА	ИНЂИЈА	7759;2465 3	Комерцијално снабдевање ниски напон
75	НАПЛАТНА СТАНИЦА ШИМАНОВЦИ	АУТОПУТ /М-1	КРЊЕШЕВЦИ	СТАРА ПАЗОВА	70737;711 56	Комерцијално снабдевање ниски напон
76	ШИМАНОВАЧКА ПЕТЉА - ТС И	АУТОПУТ ББ	КРЊЕШЕВЦИ	СТАРА ПАЗОВА	71200	Комерцијално снабдевање ниски напон
77	НАПЛАТНА РАМПА, МБТС 20/0,4 КВ	АУТОПУТ /ББ	ПЕЋИНЦИ	ПЕЋИНЦИ	71009;705 38	Комерцијално снабдевање ниски напон
78	НАПЛАТНА РАМПА, МБТС 10/0,4 КВ	АУТОПУТ /ББ	РУМА	РУМА	71075	Комерцијално снабдевање ниски напон
79	ТС 10/0,4 КВ НАПЛАТНА РАМПА РАСТ	АУТОПУТ Е-	СТАРА ПАЗОВА	СТАРА ПАЗОВА	71092	Комерцијално снабдевање ниски напон
80	МБТС 20/0.4 КВ НАПЛАТНА РАМПА ПЕТУА ШИД	АУТОПУТ ББ	АДАШЕВЦИ	ШИД	1649	Комерцијално снабдевање ниски напон
81	МБТС 20/0.4КВ НАПЛАТНА РАМПА СРЕМСКИ	АУТО-ПУТ	АДАШЕВЦИ	ШИД	1687	Комерцијално снабдевање ниски напон
82	НАПЛАТНА РАМПА КУЗМИН	АУТО-ПУТ	КУЗМИН	СРЕМСКА МИТРОВИЦА	1807	Комерцијално снабдевање ниски напон
83	НАПЛАТНА РАМПА СРЕМСКА МИТРОВИЦА	АУТО-ПУТ ББ	СРЕМСКА МИТРОВИЦА	СРЕМСКА МИТРОВИЦА	1805	Комерцијално снабдевање ниски напон
84	МОСТ НА ДУНАВУ	ДУНАВСКА ББ	БЕШКА	ИНЂИЈА	11382	Комерцијално снабдевање ниски напон
85	ДИРЕКЦДА ЗА ПУТЕВЕ-СЕКТОР СЕВЕР	БУЛ. КРАЉА ПЕТРА И 28/Б	НОВИ САД	НОВИ САД	2665979	Комерцијално снабдевање ниски напон

Ре д. Бр.	ТС	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Категорија потрошње
86	ПОКРАЈИНСКА ЗАЈЕДНИЦА ЗА ПУТЕВЕ	МИЛЕТИЋЕВА	НОВИ САД	НОВИ САД	2287698	Комерцијално снабдевање ниски напон
87	НАПЛАТНА РАМПА ТС ЧСН НОВИ САД - СЕВЕ	АУТОПУТ Е 75 - СЕВЕР	НОВИ САД	НОВИ САД	10628172	Комерцијално снабдевање ниски напон
88	НАПЛАТНА РАМПА ТС ЧСН НОВИ САД - ЈУГ	АУТОПУТ Е 75 - ЈУГ	НОВИ САД	НОВИ САД	37204	Комерцијално снабдевање ниски напон
89	ОСВЕТЉЕЊЕ ТС ПЕТЉА НС - ЦЕНТАР	АУТОПУТ Е 75 - Темерински пут	НОВИ САД	НОВИ САД	37195	Комерцијално снабдевање ниски напон
90	ПУНКТ ЗИМСКЕ СЛУЖБЕ ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ПЕТЉА АУТОПУТА ББ	НОВИ БАНОВЦИ	СТАРА ПАЗОВА	10633647	Комерцијално снабдевање ниски напон
91	ШИМАНОВАЧКА ПЕТЉА - ТС ИИ	АУТО-ПУТ ББ	КРЊЕШЕВЦИ	СТАРА ПАЗОВА	70603	Комерцијално снабдевање ниски напон
92	ПЕТЉА ИНЂИЈА - АУТОПУТ БЕОГРАД-НОВИ САД	АУТО-ПУТ Нови Сад ББ	ИНЂИЈА	ИНЂИЈА	10630623	Комерцијално снабдевање ниски напон
93	ПЕТЉА МАРАДИК-АУТОПУТ БЕОГРАД-НОВИ САД	АУТО-ПУТ Нови Сад ББ	МАРАДИК	ИНЂИЈА	10637602	Комерцијално снабдевање ниски напон
94	ТС ПЕТЉА НОВИ САД-СЕВЕР - ОДРЖАВАЊЕ	АУТОПУТ Е 75 - Нови Сад СЕВЕР	НОВИ САД	НОВИ САД	10616771	Комерцијално снабдевање ниски напон
95	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ОДЕЉЕЊЕ ЗА ПУТАРЕ	ЉУБЕ ЧУПЕ 5	ЗВЕЗДАРА	БЕОГРАД-ЗВЕЗДАРА	20135	Комерцијално снабдевање ниски напон
96	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ЈАВНА РАСВЕТА ЗА ПЕТЉУ	АУТОПУТ Е75 деоница Батајнца-Добановци	САВСКИ ВЕНАЦ	БЕОГРАД-САВСКИ ВЕНАЦ	21676	Комерцијално снабдевање ниски напон
97	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ГРОБЉЕ ОРЛОВАЧА 2	РАКОВИЦА	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	249829	Комерцијално снабдевање ниски напон
98	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ГРОБЉЕ ОРЛОВАЧА 3	РАКОВИЦА	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	229794	Комерцијално снабдевање ниски напон

Ре д. Бр.	ТС	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Категорија потрошње
99	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ МЕРНО МЕСТО 4	ГРОБЉЕ ОРЛОВАЧА 4	РАКОВИЦА	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	52377; 223793	Комерцијално снабдевање ниски напон
100	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ МЕРНО МЕСТО 1	ГРОБЉЕ ОРЛОВАЧА 1	РАКОВИЦА	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	249828	Комерцијално снабдевање ниски напон
101	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ПЕТЉА ДОБАНОВЦИ	УГРИНОВАЧК И ПУТ	ЗЕМУН	БЕОГРАД-ЗЕМУН	16909	Комерцијално снабдевање ниски напон
102	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	УГРИНОВАЧК И ПУТ	ЗЕМУН	БЕОГРАД-ЗЕМУН	144092	Комерцијално снабдевање ниски напон
103	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	АУТОПУТ Е75 деоница Батајнца-Добановци	САВСКИ ВЕНАЦ	БЕОГРАД-САВСКИ ВЕНАЦ	24971	Комерцијално снабдевање ниски напон
104	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	АУТОПУТ Е75 деоница Батајнца-Добановци	САВСКИ ВЕНАЦ	БЕОГРАД-САВСКИ ВЕНАЦ	144091	Комерцијално снабдевање ниски напон
105	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	АУТОПУТ Е75 деоница Батајнца-Добановци	САВСКИ ВЕНАЦ	БЕОГРАД-САВСКИ ВЕНАЦ	144096	Комерцијално снабдевање ниски напон
106	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ	ИБАРСКИ ПУТ 1А	РАКОВИЦА	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	71997	Комерцијално снабдевање ниски напон
107	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ	ИБАРСКИ ПУТ 1Б	РАКОВИЦА	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	72006	Комерцијално снабдевање ниски напон
108	УПРАВНА ЗГРАДА - ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	КРУЖНИ ПУТ КИЈЕВО	РАКОВИЦА	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	4013	Комерцијално снабдевање ниски напон
109	ЈАВНА РАСВЕТА-ПЕТЉА	БЕЛИ ПОТОК	МАЛИ ПОЖАРЕВАЦ	БЕОГРАД-СОПОТ	43415	Комерцијално снабдевање ниски напон
110	РАМПА-КАБИНА	АУТОПУТ ЗА НИШ	ЗВЕЗДАРА	БЕОГРАД-ЗВЕЗДАРА	8816716;8 829304	Комерцијално снабдевање ниски напон
111	ВРЧИНСКА ПЕТЉА	БУЛЕВАР РЕВОЛУЦИЈЕ 2	ВРЧИН	БЕОГРАД-ГРОЦКА	22882	Комерцијално снабдевање ниски напон

Ре д. Бр.	ТС	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Категорија потрошње
112	ПЕТУА НА АУТО-ПУТУ	РАВНИ ГАЈ ББ	МАЛИ ПОЖАРЕВАЦ	БЕОГРАД-СОПОТ	40362	Комерцијално снабдевање ниски напон
113	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	АУТОПУТ Београд-Панчево бб			3853	Комерцијално снабдевање ниски напон
114	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	АУТОПУТ Београд-Панчево бб			149467	Комерцијално снабдевање ниски напон
115	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	АУТОПУТ Београд-Остружница бб	ЧУКАРИЦА	БЕОГРАД-ЧУКАРИЦА	19397	Комерцијално снабдевање ниски напон
116	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ДОБАНОВЦИ Е75	ДОБАНОВЦИ	БЕОГРАД-СУРЧИН	19131	Комерцијално снабдевање ниски напон
117	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ИСПОД ОСТРУЖНИЧКОГ МОСТА	НОВИ БЕОГРАД ББ	НОВИ БЕОГРАД	БЕОГРАД-НОВИ БЕОГРАД	10637715	Комерцијално снабдевање ниски напон
118	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ТУНЕЛ СТАРА СТРАЖЕВИЦА	КРУЖНИ ПУТ - БГ Ресник	РЕСНИК	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	11471	Комерцијално снабдевање ниски напон
119	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ТУНЕЛ СТРАЖЕВИЦА	СТРАЖЕВИЧК А	СТРАЖЕВИЦА	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	23601	Комерцијално снабдевање ниски напон
120	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ТУНЕЛ ЛИПАК - ЖЕЛЕЗНИК	СТЕВАНА ФИЛИПОВИЋ А	ЧУКАРИЦА	БЕОГРАД-ЧУКАРИЦА	23636	Комерцијално снабдевање ниски напон
121	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ТУНЕЛ ЛИПАК - ФАЗА И	САВСКА	ОСТРУЖНИЦА	БЕОГРАД-ЧУКАРИЦА	23640	Комерцијално снабдевање ниски напон
122	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ АУТО-ПУТ	БУЛЕВАР РЕВОЛУЦИЈЕ 282	УМЧАРИ	БЕОГРАД-ГРОЦКА	3570609	Комерцијално снабдевање ниски напон
123	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ДИНАМИЧКИ ИНФОРМАТИВНИ	МИЛОРАДА БОНЏУЛИЋА 5	ЗВЕЗДАРА	БЕОГРАД-ЗВЕЗДАРА	11003593	Комерцијално снабдевање ниски напон

Ре д. Бр.	ТС	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Категорија потрошње
124	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ДРИП-ПЕТУА ДОБАН.СМЕР КА	ЖИТНА 41	ДОБАНОВЦИ	БЕОГРАД-СУРЧИН	11007191	Комерцијално снабдевање ниски напон
125	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ -ДРИП Т6-ЗОНА РАСКР.ПЛАВИ	АУТОПУТ за Загреб 22А	ЗЕМУН	БЕОГРАД-ЗЕМУН	11008691	Комерцијално снабдевање ниски напон
126	ЈАВНО ПРЕДУЗЕЋЕ ПУТЕВИ СРБИЈЕ	СУРЧИНСКИ ПУТ 1А	НОВИ БЕОГРАД	БЕОГРАД-НОВИ БЕОГРАД	11008674	Комерцијално снабдевање ниски напон
127	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ПОС.ПРОСТОР	УСТАНИЧКА 64 сп.1	ЗВЕЗДАРА	БЕОГРАД-ЗВЕЗДАРА	36221	Комерцијално снабдевање ниски напон
128	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	УСТАНИЧКА 64	ЗВЕЗДАРА	БЕОГРАД-ЗВЕЗДАРА	253477	Комерцијално снабдевање ниски напон
129	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ОДЕУ.ЗА ПУТАР.	ЉУБЕ ЂУПЕ 5	ЗВЕЗДАРА	БЕОГРАД-ЗВЕЗДАРА	5925171	Комерцијално снабдевање ниски напон
130	ПЕТУА ДОБАНОВЦИ	АУТОПУТ за Загреб бб	ЗЕМУН	БЕОГРАД-ЗЕМУН	459243	Комерцијално снабдевање ниски напон
131	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ЗРЕЊАНИНСКИ И ПУТ 1	ПАЛИЛУЛА	БЕОГРАД-ПАЛИЛУЛА	182244	Комерцијално снабдевање ниски напон
132	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ПАНЧЕВАЧКИ МОСТ 1	ПАЛИЛУЛА	БЕОГРАД-ПАЛИЛУЛА	277377	Комерцијално снабдевање ниски напон
133	ПОДЗЕМНИ ПРОЛАЗ	ИБАРСКИ ПУТ 1 ББ	МЕЉАК	БЕОГРАД-БАРАЈЕВО	89004	Комерцијално снабдевање ниски напон
134	МИНИСТАР.САО БР.И ВЕЗА БГД НАПЛАТНА СТАНИЦА	ТИХОМИРА ЂОРЂЕВИЋА 999	АЛЕКСИНАЧКИ РУДНИК	АЛЕКСИНАЦ	00068763	Комерцијално снабдевање ниски напон
135	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ГЛОГОВИЦА 282	ГЛОГОВИЦА	АЛЕКСИНАЦ	00068926	Комерцијално снабдевање ниски напон
136	РС ДИРЕКЦДА ЗА ПУТЕВЕ НАПЛАТНА РАМПА	ДОЉЕВАЦ ББ	ДОЉЕВАЦ	ДОЉЕВАЦ	2969	Комерцијално снабдевање ниски напон
137	РС ДИРЕКЦДА ЗА ПУТЕВЕ НАПЛ. Р. НОВО СЕЛО	НОВО СЕЛО-КПД НОВО СЕЛО	НОВО СЕЛО	НИШ-МЕДИЈАНА	68837	Комерцијално снабдевање ниски напон

Ре д. Бр.	ТС	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Категорија потрошње
138	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	БУЛЕВАР КРАЉА АЛЕКСАНДРА 282	ЗВЕЗДАРА	БЕОГРАД-ЗВЕЗДАРА	17342	Комерцијално снабдевање ниски напон
139	РАСКРНИЦА СЕЛИШТЕ ШАРБАНОВАЦ	ШАРБАНОВАЦ ББ	ШАРБАНОВАЦ	БОР	128021	Комерцијално снабдевање ниски напон
140	ОСВЕТЉЕЊЕ ОДМОРИШТА АУТО ПУТА Е 75	БОБОВИШТЕ ББ	БОБОВИШТЕ	АЛЕКСИНАЦ	00341136	Комерцијално снабдевање ниски напон
141	РС ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ НАПЛАТНА СТАНИЦА	ТРУПАЛЕ 999	ТРУПАЛЕ	НИШ-МЕДИЈАНА	068691	Комерцијално снабдевање ниски напон
142	ПЕТЉА КОД БРЕСТОВАЦА	БРЕСТОВАЦ ББ	БРЕСТОВАЦ	ЛЕСКОВАЦ	042308	Комерцијално снабдевање ниски напон
143	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ТУНЕЛ КРЖИНЦЕ	КРЖИНЦЕ ББ	КРЖИНЦЕ	ВЛАДИЧИН ХАН	2031	Комерцијално снабдевање ниски напон
144	МИНИСТАРСТВО САОБ. И ВЕЗА ОБЈ. ПИРОТ 2	ЛАЗЕ ЛАЗАРЕВИЋА 1	ГЊИЛАН	ПИРОТ	23453437	Комерцијално снабдевање ниски напон
145	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - АРХИВ НОВАКОВА ВИЛА	ЛАЗЕ ЛАЗАРЕВИЋА ББ	ПИРОТ	ПИРОТ	281717	Комерцијално снабдевање ниски напон
146	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ТУНЕЛ МАНАЈЛЕ	СВЕТОСАВСК А 1	ВЛАДИЧИН ХАН	ВЛАДИЧИН ХАН	2030	Комерцијално снабдевање ниски напон
147	ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ ПЕТЉЕ КОРИДОР 10	ОРАОВИЦА (КОД ГРДЕЛИЦЕ) ББ	ОРАОВИЦА (КОД ГРДЕЛИЦЕ)	ЛЕСКОВАЦ	393949	Комерцијално снабдевање ниски напон
148	ОСВЕТУ.ПЕТЉЕ ВЛАСОТИНЦЕ НА ПУТУ Е-75 ПЕ	МАНОЈЛОВЦЕ ББ	МАНОЈЛОВЦЕ	ЛЕСКОВАЦ	452556	Комерцијално снабдевање ниски напон
149	ОСВЕТЉЕЊЕ ПЕТУА НА АУТО ПУТУ ПЕЧЕЊЕВАЦ	ПЕЧЕЊЕВЦЕ ББ	ПЕЧЕЊЕВЦЕ	ЛЕСКОВАЦ	452565	Комерцијално снабдевање ниски напон
150	НАПЛАТНА РАМПА ТС 1590	БАТОЧИНА	БАТОЧИНА	БАТОЧИНА	022397	Комерцијално снабдевање ниски напон

Ре д. Бр.	ТС	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Категорија потрошње
151	ЈАВНО ПРЕДУЗЕЋЕ ПУТЕВИ СРБИЈЕ	РАЉА 1, ПЕТЉА	РАЉА	СОПОТ	2467	Комерцијално снабдевање ниски напон
152	ЈАВНО ПРЕДУЗЕЋЕ ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ПЕТЉА	ВОДАЊ	ВОДАЊ	42439	Комерцијално снабдевање ниски напон
153	ЈАВНО ПРЕДУЗЕЋЕ ПУТЕВИ СРБИЈЕ	РАЉА 2, ПЕТЉА	РАЉА	СОПОТ	00042513	Комерцијално снабдевање ниски напон
154	НАПЛАТНА РАМПА ЛАПОВО ТС 1531	ВОЈВОДЕ СТЕПЕ 5А	ЛАПОВО (ВАРОШ)	ЛАПОВО	8838293	Комерцијално снабдевање ниски напон
155	ЈАВНО ПРЕДУЗЕЋЕ ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ПЕТЉА	КОЛАРИ	КОЛАРИ	12746	Комерцијално снабдевање ниски напон
156	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	СТУБЛЕНИЦА 0	УБ	УБ	7799452	Комерцијално снабдевање ниски напон
157	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ БЕОГРАД	СТУБЛЕНИЦА 0	УБ	УБ	85481	Комерцијално снабдевање ниски напон
158	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ (ПЕТЉА ЗА АУТОПУТ)	АУТОПУТ 0	ЈАГОДИНА	ЈАГОДИНА	10268	Комерцијално снабдевање ниски напон
159	АУТОПУТ ПЕТЉА	РАЖАЊ 0	РАЖАЊ	РАЖАЊ	11298	Комерцијално снабдевање ниски напон
160	АУТОПУТ ПЕТУА	ПОЈАТЕ 0	ПОЈАТЕ	ЋИЋЕВАЦ	11332	Комерцијално снабдевање ниски напон
161	СРБИЈА ПУТ БРОЈЦ. КУЋА	ЈАСИКА 0	ЈАСИКА	КРУШЕВАЦ	100234	Комерцијално снабдевање ниски напон
162	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	МАКРЕШАНЕ ББ	МАКРЕШАНЕ	КРУШЕВАЦ	25186	Комерцијално снабдевање ниски напон
163	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	КОШЕВИ ББ	КОШЕВИ	КРУШЕВАЦ	25161	Комерцијално снабдевање ниски напон
164	ОСВЕТЛЕЊЕ ТУНЕЛА НА ГРЗИ	ТОМЕ ЖИВАНОВИЋ А 0	ПАРАЋИН	ПАРАЋИН	18409;18449 (два бр)	Комерцијално снабдевање ниски напон
165	ПЕТЉА НА АУТО ПУТУ	ТОМЕ ЖИВАНОВИЋ А 0	ПАРАЋИН	ПАРАЋИН	18472	Комерцијално снабдевање ниски напон

Ре д. Бр.	ТС	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Категорија потрошње
166	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	КРАТОВСКА СТЕНА ББ	ЛУЧАНИ	ЛУЧАНИ	3538	Комерцијално снабдевање ниски напон
167	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ВРНЧАНИ ББ	ОВЧАР БАЊА	ЧАЧАК	10095	Комерцијално снабдевање ниски напон
168	ТС ПУТАРА	ЗЛАТИБОР 0	УЖИЦЕ	УЖИЦЕ	8269402 - 8867448 (два бр)	Комерцијално снабдевање ниски напон
169	ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ	КНЕЗА МИЛОША 165	ЧАЧАК	ЧАЧАК	4593028	Комерцијално снабдевање ниски напон
170	ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ	БУЛЕВАР ОСЛОБОЂЕЊА 0	ЧАЧАК	ЧАЧАК	9201928	Комерцијално снабдевање ниски напон
171	ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ	ВЛ.НИК. ВЕЛИМИРОВ ИЋА 95	ЧАЧАК	ЧАЧАК	8936011	Комерцијално снабдевање ниски напон
172	МИНИСТАРСТВО ЗА САОБРАЋАЈ И ВЕЗЕ	ПАРТИЗАНСКЕ ВОДЕ ББ	УЖИЦЕ	УЖИЦЕ	24118	Комерцијално снабдевање ниски напон
173	ПУТЕВИ	УМИНА ВОДА ББ	ПАЛИСАД	ЧАЈЕТИНА	18697	Комерцијално снабдевање ниски напон
174	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ МЕТЕОРОЛОШКА СТАНИЦА	НОВИ МОСТ 77- Шабац 0	ШАБАЦ	ШАБАЦ	319866	Комерцијално снабдевање ниски напон
175	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	БАЏАКОВА ЂУПРИЈА	КРЂЕВАЦ	ТОПОЛА	318310	Комерцијално снабдевање ниски напон
176	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ТС 7	ОБИЛАЗНИЦА ББ	СУРЧИН	БЕОГРАД-СУРЧИН	10637717	Резервно снабдевање ниски напон

1. Законом утврђене обавезе ЈП „Путева Србије“ у области енергетске ефикасности

У овом делу студије ћемо се укратко осврнути на законом утврђене обавезе у области енергетске ефикасности, које се односе на ЈП „Путеви Србије“. Наиме, осим потребе за остваривањем циљева ефикасног коришћења енергије, а у првом реду, уштеда побољшањем енергетске ефикасности код субјеката у свим сегментима привреде и друштва, ова материја има и свој законодавни оквир, па је стога дефинисана Законом о ефикасном коришћењу енергије („Сл. Гласник РС“, бр. 25/2013), као и читавим низом подзаконских аката (уредби и правилника), као и за нас обавезујућом Директивом 2009/28/ЕЗ, Европске Уније, из 2009. године и регионалном стратегијом (*Energy Strategy of the Energy Community*) из 2012. године.

Закон о ефикасном коришћењу енергије („Сл. Гласник РС“, бр. 25/2013) уводи **систем енергетског менаџмента** који има своје циљеве, начела и субјекте.

Циљеви енергетске ефикасности (ефикасног коришћења енергије)

- Повећање сигурности снабдевања енергијом и њено ефикасније коришћење;
- **Повећање конкурентности привреде кроз остварене уштеде;**
- Смањење негативних утицаја енергетског сектора на животну средину, и
- Подстицање одговорног понашања према енергији.

Основна начела на којима се заснива ефикасно коришћење енергије

- Енергетска сигурност;
- Конкурентност производа и услуга;
- Одрживост коришћења енергије;
- Организовано управљање енергијом – управљање потрошњом енергије;
- **Економска исплативост мера енергетске ефикасности, и**
- Минимални захтеви енергетске ефикасности.

Субјекти система енергетског менаџмента су:

- Влада;
- Министарство надлежно за те послове (*Министарство рударства и енергетике*);
- **Обвезници система енергетског менаџмента;**
- Енергетски менаџери, и
- Овлашћени енергетски саветници.

Закон даље дефинише ко су обвезници система енергетског менаџмента:

- **Привредна друштва** чија је претежна делатност у производном сектору, уколико најмање на једној локацији, која се води на посебној адреси, имају објекте за обављање делатности чија је годишња остварена потрошња примарне енергије већа од:
 - **2.500 TOE¹, односно, 104,67 TJ, односно 29,08 GWh**
- **Привредна друштва** чија је претежна делатност у производном сектору, уколико поседују објекте за обављање делатности чија је годишња остварена потрошња примарне енергије у збиру за све објекте, већа од:
 - **1.000 TOE, односно, 41,87 TJ, односно 11,63 GWh**
- **Привредна друштва** чија је претежна делатност у сектору трговине и услуга, уколико најмање на једној локацији, која се води на посебној адреси, имају објекте за обављање делатности чија је годишња остварена потрошња примарне енергије већа од:
 - **1.000 TOE, односно, 41,87 TJ, односно 11,63 GWh**
- **Органи државне управе** и други органи Републике Србије, органи аутономне покрајине, **органи јединица локалне самоуправе са више од 20.000 становника**, као и друге јавне службе које користе објекте у јавној својини.

У складу са горе наведеним дефиницијама, ЈП „Путеви Србије“ су Законом препознати као обвезници система енергетског менаџмента, и у складу са тим, као обвезник система енергетског менаџмента је дужан да:

- Реализује планирани циљ уштеде енергије који прописује Влада и тренутно за наредну годину циљ је постављен као **1% уштеде** у односу на претходну годину;
- Именује потребан број енергетских менаџера из реда стално запослених лица код обвезника система;
- Доноси програм и план енергетске ефикасности и доставља га Министарству на његов захтев;
- Спроводи мере за ефикасно коришћење енергије наведене у програму, односно плану;
- Доставља Министарству годишње извештаје о остваривању циљева садржаних у програму и плану;
- Обавештава Министарство о лицу које је именовано за енергетског менаџера и о лицу које је овлашћено да у име обвезника, поред енергетског менаџера, потписује годишње извештаје;

¹ Тон-еквивалент нафте (ТОЕ) – Јединица за енергију која је једнака енергији која се добија сагоревањем једне метричке тоне (7,4 барела) нафте и једнака је енергији која се добија сагоревањем 1270 m³ природног гаса или 1,4 метричке тоне угља, односно 41,87 GJ, тј. 11,63 MWh или 39,68 MMBtu

- Обезбеђује спровођење енергетских прегледа најмање једном у пет година, тј. у периоду који је прописан законом.

Енергетски менаџер је физичко лице именовано од стране обвезника система енергетског менаџмента које прати и бележи начине коришћења и количине употребљене енергије, предлаже и спроводи мере ефикасног коришћења енергије. Енергетски менаџер је дужан да сачињава Извештај енергетског менаџера.

Извештај енергетског менаџера је писани извештај којим енергетски менаџер извештава о спроведеним мерама и активностима дефинисаним програмом и планом енергетске ефикасности.

Програм енергетске ефикасности је плански документ који доноси јединица локалне самоуправе, односно други обвезник система енергетског менаџмента о планираном начину остваривања и величини планираног циља уштеде енергије, за период од најмање три године

План енергетске ефикасности је плански документ са мерама и активностима којим обвезници система енергетског менаџмента планирају да спроведу програм енергетске ефикасности.

Поред енергетских менаџера, обвезници система енергетског менаџмента могу користити и услуге овлашћених енергетских саветника.

Овлашћени енергетски саветник је физичко или правно лице овлашћено за вршење енергетског прегледа у складу са одредбама закона и прописа донетих на основу закона о ефикасном коришћењу енергије.

Енергетски преглед је систематска процедура за прибављање потребних података и сазнања о постојећем нивоу и начину производње, преноса, дистрибуције и употребе енергије објекта, техничког система, производних процеса, приватних и јавних услуга, помоћу којих се утврђују и квантификују могућности за економски исплативо, ефикасно коришћење енергије.

Извештај о енергетском прегледу је писани извештај који након енергетског прегледа подносе овлашћени енергетски саветници, а који поред енергетске ефикасности постројења или објекта садржи и техно-економску анализу могућности повећања енергетске ефикасности.

Такође, Законом о ефикасном коришћењу енергије („Сл. Гласник РС“, бр. 25/2013), уведена је могућност да обвезници енергетског менаџмента користе енергетске услуге по моделу „ESCO“ уговарања.

ESCO (Energy Service Company) је привредно друштво, друго правно лице или предузетник, које је регистровано за обављање енергетских услуга и које пружањем тих услуга повећавају енергетску ефикасност објекта, технолошког процеса и услуге и које до извесног степена прихвата финансијски ризик за обављене енергетске услуге, тако што наплату својих услуга, потпуно или делимично, остварује на основу постигнутих уштеда насталих на основу спроведених мера и задовољења осталих уговорених критеријума и учинака.

Енергетска услуга је услуга која обухвата активности и радње које у нормалним околностима доводе до проверљивог и мерљивог или процењивог повећања енергетске ефикасности објекта, техничког система, производних процеса, приватних и јавних услуга и/или уштеде примарне енергије. Ове услуге се заснивају на примени енергетски ефикасне технологије, односно поступака којима се постижу уштеде енергије и други пратећи позитивни ефекти, а могу да укључе одговарајућа руковања, одржавања и контроле. Енергетска услуга се пружа на основу уговора, којим се између осталог, уговара уштеда енергије.

2. Основни појмови у техници осветљења

У оквиру овог поглавља студије навешћемо основне појмове и теоријска разматрања која се користе у техници осветљења и која су коришћена у сврху израде ове студије.

2.1. Фотометријске величине и њихове јединице

У техници осветљења, у поступку пројектовања расвете, користе се фотометријске величине. Фотометријске величине представљају показатеље реакције људског ока на зрачење које описују стварне физичке величине, па се стога класификују као психофизичке. Због тога нису у директној релацији са осталим физичким величинама, а образују систем који је састављен од само четири основне величине. То су: светлосни флуks, светлосни интензитет, осветљеност и сјајност.

2.1.1 Светлосни флуks

Основна фотометријска величина, која уважава чињеницу да се светлост мора посматрати и као физичка и као чулна појава, јесте светлосни флуks. Он представља снагу зрачења извора, која је уз уважавање спектралне осетљивости људског ока преведена у светлосни утисак. Јединица светлосног флуksа је лумен (скраћено: lm).

Светлосни флуks се може израчунати применом формуле:

$$\Phi(lm) = K_m \int_{400 \text{ nm}}^{760 \text{ nm}} V(\lambda) \cdot P(\lambda) d\lambda$$

Где је $P(\lambda) d\lambda$ снага (у ватима) израчена у таласном опсегу $d\lambda$, а K_m константа која одређује флуks (изражен у луменима) који ствара монохроматски извор снаге 1W и таласне дужине 555 nm, при којој је светлосни утисак највећи ($V(555 \text{ nm}) = 1$).

Међународно је прихваћено да лумен буде изведена јединица, а јединица светлосног интензитета (кандела) – усвојена јединица. Из њене дефиниције, која је дата у наредном поглављу, непосредно произлази да је $K_m = 683 \text{ lm/W}$.

2.1.2 Светлосни интензитет

Светлосни интензитет се у правцу ω дефинише помоћу релације:

$$I_\omega = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

Где је $d\Phi$ елементаран светлосни флуks обухваћен елементарним просторним углом $d\omega$ око правца ω .

Просторни угао представља меру величине простора у облику купе или пирамиде (овај други одређују светлосни зраци које емитује тачкасти светлосни извор SI), и дефинише се на следећи начин:

$$\omega = \frac{S}{r^2}$$

где је S површина пресека пирамиде (купе) и лопте полупречника r , са центром у тачки SI . Просторни угао се изражава у стерадианима (st). Из претходног је јасно да пун просторни угао (Ω), који обухвата целокупни простор око извора светлости, износи

$$\Omega = \frac{S_{lopte}}{r^2} = \frac{4\pi r^2}{r^2} = 4\pi (st)$$

У многим практичним случајевима је потребно знати везу која за случај просторног угла у облику купе постоји између просторног угла ω и њему одговарајућег угла у равни α (α је угао између изводнице тј. полупречника лопте r и висине купе h). Та веза се изводи на следећи начин. Како је површина калоте лопте која је одређена купом:

$$S = 2\pi r \cdot (r - h) = 2\pi r (r - r \cdot \cos \alpha) = 2\pi r^2 (1 - \cos \alpha)$$

Даље је:

$$\omega = \frac{S}{r^2} = 2\pi (1 - \cos \alpha)$$

Математички гледано, просторни угао мора имати тачку која представља његов врх; одавде произилази да наведена дефиниција светлосног интензитета строго важи само за тачкасти светлосни извор, какав не постоји у природи. У пракси се реални извор, чије су димензије занемарљиве у односу на растојање од посматране тачке, сматра тачкастим извором. Термин „занемарљиве“ значи да је растојање између тачке и центра извора бар пет пута веће од највеће линеарне димензије извора, која се види из те тачке.

Из дефиниционог израза:

$$I_\omega = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

слиди да је светлосни интензитет исти у свим тачкама правца који пролази кроз центар светлосног извора.

Јединица светлосног интензитета је једна од усвојених јединица међународног SI система и назива се кандела (cd). Дефинише се као светлосни интензитет који у посматраном правцу ствара тачкасти монохроматски светлосни извор таласне дужине 555 nm , који у том правцу зрачи снагом $1/683 \text{ W/st}$. Одавде слиди да константа K_m износи 683 lm/W .

Такође, из формуле:

$$I_\omega = \frac{d\Phi}{d\omega}$$

види се да је:

$$cd (=) \frac{lm}{st}$$

2.1.3 Осветљеност

Осветљеност се у некој тачки М дефинише помоћу релације

$$E_M = \frac{d\Phi}{dS_n}$$

где је $d\Phi$ елементарни светлосни флуks који падне на елементарну површину dS_n око тачке М, нормалну на правац који одређују извор и тачка М.

Може се извести релација која постоји између осветљености и светлосног интензитета. Коришћењем дефиниционих израза се добија да је:

$$E = \frac{d\Phi}{dS_n} = \frac{I d\omega}{dS_n}$$

Како је dS_n елементарна (бесконечно мала) површина, она је практично једнака са површином калоте, коју одређује просторни угао $d\omega$ на лопти полупречника r , па је:

$$d\omega = \frac{dS_n}{r^2}$$

Из две последње формуле непосредно произилази да је:

$$E = \frac{I}{r^2}$$

односно да је осветљеност сразмерна са светлосним интензитетом, а обрнуто сразмерна са квадратом растојања између извора и тачке (посматрача).

Јединица осветљености је лукс (lx) и представља изведену јединицу:

$$lx (=) \frac{lm}{m^2} (=) \frac{cd \cdot st}{m^2}$$

Пракса светлосне технике је показала да осветљености тачака радне равни (радног стола, фасаде објекта, коловоза...) нису најпогоднији квантитативни показатељи квалитета њене осветљености. У циљу налажења бољих показатеља, уведени су појмови хоризонталне и вертикалне компоненте осветљености (скраћено: хоризонтална и вертикална осветљеност). Осветљеност се посматра као векторска величина, која се онда може разлагати на различите начине, па и представљати преко своје хоризонталне и вертикалне компоненте.

Простим проширењем формуле

$$E = \frac{I}{r^2}$$

Добија се дефинициона формула вектора осветљености:

$$\vec{E} = \frac{I}{r^2} \cdot \vec{r}_0$$

Где је \vec{r}_0 јединични вектор у правцу који одређују извор и тачка, са смером од извора.

2.1.4 Сјајност

Сјајност је једина фотометријска величина коју око непосредно осећа, па представља меру светлосног утиска.

Дефиниција сјајности се односи на извор коначних димензија за разлику од дефиниција светлосног интензитета и осветљености, где се посматра тачкасти светлосни извор.

Сјајност (L) неке тачке M светлеће површине се у задатом правцу дефинише као однос светлосног интензитета (dI) који у датом правцу производи елементарна светлећа површина (dS) око те тачке и ортогоналне пројекције (dS_n) те елементарне површине на равни нормалној на посматрани правац односно

$$L = \frac{dI}{dS_n} = \frac{d^2\Phi}{d\omega dS_n}$$

где је са n означена нормала у тачки M на елементарну површину dS .

Сјајност се такође може дефинисати и помоћу осветљености елементарне површине на коју пада светлосни зрак, односно

$$L = \frac{d^2\Phi}{dS_n d\omega} = \frac{dE}{d\omega}$$

Из претходних формула, види се да је јединица за сјајност изведена јединица cd/m^2 .

У неком правцу који пролази кроз центар реалног извора (светиљке) се може једноставно израчунати сјајност, под претпоставком да је тачка посматрања (која припада том правцу) довољно удаљена од извора, односно да су димензије извора мале у односу на растојање од извора до тачке посматрања. Важи приближна формула:

$$L_\gamma = \frac{I_\gamma}{S \cdot \cos\gamma}$$

која је утолико тачнија уколико је тачка посматрања удаљенија од извора. Напоменимо да се дефинициона формула

$$L = \frac{dI}{dS_n} = \frac{d^2\Phi}{d\omega dS_n}$$

може применити не само за израчунавање сјајности светлећих површина, него и за израчунавање сјајности осветљених површина, односно површина које емитују рефлектовану светлост.

2.2 Оптичко пројектовање

Усмеравање светлосних зрака у жељеним правцима, што је основни задатак пројектаната и конструктора светиљки, може се извршити на различите начине, при чему сви они почивају на само два физичка феномена: одбијању (рефлексији) и преламању (рефракцији) светлости. Ове појаве су, у већој или мањој мери, увек праћене

и појавом упијања (апсорпције) светлости, којом се енергија видљивог зрачења претвара у топлоту.

2.2.1 Одбијање (рефлексија) светлости

Појава одбијања светлости се састоји у томе да се део светлосног флуksа који падне на неку површину одбије, односно врати у полупростор упадне светлости. Преостали део светлосног флуksа се упије или, што је случај са провидним телима, делимично упије, а делимично пропусти.

Свака површина рефлектује део упадне светлости, при чему се однос рефлектованог и укупног светлосног флуksа који падне на неку површину назива фактор рефлексије те површине (најчешће се означава помоћу грчког слова ρ). Код великог броја материјала фактор рефлексије зависи од спектралног састава упадне светлости.

Постоје четири врсте рефлексије: усмерена, дифузна, полудифузна и мешовита.

УСМЕРЕНА РЕФЛЕКСИЈА

Овај тип рефлексије се јавља код углачаних металних површина и стаклених или пластичних огледала, спреда прекривених танким слојем метала (најчешће алуминијума или сребра). На пример, стаклена огледала се у техници осветљења јављају код рефлекторских извора са ужареном нити, код којих је на унутрашњој страни дела стакленог балона нанесен танак слој живиних оксида, који усмерено рефлектује светлост и усмерава је у део простора одређен провидним делом балона. Пластична огледала су новијег датума, а прекривена су веома танким рефлектујућим слојем алуминијума велике чистоће.

ДИФУЗНА РЕФЛЕКСИЈА

Овај тип рефлексије се јавља код храпавих површина или површина материјала образованих од веома сићушних кристала. Сваки зрак који падне на неку од тих сићушних честица се рефлектује по правилима усмене рефлексије, али пошто су површине честица у различитим равнима, рефлектовани зраци су распршени у свим правцима.

ПОЛУДИФУЗНА РЕФЛЕКСИЈА

Овакав тип рефлексије се јавља код матираних металних површина, површина превучених емајл-лаком и усмерено рефлектујућих површина, накнадно механички третираних (набораних, дубоко гравираних, итд.). Код њега је расподела светлосног интензитета делимично усмерена, при чему се максималан светлосни интензитет има у правцу одбијеног угла који је једнак упадном.

МЕШОВИТА РЕФЛЕКСИЈА

Највећи број материјала представља мешовите рефлекторе, јер их карактерише нека од комбинација три напред поменута типа рефлексије. При томе најчешће доминирају само два типа рефлексије (могуће су све три комбинације).

ТОТАЛНА РЕФЛЕКСИЈА

Поменимо и тзв. тоталну рефлексију, појаву која се у новије време све више користи при изради светлосних извора чији су основни део тзв. оптичка влакна. Она представља облик усмерене рефлексије, која настаје онда када светлосни зраци стигну до раздвојене површине неког провидног материјала (стакла, пластике, воде) и ваздуха под упадним угловима који су већи од такозваног критичног угла и, уместо да пређу у ваздух, усмерено се рефлектују и врате у провидни медијум.

2.3 Температура боје

За означавање боје светлости неког извора, поред трихроматских координата уведен је и појам температуре боје. Он се користи да би се боја извора светлости описала поређењем са бојом идеалног црног тела одређене температуре.

Ако се на дијаграму боја споје све тачке које одговарају бојама црног тела на различитим температурама, добија се крива која се назива Планков локус. За температуре између 800 и 900 К боја црног тела је црвена, за 300 К жућкасто-бела, за 5000 К бела, а за 10 000 К плавичаста.

Температура боје извора светлости се дефинише као она апсолутна температура црног тела при којој је његова боја идентична (по положају трихроматских координата у дијаграму боја) са бојом светлости посматраног извора. Из саме дефиниције произилази да појам температуре боје може бити придружен само светлосним изворима који су у дијаграму боја представљени тачкама које леже на Планковом локусу. Ово практично важи једино за изворе са ужареном нити, који представљају изворе термичког зрачења са спектралним својствима веома сличним спектралним својствима црног тела.

ВЕЗА ИЗМЕЂУ TEMPERATURE БОЈЕ И НИВОА ОСВЕТЉЕНОСТИ

Из искуства је познато да „опуштена атмосфера“ у некој просторији може да се креира ниским нивоима осветљености и применом извора светлости топле боје (нихких вредности температуре боје), док радни простори захтевају високе нивое осветљености, постигнуте применом извора светлости хладне боје (високих вредности температуре боје), чија је светлост стимулативна и утиче на повећање радног елана. У циљу квантитативног вредновања ових искуствених показатеља, Круитхоф је, експериментишући са светиљкама са флуо цевима разних боја, дошао до резултата које је представио у виду дијаграма који садржи две криве. Оне за сваку (придружену) температуру боје извора дефинишу доњу и горњу границу, односно опсег нивоа осветљености у оквиру кога се корисници просторија осећају пријатно. Публиковани резултати су показали да се нивои осветљености у опсегу 700-3000 lx могу сматрати прихватљивим за све типове флуо цеви, односно за све њихове придружене температуре. Занимљиво је поменути и закључак истраживања обављених 1974. године. Независно од температуре боје флуо цеви (3200, 4100 или 5400 К), 75% испитаника су осветљење просторије сматрали задовољавајућим тек када би ниво осветљености (који се мењао у опсегу од 90 до 2400 lx) достигао 700 lx.

ИНДЕКС РЕПРОДУКЦИЈЕ БОЈА (COLOUR RENDERING INDEX – CRI)

Индекс репродукције боја (Colour Rendering Index – *CRI*) је квантитативна мера способности извора светлости да верно прикаже боје различитих предмета у поређењу са идеалним или природним изворима светлости. Извори светлости са високим *CRI* су пожељни у различитим радним условима од здравства (оперативни блокови, неонатална нега) до радних услова који су потребни при рестаураторским пословима у уметности. Дефиницију овог индекса дала је Међународна комисија за осветљење (*CIE*), и она гласи:

Репродукција боја: Утицај светлости на изглед боја у објектима помоћу свесног или подсвесног поређења са њиховим изгледом у боји под референтним светлом.

CRI извора светлости не указује на очигледну боју светлосног извора; та информација се даје као податак о температури боје извора. *CRI* је одређен спектром светлосног извора; што је спектар континуалнији то је и *CRI* већи (пример инкадесцентне сијалице) и обрнуто, што је спектар дискретнији (пример флуоресцентне сијалице), то је мањи *CRI*.

Вредност која је често цитирана као *CRI* на комерцијално доступним производима за осветљење, се правилно назива *CRI R_a* вредност. *CRI* је општи израз, а *CRI R_a* је међународни стандардни индекс репродукције боја. Нумерички, највиша могућа *CRI R_a* вредност је 100 и ову вредност могу имати само извори који су идентични стандардизованој дневној светлости или црном телу. Вредност овог индекса може бити и негативна за неке изворе светлости. Тако извори светлости са натријумом ниског притиска имају негативан *CRI R_a*, флуоресцентни извори светлости крећу се од око 50 за основне типове, до око 98 за најбољи мулти-фосфорни тип. Типичне LED диоде имају *CRI R_a* од 80 и више, и достижу 98 за неке типове светиљки са LED осветљењем.

3. Теоријске основе осветљења путева и тунела

Ово поглавље студије укратко приказује теоријска разматрања која се користе при пројектовању осветљења путева и тунела, а која су коришћена за потребе израде студије. Такође, наведена теоријска разматрања могу бити од користи приликом дефинисања пројектних задатака за потребе пројектовања осветљења путева и тунела, као и приликом дефинисања услова у поступцима јавних набавки.

3.1 Коловозне површине и њихове рефлексивне особине

Под површином коловоза се подразумева површински, завршни слој сваког коловозног покривача, и у грађевинском смислу може се описати преко макро и микро текстуре, које се могу комбиновати. Табела 3.1. приказује њихове најчешће комбинације.

Табела 3.1. Најчешће комбинације макро и микро текстуре површине коловоза

Површина	Врста текстуре	
	Макро (крупна)	Микро (ситна)
A	храпава	груба
B	храпава	углачана
C	глатка	груба
D	глатка	углачана

Макро и микро текстуре површине коловоза служе да се утврде не само важни саобраћајни елементи (ниво буке и отпор клизања), него и важни фотометријски елементи, који показују начин одбијања светлости која падне на ту површину.

Фундаментални приступ студији рефлексивних особина коловозних површина довео је до бољег разумевања механизма одбијања светлости, али не и до развоја система који би олакшао пројектовање осветљења саобраћајница. Зато је разрађен упрошћен, описни систем рефлексивних особина коловозних површина, на основу кога су све суве коловозне површине сврстане у неколико стандардних рефлексивних класа.

Бројне студије су показале да се свака површина састоји од великог броја различито оријентисаних мањих површина, од којих свака рефлектује светлост. Такође је утврђено да на овим малим површинама долази не само до усмерене, него и до дифузне рефлексије, која настаје услед делимичног распршивања светлости. Стога су вршена истраживања са циљем да се оцене утицаји микро и макро текстуре на сва рефлексивна својства влажних коловоза. Закључено је да је у тим ситуацијама микро текстура поплављена, па је стога као огледало. У таквим случајевима рефлексија првенствено зависи од макро текстуре, па она представља једини фактор на основу кога се може

вршити генерална класификација влажних коловозних површина у погледу рефлексионих својстава.

У складу са закључцима међународне комисије за осветљење – CIE и међународне комисије за изградњу путева – PIARC конструкцију и састав коловозних површина треба проучавати са два аспекта:

- Да се задовоље грађевинске карактеристике коловоза у погледу безбедне и удобне вожње, и
- Да се додавањем разних гранулата завршном слоју површине коловоза побољшају рефлексионе особине, а у циљу рационалнијег решења осветљења путева.

РЕФЛЕКСИОНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ КОЛОВОЗНИХ ПОВРШИНА

Сјајност осветљене површине представља мерило светлосног утиска особе која је посматра. Тај утисак зависи не само од осветљености, већ и од рефлексионих карактеристика осветљене површине. Визуелна перцепција неког објекта (нпр. препреке на путу) потиче од субјективног утиска да постоји контраст, односно разлика сјајности између објекта и његове позадине, при чему сјајност позадине зависи и од рефлексионих карактеристика површине коловоза.

Од различитих типова рефлексије, за већину сувих коловозних површина, најкарактеристичнија је мешовита рефлексија која је састављена од полудифузне и дифузне компоненте.

У зависности од:

- материјала и текстуре коловозне површине,
- стања истрошености и запрљаности коловоза,
- влажности,
- глаткости, и
- смера упадне светлости и положаја посматрача,

коловозне површине показују велику разноликост у погледу вредности фактора рефлексије и удела компоненте полудифузне (усмерене) рефлексије.

КОЕФИЦИЈЕНТ СЈАЈНОСТИ

Да би се рефлексионе карактеристике површине коловоза квантитативно третирали, уведен је појам коефицијента сјајности (*luminance coefficient*). Начин на који се коефицијент сјајности прорачунава, као и друге величине од значаја за технику осветљења путева, прописује важећи стандард² SRPS EN 13201-3:2016 Осветљење

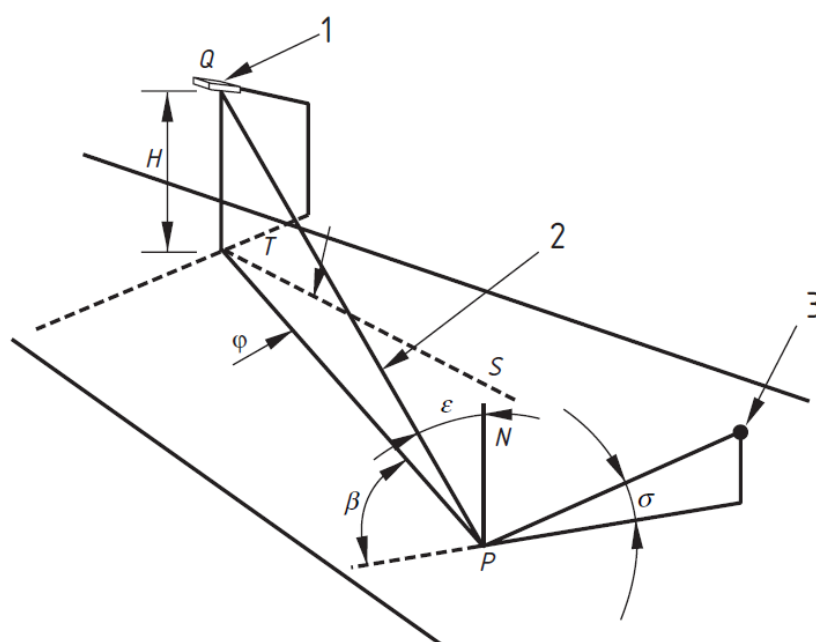
² У складу са Законом о стандардизацији („Службени гласник РС“, број 36/2009 и 46/2015), примена стандарда је, у складу са чланом 17. Закона, добровољна.

путева — Део 3: Прорачун радних карактеристика (*Road lighting - Part 3: Calculation of performance*).

Коефицијент сјајности (q) у некој тачки P коловозне површине дефинише се као однос сјајности (L_p), коју на оку посматрача изазива светлосни зрак настао распршеном рефлексијом у тачки P осветљеној помоћу светлосног извора S , и хоризонталне осветљености (E_{hp}) у тој тачки, односно:

$$q = \frac{L_p}{E_{hp}}$$

Међутим, јасно је да у датој тачки P на путном покривачу има тако много вредности за коефицијент сјајности q , колико и могућих праваца упадне светлости и праваца посматрања.



Слика 3.1. Углови од којих зависи коефицијент сјајности

Пошто се положај извора светлости и положај посматрача у односу на дату тачку P могу одредити помоћу углова σ , β , ϵ и δ , као што је приказано на слици 3.1, усвојено је да се и коефицијент сјајности приказује у зависности од других углова, односно $q = q(\sigma, \beta, \epsilon, \delta)$. Са претходне слике се види да је:

σ – угао посматрања (угао између правца посматрања и његове пројекције на равни коловоза),

β – угао између вертикалне равни упада светлости и вертикалне равни посматрања,

ϵ – угао између смера упада светлости и вертикалне осе светиљке усмерене наниже (упадни угао светлости), и

δ – угао између вертикалне равни посматрања и осе пута.

Пошто је за уобичајене ширине пута мање од 25 m и даљине посматрања веће од 60 m угао $\delta < 20^\circ$, то се његов утицај на вредност коефицијента сјајности може занемарити.

За поље посматрања, односно прописима дефинисану површину пута испред возача на којој он треба да угледа препреку, као и за стандардну висину посматрања од 1.5 m (која се може сматрати просечном висином ока возача моторног возила), угао посматрања σ варира само између 0.5° и 1.5° . Мерења су показала да се у овом опсегу може занемарити и зависност коефицијента сјајности q од угла σ .

Имајући претходно у виду, у пракси се узима да коефицијент сјајности зависи само од преостала два угла, односно $q = q(\beta, \epsilon)$.

Представљање конкретног путног покривача помоћу вредности коефицијента сјајности у његовим изабраним тачкама је веома компликовано и може се спровести само у лабораторијским условима. Зато се у пракси користе поједностављени описни системи путних покривача, помоћу којих се са задовољавајућом тачношћу могу одредити рефлексиона својства било какве суве коловозне површине.

ОПИС КОЛОВОЗНИХ ПОВРШИНА ПОМОЋУ ТАБЕЛА (РЕДУКОВАНОГ) КОЕФИЦИЈЕНТА СЈАЈНОСТИ

У пракси се рефлексионе особине комплетне коловозне површине приказују помоћу дводимензионалне табеле у којој је коефицијент сјајности (q) дат за читав низ комбинација углова β и ϵ .

За лакше израчунавање сјајности, уместо табела са вредностима коефицијента сјајности, дају се табеле са вредностима редукованог коефицијента сјајности (r), који се у складу са стандардом SRPS EN 13201-3:2016 дефинише као:

$$r = q \cdot \cos^3 \gamma = r(\beta, \epsilon).$$

Сјајност у некој тачки P се сада може израчунати помоћу формуле

$$L_p = q \cdot E_{hp} = q \cdot \frac{I_\gamma}{h^2}$$

у којој су:

I_γ – интензитет светиљке у правцу тачке P, и

h – висина монтаже светиљке.

Табела редукованог коефицијента сјајности се такође зове и табела рефлексије (или r – табела). У њој су вредности r помножене са 10^5 и дате за стандардне комбинације параметара β и $\text{tg}\epsilon$.

Поседовање табеле рефлексије омогућава израчунавање сјајности коју посматрана светиљка ствара у произвољној тачки коловозне површине, а за унапред дефинисан положај посматрача.

Претходно је речено да се табела рефлексије за конкретну коловозну површину може добити само на основу дугих лабораторијских мерења на узорку стварног коловоза. Да би се она избегла, дефинисане су четири стандардне рефлексионе класе коловоза, одабране тако да репрезентују скоро све врсте сувих путних покривача који се јављају у пракси.

Избор параметара помоћу којих се описују рефлексивне особине коловозне површине базиран је на мишљењу да се највећи број површина може довољно добро окарактерисати помоћу степена светлине (или степена сивог, од белог ка црном) и степена огледалности (усмерености рефлексивности). Параметри које је CIE³ усвојила за овај описни систем су:

а) за степен светлине – средњи коефицијент сјајности Q_0 , дефинисан релацијом

$$Q_0 = \frac{\int_0^{\Omega_0} q d\Omega}{\Omega_0}$$

б) за степен огледалности – фактори S_1 и S_2 , дефинисани помоћу релација

$$S_1 = \frac{r(0,2)}{r(0,0)} = 0.089 \frac{q(0,2)}{q(0,0)}$$

и

$$S_2 = \frac{Q_0}{r(0,0)}$$

у којима су:

q – коефицијент сјајности (који зависи од угла β и ϵ),

Ω_0 – просторни угао који садржи све смерове упада светлости у посматрану тачку на путу (P), који практично утичу на њену сјајност,

$r(0,2)$ – редуковани коефицијент сјајности у правцу дефинисаном са $\beta = 0$ и $\text{tg}\epsilon = 2$, и

$r(0,0)$ – редуковани коефицијент сјајности у правцу нормале на површину у тачки P ($\beta = 0$ и $\text{tg}\epsilon = 0$),

КЛАСИФИКАЦИЈА СУВИХ КОЛОВОЗНИХ ПОВРШИНА

Описни параметри Q_0 и S_1 су узети као база за дефинисање стандардних класификационих система за све суве коловозне површине. Експериментално је показано да је релативно мали број класа довољан за постизање потребне тачности. Границе тих класа су изабране само на бази фактора огледалности S_1 .

R - КЛАСИФИКАЦИОНИ СИСТЕМ

Најпознатији и најмасовније коришћен систем је R - класификациони систем, усвојен од стране CIE. Он омогућава да се сваки тип суве коловозне површине, а у зависности од вредности фактора S_1 , сврста у једну од четири стандардне рефлексивне класе коловоза (R1, R2, R3 и R4). За сваку од њих постоји табела рефлексивности (r – табела) и њој придружен нормализовани средњи коефицијент сјајности.

Препоручује се да се R – систем користи у оним земљама где се у површински слој коловоза не стављају вештачки гранулати за побољшање рефлексивности. Да би се овај систем правилно применио, неопходно је да се мерењима на конкретном узорку

³ Commission International de l'Eclairage – Међународна комисија за осветљење

одреде параметри коловозне површине Q_0 и S_1 . Овај други омогућава усвајање најприближније стандардне рефлексивне класе коловоза, што је приказано у наредној табели.

Табела 3.2. R - класификациони систем за суве коловозе

Класа	S_1 - границе	S_1 стандард	Q_0 нормал.	Тип рефлексивне
R1	$S_1 < 0.42$	0.25	0.10	Дифузна
R2	$0.42 \leq S_1 < 0.85$	0.58	0.07	Приближно дифузна
R3	$0.85 \leq S_1 < 1.35$	1.11	0.07	Слабо усмерена
R4	$1.35 \leq S_1$	1.55	0.08	Усмерена

Да би се добила r – табела посматраног коловоза, потребно је вредности редукованог коефицијента сјајности из табеле рефлексивне која је придружена усвојеној стандардној рефлексивној класи помножити корекционим фактором

$$K_f = \frac{Q_0(\text{измерено})}{Q_0(\text{из табеле})}$$

Мерење фактора Q_0 врши се директним или индиректним рефлектометром.

У табели 3.3. је описно дат састав површинског слоја коловоза за сваку од стандардних рефлексивних класа R1, R2, R3 и R4.

Табела 3.3. Опис састава површинског слоја коловоза стандардних класа

Класа	Опис
R1	<p>Асфалтни путни покривач са најмање 15% вештачког материјала за повећање сјајности (Grenette, Luxovite, Synopal и сл.) или са најмање 30% јако светлих анортозита (арцлит, лабрадорит и сл.).</p> <p>Покривачи са каменом ситнежи која покрива више од 80% површине коловоза, при чему је камена ситнеж претежно састављена од материјала за повећање сјајности или од 100% веома светлих анортозита.</p> <p>Бетонска површина.</p>
R2	<p>Покривачи са храпавом текстуром и нормалним агрегатима.</p> <p>Асфалтни покривачи са 10 до 15% вештачког материјала за повећање сјајности.</p> <p>Груб и храпав асфалтни бетон богат шљунком (> 60%), са зрнима величине до или изнад 10 mm.</p> <p>Ливени асфалт непосредно по извођењу.</p>
R3	<p>Асфалтни бетон у хладном стању (ливени асфалт) са шљунком гранулације до 10 mm, али са храпавом текстуром.</p>

	Покривач са грубом текстуром, али углачаном.
R4	Ливени асфалт после више месеци коришћења. Покривачи са прилично глатком или углачаном текстуром.

Поред претходно наведеног класификационог система, у употреби су и C – класификациони систем и N - класификациони систем, који је такође усвојен од CIE. Он се највише примењује у скандинавским земљама, где је правило да се површинском слоју додају вештачки материјали (такозвани „осветљивачи“), помоћу којих се постижу дифузне рефлексије површине коловоза. Овај систем је такође базиран на факторима S_1 и Q_0 . Према вредностима фактора S_1 , дефинисане су четири стандардне класе типа N и четири њима придружене r – табеле, као што је то урађено и са R - класификационим системом.

Влажне коловозне површине

Светлост коју емитује светиљка на стубу јавног осветљења се тако рефлектује од површине коловоза да посматрач, удаљен око 60 m од стуба, има утисак да она долази од светле мрље на коловозу, чији је облик сличан слову T. Она се састоји од „главе“ и „репа“. Главу образује светлост која се емитује под угловима мањим од 60%, рачунатим у односу на вертикалну осу светиљке окренуту наниже. Преостали део светлости образује реп.

Димензије главе и репа зависе од већег броја фактора, од којих су најутицајнији: састав и стање површине коловоза (светлија или тамнија, груба или глатка, сува или влажна), затим расподела светлосног флуksа и висина монтаже светиљке, као и локалне географске специфичности (опало лишће, песак, снег,...).

Глава T-мрље је утолико већа, уколико је већи удео компоненте дифузне рефлексије и уколико светлост коју емитује светиљка покрива већи део ширине коловоза. Реп светле мрље је утолико дужи, уколико је светиљка слабије засењена (уколико дуж осе коловоза зрачи и под већим угловима у односу на вертикалу) и уколико је коловоз глаткији или влажнији.

Дакле, код влажне коловозне површине, код које преовладава компонента усмерене рефлексије, долази до смањења главе T-мрље и повећања и сужавања њеног репа. Последица овога је значајно опадање опште равномерности сјајности (U_0), док је опадање подужне равномерности сјајности (U_1) доста мање изражено. Величина овог ефекта зависи од структуре коловозне површине, геометрије уређаја осветљења и расподеле флуksа светиљки. Уколико је примењена грубља текстура, овај ефекат је мање изражен (тада су рефлектујућа својства коловозне површине мање осетљива на влажност). Обрнуто, ефекат велике неравномерности сјајности коловозне површине (по правилу праћен и појавом рефлектованог бљештања) веома је изражен код глатких коловозних површина. Због тога се на географским локацијама са влажном климом процес пројектовања осветљења саобраћајнице започиње истовремено са дефинисањем типа коловозне површине, односно пројектант осветљења треба да учествује у избору коловозне површине. Правилан избор коловозне површине представља предуслов за постизање прихватљивих светлотехничких перформанси

коловоза у влажним условима, које треба постићи без великог жртвовања перформанси коловоза у сувим условима. При томе, једино узимање у обзир и сувих и влажних услова може довести до оптималног компромисног решења осветљења саобраћајнице.

Бројна истраживања у овој области довела су до развоја практичног система класификације влажних коловоза, који омогућава израчунавање основних светлотехничких параметара (нивоа сјајности и опште и подужне равномерности сјајности). Иако овај систем има озбиљне недостатке, пракса је показала да се његовом применом добијају углавном коректне представе о рефлексивним својствима влажних коловозних површина.

3.2 Осветљење путева

ОСНОВНИ ЗАДАЦИ ОСВЕТЉЕЊА ПУТЕВА

Основни задаци осветљења путева су:

- да возачима моторних возила, мотоциклистима и бициклистима омогући безбедно, брзо и удобно кретање,
- да омогући безбедно кретање пешака, а у смислу пружања могућности да уоче опасност, оријентишу се и препознају друге пешаке, и
- да поправи ноћни изглед окружења пута.

Као што се види, акценат је стављен на безбедност корисника путева. Наиме, још су прва истраживања утицаја осветљења путева на броја саобраћајних удеса, спроведена педесетих година у Великој Британији, показала да број смртних случајева и озбиљних повреда може да се смањи за око 30% уколико се путеви осветле. Резултати свеобухватне анализе, садржани у извештају CIE бр. 93-1992 и базирани на студијама које су потицале из 15 земаља, показали су да осветљење путева доводи до:

- смањења жртава међу пешацима од 45 до 57%,
- смањења смртних случајева на путевима од 48 до 65%, и
- смањења укупног броја саобраћајних удеса од 14 до 53%.

Пошто је неспорно потврђено да осветљење путева значајно повећава безбедност учесника у саобраћају, а самим тим и смањује материјалне штете које настају приликом саобраћајних удеса, основни задатак стручњака из ове области био је да се најпре дефинишу фактори квалитета осветљења саобраћајница (доминантни утицајни светлотехнички параметри), а затим одреде њихове минималне (прихватљиве) вредности. При томе је поред захтева за добром видљивошћу, односно задовољавајућим видним перформансама, требало испунити и захтев за довољним видним комфором, који укључује смањење психичке напетости возача у току вожње, а самим тим и спречавање његовог превременог замора и губитка концентрације.

ПОСТИЗАЊЕ ДОБРЕ ВИДЉИВОСТИ

Постизање добре видљивости у ноћним сатима значи креирање таквих видних услова који ће омогућити возачу да правовремено и јасно уочи ток и границе пута, укрштања, прикључке и одвојке, пешачке прелазе, опасна места и саобраћајну сигнализацију. Посебно је важно да возач на време уочи евентуалну препреку на путу и да буде у могућности да одреди њену величину, удаљеност, брзину и смер кретања. Само у том случају ће бити у могућности да правовремено изврши потребан маневар, који неће бити опасан ни по њега, ни по остале учеснике у саобраћају.

Пракса је показала да добра видљивост значи постизање задовољавајуће контрастне осетљивости, оштрине вида, процене растојања и брзине запажања. Бројне студије су потврдиле да је један од основних светлотехничких параметара од кога зависе све побројане видне перформансе – ниво сјајности коловоза. Наиме, показало се да треба применити принцип осветљеног коловоза у односу на који се објекти (препреке) на путу уочавају као тамне силуете. Зато повећан ниво сјајности коловоза значи и повећане контрасти препрека, односно повећану моћ уочавања. Експерименти су показали да моћ уочавања, дефинисана као проценат унапред дефинисаног скупа објеката који ће бити детектован у било којој тачки пута (дакле, и на његовом најтамнијем делу), износи испод 10% при нивоу сјајности од $0,5 \text{ cd/m}^2$, а чак 85% при нивоу сјајности од 2 cd/m^2 . У оба случаја је општа равномерност сјајности (U_o), која је дефинисана односом минималне сјајности која се има у тачкама површине коловоза и његове средње сјајности, износила 40%, док је релативни пораст прага (TI) износио 7%. Такође је констатовано да осветљеност околине пута утиче на потребан ниво сјајности коловоза. Осветљене околине пута смањују контрастну осетљивост ока, што се може компензовати повећањем нивоа сјајности коловоза. Обрнуто, тамним околинама пута одговарају мањи нивои сјајности коловоза.

С обзиром на чињеницу да су очи возача адаптиране на ниво сјајности површине коловоза, редукована је моћ опажања објеката у тамнијим деловима околине пута, из којих може да се појави опасна препрека. Да би се избегла ова опасност, потребно је осветлити и део непосредне околине пута. Као квантитативни показатељ квалитета осветљења непосредне околине пута, уведен је појам коефицијента окружења (скраћено SR – од енглеских речи surround ratio). Он се за непосредно окружење сваке ивице коловоза дефинише као однос средње хоризонталне осветљености траке ширине 5m (или мање, ако нема довољно простора), која се наставља на коловоз, и средње хоризонталне осветљености њој суседног дела коловоза, чија је ширина 5m, односно половина ширине коловоза (узима се мања од њих). При томе се путеви са одвојеним саобраћајницама за сваки смер вожње и раздвојним појасом између њих третирају као јединствена путна површина, изузев када је ширина раздвојног појаса већа од 10 m. У случајевима када су непосредне околине ивица коловоза посебно осветљене, није потребно проверавати да ли се коефицијент окружења налази у прихватљивим границама.

Поред нивоа сјајности коловоза, на добру видљивост веома утиче и општа равномерност сјајности. Може се видети да у опсегу препоручених нивоа сјајности

коловоза за различите врсте путева ($0,5 - 2 \text{ cd/m}^2$) повећање опште равномерности сјајности од 0,2 на 0,4 може довести до вишеструког повећања моћи уочавања.

На добру видљивост значајно утиче и физиолошко бљештање, које треба свести у границе прихватљивог у целокупном јавном осветљењу. Као показатељ успешности ограничења ове врсте бљештања користи се релативни пораст прага. Такође, на видне перформансе возача утиче и спектар извора светлости.

ПОСТИЗАЊЕ ДОБРОГ ВИДНОГ КОМФОРА

Што се тиче видног комфора, на њега одлучујуће утичу ниво сјајности, подужна равномерност сјајности, психолошко бљештање и визуелно вођење.

Бројни експерименти су показали да је на путевима секундарног значаја за добар видни комфор потребан ниво сјајности коловоза од око $1,2 \text{ cd/m}^2$, а на главним путевима – ниво сјајности од око 3 cd/m^2 .

На видни комфор значајно утиче и подужна равномерност сјајности (U_1), која се као однос L_{min}/L_{max} дефинише за осу сваке саобраћајне траке (L_{min} и L_{max} су минимална и максимална вредност сјајности у тачкама осе). Подужна равномерност сјајности показује да ли је наизменично појављивање делова коловоза већих и мањих сјајности у границама прихватљивог. Она се као светлотехнички параметар примењује само код дугих, непрекинутих деоница пута са густим саобраћајем.

Не постоји потпуно прихватљива метода за квантитативну процену сношљивости психолошког бљештања. До скоро се примењивала метода која је почивала на израчунавању индекса бљештања. Иако је код стандардних инсталација осветљења путева ова метода давала задовољавајуће резултате, постојале су и инсталације (нпр. изведене применом високих стубова или применом различитих типова светиљки у оквиру истог система осветљења) код којих је примена ове методе доводила до апсурдних закључака. Уз то, дошло се и до сазнања (верификованог бројним проверама на изведеним инсталацијама осветљења) да системи осветљења који задовољавају са аспекта ограничења физиолошког бљештања, по правилу задовољавају и са аспекта ограничења психолошког бљештања. Ове чињенице су довеле до тога да је психолошко бљештање изостављено са листе фактора квалитета осветљења путева.

Визуелно (оптичко) вођење представља скуп мера које учесницима у саобраћају треба да омогуће јасну представу о току саобраћајнице, односно брзо уочавање наиласка кривина и свих промена на траси (прикључци, одвојци, укрштања, петље, опасна места), и то са удаљености која и при максималној брзини вожње, која је дозвољена на посматраној деоници пута, омогућава извођење безбедног маневра. Значајним проширењем видног поља возача у односу на оно које је одређено фаровима возила и пружањем правилне информације о траси саобраћајнице, визуелно вођење не само да повећава безбедност возача, него и смањује његово напрезање и замор.

Са аспекта визуелног вођења, при пројектовању осветљења путева потребно је посебну пажњу посветити примени следећих мера:

- на путевима са посебним коловозним површинама за сваки смер возње и невозним раздвојним појасом, потребно је да стубови буду постављени у оси раздвојног појаса,
- у кривини стубове треба поставити дуж њене спољне ивице,
- за усмеравање саобраћаја на појединим деловима пута (нпр. код прикључака и одвојака) препоручује се примена извора светлости различитих боја (тада боје извора делују као путокази), и
- препоручује се промена боје светлосног извора на местима укрштања са другим путевима, кружним токовима, итд. (промену треба доследно примењивати дуж целог пута).

СВЕТЛОТЕХНИЧКЕ КЛАСЕ ПУТЕВА ЗА МОТОРНИ И МЕШОВИТИ САОБРАЋАЈ

У складу са важећим стандардом SRPS CEN/TR 13201-1:2015 Осветљење путева — Део 1: Смернице за избор класа осветљења (*Road lighting — Part 1: Guidelines on selection of lighting classes*), све саобраћајнице за моторни и мешовити саобраћај сврстане су у шест светлотехничких класа, М1 до М6, а у зависности од категорије пута, густине и сложености саобраћаја, као и од постојања средстава за контролу саобраћаја (семафора, саобраћајних знакова, ознака на путу, потребне саобраћајне регулативе) и средстава за одвајање појединих учесника у саобраћају. У следећој табели су дати типични примери саобраћајница које припадају појединим светлотехничким класама. Пратећи описи су дати само у основним цртама, а у циљу олакшавања класификације стварних путева. У том процесу треба разматрати све учеснике у саобраћају: возаче моторних возила, мотоциклисте, бициклисте и пешаке.

Табела 3.4. Светлотехничке класе саобраћајница за различите типове путева

Опис пута	Светлотехничка класа
Путеви великих брзина са одвојеним коловозима, без раскрсница у нивоу и са потпуном контролом прикључака и одвојака, аутопутеви, експресни путеви. Густина саобраћаја и сложеност трасе пута ⁴ :	
Велика	М1
Средња	М2
Мала	М3
Путеви великих брзина са коловозом за два смера вожње. Контрола саобраћаја ⁵ и одвајање ⁶ разних учесника у саобраћају ⁷	
Лоша	М1
Добра	М2
Важне градске саобраћајнице: градске артерије и главни обласни путеви. Контрола саобраћаја и одвајање разних учесника у саобраћају:	
Лоша	М1
Добра	М2

⁴ Напомена: Сложеност трасе пута се односи на инфраструктуру, кретање саобраћаја и визуелно окружење. Фактори које треба разматрати су: број трака, нагиби, знаци и семафори. Улазне и излазне рампе, уливање саобраћајних токова, троугаона острва и томе слично, такође се морају узети у обзир.

⁵ Управљање саобраћајем се односи на постојање семафора, саобраћајних знакова, ознака на коловозу и саобраћајних прописа. Кад их нема или су ретки, управљање саобраћајем се сматра лошим и обрнуто.

⁶ Одвајање појединих учесника у саобраћају се обавља тракама посебне намене или ограничавањем једног или више видова саобраћаја. При оваквом раздвајању и нижи степен осветљења може да дође у обзир.

⁷ Разни корисници пута (учесници у саобраћају) су возачи аутомобила, камиона, спорих возила, аутобуса, као и мотоциклисти, бициклисти и пешаци.

Опис пута	Светлотехничка класа
Сабирне улица мањег значаја, локалне саобраћајнице, главни путеви за прилаз насељу. Улице које обезбеђују директан приступ поседима и излазе на сабирне улице. Контрола саобраћаја и одвајање појединих учесника у саобраћају:	
Лоша	M1
Добра	M2

Напоменимо да у случају привремене промене светлотехничке класе саобраћајнице (која се најчешће примењује у случајевима значајније промене густине саобраћаја у току дана), прелазак из једне класе у другу подразумева испуњеност свих захтева који важе за класу у коју се привремено прелази.

Следећа табела, која је прописана важећим стандардом SRPS EN 13201-2:2016 Осветљење путева — Део 2: Захтеви за радне карактеристике (*Road lighting - Part 2: Performance requirements*), омогућава да се по сврставању посматраног пута за моторни или мешовити саобраћај у неку од стандардом дефинисаних светлотехничких класа (M1 до M6), одреде оне вредности побројаних светлотехничких параметара које још увек обезбеђују добру видљивост и добар видни комфор.

Табела 3.5. Светлотехнички захтеви за моторни и мешовити саобраћај

Класа	Нивои сјајности коловоза у условима сувих и влажних коловозних површина				Вредност релативног пораста прага	Коефицијент окружења
	Суве коловозне површине		Влажне кол. повр.	Суве кол. повр.		
	L_{sr} (min) (cd/m ²)	U_o (min)	U_1 (min)	U_{ow}^b (min)	TI (max) %	SR (min)
M1	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M2	1,50	0,40	0,70	0,15	10	0,35
M3	1,00	0,40	0,60	0,15	10	0,30
M4	0,75	0,40	0,60	0,15	15	0,30
M5	0,50	0,35	0,35	0,15	15	0,30
M6	0,30	0,35	0,35	0,15	20	0,30

У претходној табели су дате минималне дозвољене вредности нивоа сјајности (односно средње сјајности) коловоза (L_{sr}), опште и подужне равномерности сјајности (редом U_o и U_1) и коефицијента окружења (SR), као и максимална дозвољена вредност релативног пораста прага (TI). При томе се под нивоом сјајности подразумева његова погонска вредност (добијена множењем почетне вредности и фактора одржавања), док се

релативни пораст прага односи на најкритичнији случај, односно случај који се има при почетним условима.

ОСВЕТЉЕЊЕ РИЗИЧНИХ ПОДРУЧЈА

Ризична подручја се појављују свуда где се укрштају трасе возила, где оне залазе у подручја са пуно пешака и бициклиста, или тамо где постојећи пут прелази у деоницу нестандартне геометрије (мањи број саобраћајних трака, мања ширина трака и томе слично). У овим подручјима се повећава вероватноћа саобраћајних удеса свих врста.

Једна од улога осветљења путева је да укаже на постојање ризичног подручја и омогући да се јасно уоче ивичњаци и ознаке на путу, његова траса, присуство осталих возила, бициклиста и пешака, као и да се јасно лоцирају евентуалне препреке. Ако не постоји осветљење на путу који води ка ризичном подручју или из њега, треба га извести у складу с подацима датим у наведеним табелама, и то на деоници чија дужина треба да обезбеди возњу у трајању од најмање 5s, а при брзини саобраћаја која је предвиђена за ту деоницу (на пример, брзини од 80 km/h одговара дужина деонице од бар 110 m).

Где год је то могуће, осветљење самог ризичног подручја треба пројектовати применом критеријума сјајности, који се, као што је напред речено, користи за саобраћајнице за моторни и мешовити саобраћај. При томе, светлотехничка класа ризичног подручја треба да буде за један степен већа од највеће светлотехничке класе путева који воде у ризично подручје и из њега (на пример, треба усвојити класу М2 уместо класе М3). једино ако неки од прилазних (одводних) путева има класу М1, онда она остаје иста и за ризично подручје.

У случају кратких деоница, односно кратких видних растојања, као и у случају постојања других фактора који онемогућавају примену критеријума сјајности (нпр. честе промене положаја возача, односно тачке посматрања), у једном делу или на целом ризичном подручју треба применити критеријум осветљености, како је то дато стандардом SRPS EN 13201-2:2016, а приказано табелом 3.6.

При примени критеријума осветљености, треба се држати правила да ни у једном делу ризичног подручја ниво осветљености не сме да буде мањи од највећег нивоа осветљености путева који улазе у њега. Да би оно било испуњено, довољно је користити табелу 3.7, у којој су дефинисане светлотехничке класе саобраћајница које почивају на критеријуму осветљености (класе типа С). Оне су за поједина ризична подручја дате у функцији светлотехничких класа (типа М) најважнијих путева који воде до ризичних подручја (на пример, ако је најважнији пут који улази у ризично подручје типа М4, оно треба да буде осветљено у складу са захтевима који одговарају класи С4 или, у извесним случајевима наведеним у следећој табели, у складу са захтевима који одговарају следећој вишој класи, односно класи С3).

Табела 3.6. Светлотехнички захтеви за ризична подручја код којих се примењује критеријум осветљености

Светлотехничка класа	E_{sr} ⁸ (lx) (погонски минимум)	U_o (E) ⁹ (минимум)
C0	50	0.40
C1	30	0.40
C2	20	0.40
C3	15	0.40
C4	10	0.40
C5	7.5	0.40

Табела 3.7. Примери одређивања светлотехничке класе ризичног подручја (класе типа C)

Ризично подручје	Светлотехничка класа по критеријуму осветљености
Подвожњаци	C(N) = M (N)
Укрштања, троугаона острва, рампе, деонице које се преплићу, подручја са саобраћајним тракама мање ширине	C(N-1) = M (N)
Укрштање пруге и пута: просто сложено	C(N) = M (N) C(N-1) = M (N)
Нерегулисана раскрсница са кружним током: сложена или пространа средње сложености проста или мала	C1 C2 C3
Простори у којима се образују редови возила: сложени или пространи средње сложености прости или мали	C1 C3 C5

Напоменимо да употреба релативног пораста прага (TI) за квантитативно вредновање сношљивости физиолошког бљештања у ризичним подручјима често није могућа (због

⁸ Са E_{sr} се означава минимална дозвољена погонска вредност нивоа осветљености, односно средње хоризонталне осветљености целе површине коју користе возила, бициклисти и пешаци (њу чине коловоз и, ако их има, пешачке и бицикличке стазе).

⁹ Са U_o (E) је означена минимална дозвољена вредност опште равномерности (хоризонталне) осветљености, која се дефинише аналогно општој равномерности сјајности.

немогућности израчунавања средње сјајности коловоза). Због тога се у оваквим случајевима препоручује примена следећег критеријума:

Физиолошко бљештање је у границама прихватљивог ако светлосни интензитети у правцима који су одређени угловима $\gamma = 80^\circ$ и $\gamma = 90^\circ$ (у односу на вертикалу окренуту наниже) нису редом већи од 30 cd/klm и 10 cd/klm, и то у свим равнима из којих возач може да види светиљку.

ПАРАМЕТРИ ВРЕДНОВАЊА ФАКТОРА КВАЛИТЕТА ОСВЕТЉЕЊА САОБРАЋАЈНИЦА

Да би се могла извршити процена видљивости и видног комфора саобраћајнице за моторни, мешовити или пешачки саобраћај, неопходно је располагати подацима о нивоу сјајности, општој и подужној равномерности сјајности и релативном порасту прага, односно подацима о нивоу и равномерности осветљености. Стога је неопходно дефинисати део коловоза у чијим ће се изабраним тачкама израчунавати (мерити) сјајност (осветљеност), а на основу тога одређивати и сви побројани светлотехнички параметри. С обзиром да се код реалних коловоза сусрећемо са рефлексијом која се не може сматрати савршено дифузном, сјајност у било којој тачки коловоза зависи и од положаја посматрача, па је и њега потребно дефинисати, односно усвојити. Да би се одговорило свим напред изнетим захтевима, уведени су појмови поља посматрања, поља вредновања, тачака вредновања и положаја посматрања.

Поље посматрања

Оно се дефинише као део коловоза дужине 100 m који лежи испред посматрача, а почиње на 60 m од њега. Ако се узме висина очију посматрача (возача) од 1.5 m, он овај део коловоза види под угловима који су између 1.5° и 0.5° .

Поље вредновања

При кретању возила, заједно са возачем креће се и његово поље посматрања. Почев од једне светиљке као почетка поља посматрања, јасно је да ће се слика сјајности мењати само до следеће светиљке. Дакле, за време вожње слика сјајности се периодично понавља између сваке две суседне светиљке. Због тога је уведено тзв. поље вредновања, дефинисано као део коловоза између две суседне светиљке истог низа светиљки. Код путева без средњег невозног појаса ширина овог поља једнака је ширини целог коловоза, док је код оних других једнака ширини коловоза за само један смер вожње. Такође важи да код двостраног помереног (цик-цак) распореда, поље вредновања започиње код светиљке левог низа, гледано у смеру вожње.

Тачке вредновања

То су оне тачке у пољу вредновања у којима се израчунавају (мере) сјајности или осветљености. Стандардизовано је да су оне равномерно распоређене. Избор тачака вредновања за закривљене делове коловоза код којих полупречник кривине није мањи од 200 m се примењује само на закривљене делове коловоза чији полупречници кривине нису мањи од 200 m (иначе подужна равномерност сјајности, рачуната помоћу изабраних тачака, може имати нереалне вредности).

Такође у оквиру стандардизације је усвојено:

- ако је растојање између суседних светиљки $D \leq 50$ m, број тачака вредновања у уздужном смеру износи $n_l = 10$,
- ако је $D > 50$ m, онда је n_l најмањи цео број који испуњава услов $n_l \geq \frac{D}{5}$ (тада уздужно растојање између суседних тачака вредновања (d) није веће од 5m), и
- попречно растојање између суседних тачака вредновања износи $\check{s} = \frac{\check{S}_v}{5}$ (са \check{S}_v је означена ширина једне возне траке).

Из формуле произилази да за сваку саобраћајну траку у попречном смеру треба предвидети 5 тачака вредновања. При томе, средња тачка мора да лежи на оси симетрије саобраћајне траке (тима је омогућено израчунавање подужне равномерности сјајности). Одатле произилази да су обе крајње тачке једне траке на растојању $0.1 \cdot \check{S}_v$ од ближе ивице траке.

Положај посматрања

Положај посматрања, битан за израчунавање сјајности, дефинисан је као тачка која је у уздужном смеру удаљена 60 m од почетка поља вредновања, која је на 1.5 m изнад коловоза и која је:

- при рачунању (мерењу) средње сјајности (L_{sr}) или опште равномерности сјајности (U_o) од десне ивице коловоза (гледано у смеру вожње) удаљена за $1/4$ ширине коловоза, а
- при рачунању (мерењу) подужне равномерности сјајности (U_l) постављена у симетралној равни сваке возне траке.

Из ове дефиниције произилази да у случају коловоза за два смера вожње постоје по две вредности L_{sr} и U_o , као и да је број вредности U_l једнак броју трака.

На основу претходног, може се израчунати вредност средње сјајности (осветљености) коловоза као аритметичка средина вредности сјајности (хоризонталних осветљености) свих тачака вредновања:

$$L_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n L_k$$

и

$$E_{hsr} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n E_{hk}$$

где је $n = 5 \cdot n_l \cdot n_t$, где је са n_t означен број возних трака).

Опште равномерности сјајности (осветљености) су редом одређене релацијама:

$$U_o = \frac{L_{min}}{L_{sr}}$$

и

$$U_o(E) = \frac{E_{hmin}}{E_{hsr}}$$

где је L_{min} (E_{hmin}) најмања од свих сјајности (хоризонталних осветљености) у тачкама вредновања. Подужна равномерност сјајности је за i -ту возну траку одређена формулом:

$$U_{li} = \frac{L_{min} i}{L_{max} i}$$

где су $L_{min} i$ и $L_{max} i$ редом, минимална и максимална сјајност у тачкама вредновања које припадају оси симетрије i -те возне траке).

Наведене формуле се користе и при мерењу средње сјајности (осветљености), опште равномерности сјајности (осветљености) и подужне равномерности сјајности, при чему је неопходно располагати вредностима сјајности (осветљености) у свим тачкама вредновања. Сјајност се мери применом луминансметра, чији је положај одређен положајем посматрања.

СТАНДАРДНИ РАСПОРЕДИ СТУБОВА И СВЕТИЉКИ

Путеви без средњег невозног појаса

За ову врсту путева се примењује један од четири основна типа распореда стубова, односно светиљки:

- једностранни распоред,
- двострани померени (цик-цак) распоред,
- двострани наспрамни распоред,
- аксијални распоред.

Једностранни распоред

Овај распоред, у коме су стубови постављени поред исте ивице пута, користи се само када ширина пута није већа од висине постављања светиљки ($\check{S} \leq H$). Ако се ради о путу за једносмерни саобраћај, препоручује се да се светиљке поставе поред десне ивице коловоза, гледано у смеру вожње. Код двосмерних путева светиљке треба поставити поред оне ивице коловоза уз коју је гушћи саобраћај. На кривинама, а из разлога постизања доброг визуелног вођења, светиљке треба поставити поред спољног лука кривине.

Једностранни распоред светиљки има недостатак који се огледа у чињеници да је сјајност дела коловоза уз супротну ивицу неизбежно мања од оне која карактерише део коловоза уз ивицу поред које су постављене светиљке. Овај недостатак се може ублажити повећањем превеса светиљке или повећањем нагиба светиљке дефинисаног углом између равни отвора оптичког система светиљке и равни коловоза.

Двострани померени (цик-цак) распоред

У овом случају су светиљке постављене у два међусобно померена низа, од којих се сваки налази поред једне од ивица коловоза. Цик-цак распоред се углавном користи ако је испуњен услов $1 < \check{S}/H \leq 1.5$. Треба нагласити да посебну пажњу треба посветити равномерности сјајности, да не би дошло до наизменичног појављивања светлих и тамних делова коловоза, што производи непријатан цикл-цак ефекат. Пошто је превес светиљке ограничен (из статичких или естетских разлога), решење треба тражити у повећању нагиба светиљке.

Двострани наспрамни распоред

Овај тип распореда, код кога су светиљке постављене једна наспрам друге, углавном се користи онда када је $\check{S}/H > 1.5$. Њега карактерише одлична равномерност сјајности.

Аксијални распоред

Овај тип распореда се по правилу примењује за осветљавање уских улица које су са обе стране оивичене зградама. Светиљке се постављају изнад осе улице, вешајући се на челичне затеге причвршћене на фасадама наспрамних зграда. Ово је веома јефтино решење, чија је предност и боља равномерност сјајности од оне која карактерише једностранни распоред. Слабе стране овог решења су њихање светиљки које проузрокује ветар (што доводи до промена сјајности коловоза, а понекад и до појаве бљештања), и ометање нормалног тока саобраћаја при чишћењу светиљки и замени извора светлости.

Путеви са средњим невозним појасом

За ову врсту путева најчешће се примењују централни распоред и његова комбинација са двостраним наспрамним распоредом.

Централни распоред

Овај тип распореда, који се још назива и једностранни распоред двокраких стубова, изводи се постављањем светиљки на стубовима који се налазе у осци невозног појаса. Обично се примењује онда када је $\check{S}/H \leq 1$ (\check{S} је ширина коловоза за један смер вожње).

Комбиновани централни и двострани наспрамни распоред

Овај тип распореда се изводи комбиновањем централног са двостраним наспрамним распоредом (светиљке овог другог су постављене поред удаљенијих ивица оба коловоза). Најчешћи случај оваквог комбинованог распореда за сваки од индивидуалних коловоза у ствари представља цикл-цак распоред. Обично се изводи онда када је $1 < \check{S}/H \leq 1.5$.

У случајевима када је $\check{S}/H > 1.5$ (који су, додуше, ретки), низови двостраног наспрамног распореда светиљки се постављају тако да су светиљке сваког од ових низова насупрот светиљкама централног распореда (на тај начин се за сваки појединачни коловоз практично постиже двострани наспрамни распоред).

НЕСТАНДАРДНИ РАСПОРЕДИ СВЕТИЉКИ

Нестандардни распореди светиљки се примењују на деловима пута као што су кривине, раскрснице, прикључци и одвојци, раскрснице са кружним током саобраћаја, петље у више нивоа, мостови и надвожњаци,... На свакој од побројаних саобраћајних површина светиљке треба да буду тако распоређене да возача визуелно воде, показујући му даљи ток пута и упозоравајући га на опасна места (кривине, раскрснице, сужавања пута, ...).

Кривине

Кривине полупречника већег од 300m осветљавају се применом оних истих правила која важе за осветљење праволинијских путних деоница. Ако је $R < 300$ m, потребно је смањити растојање између суседних светиљки, примењујући следеће правило: што мањи полупречник кривине, то краће растојање. Искусствено правило је да оно треба да се бира из опсега $0,5 D - 0,75 D$, где је са D означено растојање између суседних светиљки на праволинијској деоници истог пута.

Најбоље визуелно вођење се постиже применом једностраног распореда светиљки на спољном луку кривине. Начелно, ово правило се примењује ако ширина пута није већа од $1,5 H$. Ако су на праволинијском делу пута светиљке тако постављене да би се настављањем њиховог низа оне појавиле на унутрашњем луку кривине, потребно је да се на кривини промени њихов распоред. При томе треба пазити да се избегне опасна ситуација која може да пружи погрешну представу о току саобраћајнице.

Аксијални распоред се задржава и у кривини, с тим што се скраћује растојање између суседних светиљки (важи исто правило као и за једнострану распоред).

Ако је ширина пута већа од $1,5 H$, препоручује се примена двостраног наспрамног распореда.

Раскрснице, прикључци и одвојци

Раскрснице треба да буду тако осветљене да издалека буду јасно уочљиве. Њихово осветљење треба да помогне возачу да тачно изабере наставак пута којим се кретао. У том циљу се препоручују:

- већи ниво сјајности од највећег нивоа сјајности прикључних путева,
- различити распореди светиљки на главним и споредним путевима, и
- промена боје извора светлости у светиљкама на раскрсници.

Што се тиче осветљавања раскрсница са кружним током саобраћаја, пракса је показала да најбоље решење представљају стубови постављени уз спољни обим раскрснице. Они се из даљине боље сагледавају него стубови постављени на централном острву раскрснице, а обезбеђују и значајно боље визуелно вођење. На оваквим раскрсницама возила треба да буду јасно осветљена директном светлошћу, јер углови и растојања на раскрсници по правилу не дозвољавају употребу принципа тамне силуете, примењеног за осветљење путева.

Петље у више нивоа

Пракса је показала да је често боље применити решење са мањим бројем високих стубова ($H \geq 20 \text{ m}$), него решење са великим бројем конвенционалних стубова, јер нивои ових других могу да делују збуњујуће. На сваки од високих стубова се монтира већи број рефлектора са изворима великих снага, од којих сваки осветљава део петље. Решење са високим стубовима је свакако атрактивније, мада је одређивање њихових локација прилично комплексан проблем, као и сам избор рефлектора.

Мостови и надвожњаци

Мостове и надвожњаке треба тако осветлити да сјајност њихових коловоза буде једнака или већа од сјајности прикључних путева. При томе, ако је профил моста (надвожњака) идентичан са профилем прикључног пута, распоред светиљки, а самим тим и светлотехнички параметри, треба да остану исти са онима на путу. У случају када је коловоз моста (надвожњака) ужи од коловоза прикључног пута, препоручује се повећање сјајности, док се у случају моста (надвожњака) чији је коловоз шири од коловоза прикључног пута, препоручује промена распореда светиљки у односу на онај који је примењен на том путу. Применом ових принципа, у оба случаја ће се возач правовремено упозорити на промену која наилази. У том циљу је потребно и посебно истаћи приступна и излазна места на мосту (надвожњаку) и омогућити добру видљивост ивица коловоза и ограде моста, односно надвожњака.

Уколико су мостови подигнути преко пловних река, или између острва и копна, потребно је да њихово осветљење визуелно истакне контуру моста и на тај начин омогући лакши пролаз бродова. Често се примењују засењене светиљке, а у циљу спречавања појаве бљештања, које би ометало саобраћај на води, односно на путу испод надвожњака.

Најчешће се примењује двострани распоред светиљки, које се монтирају било на стубове стандардне висине, било на елементе ограде моста, односно надвожњака.

ОДРЖАВАЊЕ СИСТЕМА ОСВЕТЉЕЊА ПУТЕВА

Пошто у току експлоатације уређаја за осветљење долази до опадања светлосног флукса светиљки (услед запрљања њихових оптичких делова и старења извора светлости), неопходно је обезбедити активно одржавање, које ће омогућити периодично обнављање почетних вредности фотометријских карактеристика светиљки, а самим тим и почетних вредности релевантних светлотехничких параметара саобраћајнице. При томе је јасно да квалитетније одржавање значи већи фактор одржавања, односно мању разлику између почетних и погонских вредности осветљености (сјајности коловоза, што за последицу има мањи број светиљки на посматраној деоници пута, односно мања инвестициона улагања и мању потрошњу електричне енергије. Пошто боље одржавање подразумева веће трошкове, и у овом случају се може применити алгоритам који би, коришћењем критеријума минималних укупних трошкова, омогућио одређивање оптималних параметара одржавања (периода чишћења светиљки и периода замене извора светлости).

Добро одржавање је могуће само ако се примене светиљке одговарајућег степена механичке заштите. На пример, у случају треће категорије загађености ваздуха (прљава атмосфера), фактор одржавања (одређен за уобичајене услове одржавања) има следеће вредности: за отворене светиљке са степеном механичке заштите IP 23 – 0.50, за затворене светиљке степена IP 54 – 0.70, а за прахозаптивене светиљке (IP 65) – чак 0.85. Због тога је правилан избор светиљке, који се, између осталог, врши и у зависности од загађености ваздуха, основни предуслов квалитетног одржавања уређаја за осветљење.

У циљу заштите од корозије, неопходно је периодично бојење стубова, које се врши коришћењем неког од заштитних премаза.

РЕГУЛАЦИЈА ВРЕДНОСТИ СВЕЛОТЕХНИЧКИХ ПАРАМЕТАРА ОСВЕТЉЕНОГ ПУТА

Пошто се осветљење саобраћајнице пројектује за најнеповољније услове (највеће густине возила и пешака), јасно је да је пројектовани ниво осветљености (сјајности) коловоза веома често могуће смањити у каснијим ноћним сатима (на тај начин су могуће значајније уштеде енергије) Пошто је потребно задржати пројектоване вредности равномерности осветљености (сјајности), у примени су следећа три решења:

- употреба светиљки са по два извора, од којих се један искључује у периоду редукције нивоа осветљености (сјајности),
- употреба двостепених баласта, и
- употреба уређаја за регулацију флуksа извора светлости (димера).

Прва два решења су техничко-технолошки превазиђена, тако да се у модерном осветљењу користи треће решење, које омогућава уштеде електричне енергије.

ПРОЈЕКТОВАЊЕ ОСВЕТЉЕЊА САОБРАЋАЈНИЦА

Поступак пројектовања осветљења саобраћајнице се састоји од одређеног броја етапа, које се по правилу одвијају по следећем редоследу:

1. Пре почетка израде пројекта, треба располагати следећим подлогама, подацима и захтевима:
 - катастарско-топографским планом и ситуационим планом (из којих се виде траса пута, његова околина и карактеристични детаљи пута и околине (прикључци и одвојци, укрштања, околне зграде, дрвореди, ...));
 - карактеристичним профилима пута (из којих се, између осталог, може видети и да ли постоје пешачке, бициклистичке и трамвајске стазе),
 - подацима о површинском слоју коловоза, да би се могла дефинисати његова рефлексiona класа (ови подаци су потребни ако се примењује принцип пројектовања на основу сјајности),
 - подацима о садашњем и будућем значају саобраћајнице и свих врста прикључака (врсте саобраћаја (друмски, трамвајски, тролејбуски,

- бициклически, пешачки), брзина вожње и густина моторног и пешачког саобраћаја),
- подацима о путној сигнализацији,
 - подацима о загађености околине, и
 - урбанистичким и саобраћајно-техничким захтевима (који могу значајно да утичу на висину, начин монтаже и изглед светиљки).
2. На основу наведених података треба одредити светлотехничку класу саобраћајнице (типа М, С или Р), одакле произилази и избор принципа пројектовања (на основу осветљености или сјајности).
 3. Затим се (на основу стандарда) одређују светлотехнички захтеви које треба испунити.
 4. Ако се примењује принцип пројектовања на основу сјајности, потребно је или на основу података о површинском слоју коловоза из тачке 1. и класификације, или на основу мерења на стварном коловозу или у лабораторији, одредити стандардну рефлексивну класу коловоза ($R1 \div R4$) и средњи коефицијент сјајности (Q_o).
 5. Затим се изабере тип извора светлости и светиљка, а на основу следећих података:
 - изгледа околине, односно потребе за бојом и репродукцијом боје извора светлости,
 - захтева визуелног вођења, евентуално везаних за боју светлости,
 - светлотехничке класе саобраћајнице,
 - напред одређених вредности релевантних светлотехничких параметара, који утичу на тип и снагу извора, као и на избор типа светиљке (пре свега са аспекта ограничења бљештања и постизања потребних равномерности осветљености, односно сјајности),
 - загађености околине (утиче на степен механичке заштите светиљки),
 - естетских захтева (усклађеност са околином), и
 - могућности монтаже и одржавања светиљки.
 6. Потом се изабере распоред светиљки, који најчешће зависи од ширине коловоза, карактеристичних детаља трасе, захтева визуелног вођења и урбанистичких захтева, односно могућих висина монтаже светиљки.
 7. После тога се одреде следећи параметри геометрије уређаја осветљења:
 - висина монтаже светиљке (H),
 - превес светиљке (\check{S}_1),
 - растојање основе стуба од ближе ивице коловоза (\check{S}_2), и
 - нагиб светиљке (δ)

При одређивању висине монтаже светиљки, треба размотрити следеће смернице:

- код уобичајених ширина коловоза за моторни и мешовити саобраћај, висина монтаже светиљки треба да износи 7.5 – 10 m,
- код ширих коловоза (ауто-путеви, путеви великих брзина, главни путеви), висина монтаже светиљки треба да буде $H \geq 12$ m, и
- на петљама и широким раскрсницама треба да се користе високи стубови код којих је $H \geq 20$ m.

Избор превеса и нагиба светиљке по правилу зависи од ширине коловоза и могућности подешавања оптичког система светиљке.

Растојање основе стуба од ближе ивице коловоза је по правилу одређено саобраћајно – техничким захтевима (мора да буде довољно велико да би се избегле саобраћајне незгоде и непотребна оштећења стубова).

8. На крају се изврши светлотехнички прорачун, који треба да одреди растојање (D) између суседних светиљки. У току овог прорачуна, у оквирима технички и естетски прихватљивог могу се мењати и параметри геометрије уређаја осветљења, а у циљу испуњавања свих светлотехничких захтева из тачке 3.

3.3 Осветљење тунела

По природи ствари, сваки тунел је саставни део неке саобраћајнице, па самим тим и целине система саобраћаја. У безбедносном смислу тунел представља проблем, пре свега због тога што учесници у саобраћају, приликом уласка у тунел или изласка из њега имају потребу за адаптацијом свог вида. Да би се овај проблем ублажио, тунели се осветљавају. При томе је ноћно осветљење уобичајено, слично осветљењу других саобраћајница, док осветљење тунела у дневним условима захтева посебан третман, са веома високим фотометријским захтевима. Прецизно постављени и конкретно реализовани, ови захтеви треба да обезбеде да опадање визуелних перформанси возача који улази у тунел и путује кроз њега буде у границама прихватљивог.

Дакле, улазећи у тунел, возач се суочава са проблемом адаптације свог вида. Наиме, долази до нагле промене нивоа сјајности, од оног који ствара дневна светлост изван тунела, до веома ниског нивоа сјајности у тунелу (он је најчешће одређен фаровима возила). При овако великој промени нивоа сјајности, очи возача се споро прилагођавају. Како је пређени пут сразмеран са временом адаптације вида, при већим брзинама возила може доћи до опасних ситуација. Овом феномену, који се може назвати временска компонента адаптације вида, треба додати и проблем такозване просторне адаптације.

При нормалној вожњи, видно поље возача, иако ограничено предњим стаклом возила, релативно је широко – износи око 20° у видокругу. Приближавањем улазном порталу тунела, поглед возача се усредсређује на сам портал, па се видно поље возача

привремено сужава (на месту које је од улаза у тунел удаљено за дужину зауставног пута возила оно износи само 2°, да би се после тога повећавало).

ОвOME треба додати и изузетно непријатан феномен „црне рупе“. То је појава која се огледа у немогућности возача да види унутрашњост неосветљеног или лоше осветљеног тунела, чак и када се веома приближи његовом улазу.

За потребе одређивања фотометријских параметара који описују осветљење тунела у дневним условима, видно поље возача се дефинише у тачки која је у висини очију возача (≈ 1.5 m), која одговара уобичајеном положају возача по ширини пута и која је од улаза у тунел удаљена за дужину зауставног пута возила. Та тачка је врх купе која ограничава простор видног поља. Њена хоризонтална оса (са којом изводнице образују угао од 10°) пролази кроз вертикалну осу симетрије улаза у тунел.

Проблематика осветљења тунела је најкомплетније обрађена у CIE препорукама за осветљење тунела, а што се тиче стандарда, осветљење тунела је предмет националног стандарда (који је идентичан европском стандарду) SRPS CR 14380:2012 Примена осветљења – Осветљење тунела (*Lighting applications — Tunnel lighting*), тако да се даљи текст позива на наведени стандард и CIE препоруке. Стандард и препоруке су произашли из потребе да осветљење тунела свим учесницима у саобраћају, а посебно возачима, обезбеди минимум визуелних информација о току саобраћаја и могућим препрекама у тунелу, укључујући сва возила и њихова кретања а у циљу безбедног и несметаног одвијања саобраћаја кроз тунел.

Дуги тунели

Са гледишта видних услова, тунел је сваки облик покривеног дела саобраћајнице, без обзира на дужину и начин покривености. Стога се у тунеле убрајају чак и подвожњаци и надстрешнице, као и сви други природни или вештачки заслони, који на неки начин застиру дневну светлост.

Без обзира на стварну дужину, дуги тунел је сваки тунел чији се излаз и део саобраћајнице иза њега не могу видети ни из једне тачке која се налази испред улаза у тунел.

Са аспекта видних услова, најделикатније ситуације се јављају на улазима у дуге тунеле посебно у дневним условима. Дефинишу се три основна проблема, који се редовно јављају у оваквим ситуацијама. Поред два напред описана (потребе за адаптацијом вида приликом уласка у тунел и феномена „црне рупе“), као трећи се издваја потреба за променама нивоа сјајности у унутрашњости тунела, која је узрокована економским разлозима.

Правилно решавање овог проблема је од пресудног значаја за адекватну адаптацију очију возача, до оне која одговара најнижем нивоу сјајности у тунелу.

Да би се ризици од могућих последица поменутих појава смањили на најмању меру, потребно је да се улазна зона тунела осветли у довољној мери и на дужини која је једнака дужини зауставног пута возила¹⁰.

Фотометријски захтеви које треба испунити у дугим тунелима темеље се на решавању напред специфицираних основних проблема. Са њима је тесно повезана и сва остала проблематика (осветљење излаза из тунела, осветљење тунела у ноћним условима, осветљење кратких тунела).

Зоне у тунелу

Због различитих видних захтева у појединим деловима, тунел се дели на карактеристичне зоне, којима се придружује и део саобраћајнице непосредно испред улаза у тунел, који је представљен јединственом, прилазном зоном. Зоне су тако дефинисане да омогућавају једноставно тумачење и решавање проблема адаптације очију возача. Наредне дефиниције су дате нашим важећим стандардом SRPS CR 14380:2012:

Прилазна зона (*access zone*)

Прилазна зона тунела је део саобраћајнице непосредно испред улаза у тунел, са чијег је почетка (који је од улаза у тунел удаљен за дужину једнаку зауставном путу возила) потребно уочити евентуалне препреке у тунелу. Пожељно је да је прилазна зона тако изграђена или грађевински коригована, да омогући што бољу и бржу адаптацију вида у самом тунелу.

Зона прага (*threshold zone*)

Зона прага је улазни део тунела, у коме је неопходно остварити довољно висок ниво сјајности, који ће возачу, још под утицајем сјајности изван тунела, омогућити да пре него што уђе у тунел, препозна евентуалну препреку у њему. Дужина зоне прага је најмање једнака дужини зауставног пута возила, дефинисаног пре свега брзином возила и квалитетом путног покривача.

Транзитна зона (*transition zone*)

На зону прага се надовезује транзитна (прелазна) зона тунела, дуж које се сјајност у тунелу постепено и правилно смањује, без опасности да видни услови постану недовољни.

Унутрашња зона (*interior zone*)

Унутрашња зона је део тунела у коме је вид возача адаптиран на најмањи ниво сјајности у тунелу, који је константан до самог излаза из тунела.

¹⁰ Зауставни пут возила (*SD – stopping distance*) се уобичајено дефинише националном легислативом. Такође, дефинисан је и делом 4.1.1. стандарда SRPS CR 14380:2012 Примена осветљења – Осветљење тунела (*Lighting applications – Tunnel lighting*)

Излазна зона (exit zone)

Излазна зона има задатак да изврши адаптацију очију возача при изласку из тунела. С обзиром да је време прилагођавања при преласку из таме на светлост веома кратко, решавање проблема адаптације не захтева повећање нивоа сјајности (у односу на ниво који постоји у унутрашњој зони). Међутим, постоје други разлози за додатним осветљењем излазне зоне, о којима ће касније бити више речи.

Зона пута по излазу из тунела (parting zone)

Први део отвореног пута који се налази одмах по изласку из тунела је Зона пута по излазу из тунела. Ова зона не припада тунелу, али је уско повезана са осветљењем тунела. Ова зона започиње на месту излазног портала тунела.

Нивои сјајности појединих зона тунела у дневним условима

Осветљење тунела у дневним условима карактеришу различити нивоу сјајности који одговарају напред дефинисаним зонама. При томе се ниво сјајности у прилазној зони односи на дневну светлост, док се у свим осталим зонама нивои сјајности односе на вештачку светлост. Ови нивои су дефинисани тзв. „L20 концептом“ који је првобитно описан у CIE 88 публикацији (1990), и која је од тада модификована тако да узме у обзир и искуства која су стечена после 1990. године. Наведени концепт са модификацијама је описан у важећем националном стандарду SRPS CR 14380:2012.

Ниво сјајности прилазне зоне

Када се возач приближава тунелу, у једном тренутку се нађе у тачки од које тамни отвор тунелског улаза одједном постаје нагло растући део његовог видног поља. Та тачка се назива тачка адаптације. Од тренутка када дође у ту тачку, стање адаптације возача врло мало зависи од тренутне расподеле сјајности у његовом видном пољу. Њега су практично одредиле сјајности које је уочавао непосредно пре стицања у тачку адаптације. Дакле, за стање адаптације очију возача непосредно пред улазак у тунел одлучујуће су те сјајности, односно њихова средња вредност, која се назива ниво сјајности прилазне зоне (L_{20}). Ниво сјајности прилазне зоне је одређен на основу истраживања које се кретало у два битно различита правца. Користећи резултате експеримената у лабораторијским условима, који су вршени на идеализованој слици улаза у тунел, у оквиру једног од ових праваца дефинисан је појам стандардног видног поља, уједначене еквивалентне сјајности. Став да се на овај начин може приказати околина улаза у тунел и тако поједноставити тумачење адаптације вида, морао је претрпети корекцију. Даља истраживања су показала да чак и када су очи посматрача биле сасвим прилагођене на еквивалентну уједначену сјајност стандардног видног поља, сама фовеа (центар мрежњаче у коме је смештена слика пута и тунела) није увек била адаптирана на еквивалентну сјајност свог видног поља. Фовеа је стварно била прилагођена на сјајност на коју су утицале како сјајност коловоза, као дела видног поља, тако и заслепљујуће сјајности које долазе од остатка видног поља. Овај закључак је у основи другог правца истраживања, који је резултирао у постављању емпиријске формуле за израчунавање нивоа сјајности прилазне зоне, која гласи:

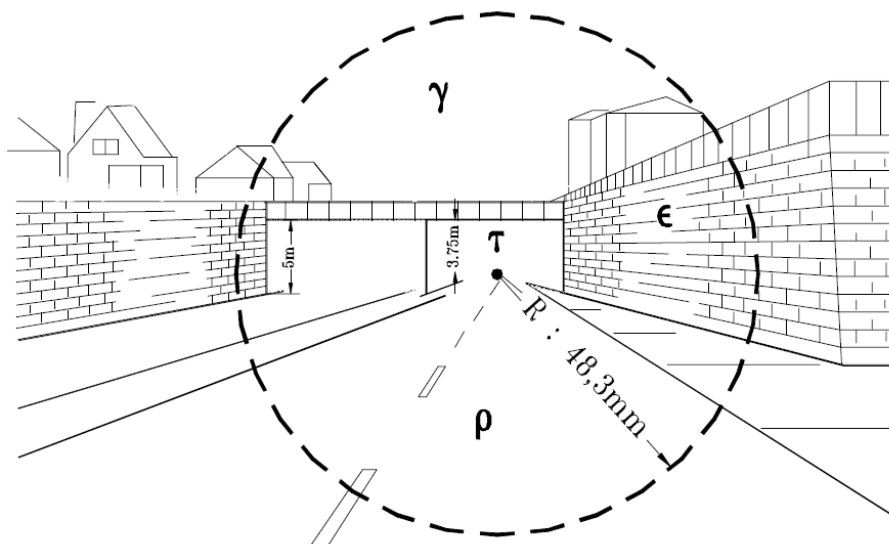
$$L_{20} = \gamma L_n + \rho L_k + \varepsilon L_o$$

где су, као што је приказано и сликом 3.1, γ , ρ и ϵ , редом, удели неба, коловоза и његове околине у видном пољу возача у прилазној зони, а L_n, L_k и L_o су, редом, њихове сјајности. Наведена формула представља поједностављену верзију изворне формуле, у оквиру које је био обухваћен и утицај самог отвора тунела, чији је угао означен са τ .

Вредности параметара γ , ρ и ϵ се практично одређују са фотографије снимљене из тачке положаја очију возача удаљеног од улаза у тунел за дужину зауставног пута возила, при чему се фото-апарат поставља хоризонтално и усмерава према центру тунела. Оне представљају редом уделе неба, коловоза и његове околине у површини круга, који репрезентује видно поље возача. Његов центар је на четвртини висине која припада вертикалној оси симетрије тунелског отвора, док његов полупречник износи:

$$r = d \cdot \operatorname{tg} 10^\circ$$

где је са d означена дужина зауставног пута возила.



Слика 3.2. Кружни пресек видног поља возача у прилазној зони

Уколико се не располаже вредностима сјајности L_n, L_k и L_o , добијеним мерењима на лицу места, оне се могу одредити из следеће табеле (која је саставни део СИЕ препорука и стандарда), као функција смера вожње и изгледа околине улаза у тунел. Напоменимо да је пракса показала да се сјајности прилазне зоне крећу између 1500 и 7500 cd/m^2 .

Табела 3.8. Вредност сјајности L_n , L_k и L_o (у $k\text{ cd/m}^2$)

Смер вођње (северна хемисфера)	L_n	L_k	L_o			
			стене	зграде	снег	ливаде
С (север)	8	3	3	8	15(V, H) ¹¹	2
И-З (исток или запад)	12	4	2	6	10(V) 15(H)	2
Ј (југ)	16	5	1	4	5(V) 15(H)	2

Ниво сјајности зоне прага

Када се возач у дневним условима приближава улазу у тунел, његове очи су адаптиране на висок ниво сјајности у слободном простору (прилазној зони). Прилазећи улазу у тунел, возачу се чини да наилази на „црну рупу“, у којој ништа не препознаје. Тај ефекат се може превазићи тако што би се нивои сјајности у прилазној зони и зони прага сразмерно приближили и тако створили услови за адаптацију очију возача. СЕ препоруке су понудиле да однос ових сјајности има вредност 10, али су пракса и економски разлози довели до његове корекције, задржавајући принцип да је ниво сјајности зоне прага (L_{th}) линеарно сразмеран са нивоом сјајности прилазне зоне (L_{20}).

Сходно напред реченом, ниво сјајности зоне прага се може одредити помоћу формуле:

$$L_{th} = k \times L_{20}$$

У којој је коефицијент k функција дужине зауставног пута возила и примењеног система осветљења, као што је приказано следећом табелом:

Табела 3.9. Препоручене минималне вредности односа нивоа сјајности зоне прага и прилазне зоне

Зауставно растојање (m)	Симетричан систем осветљења	Контра-флуks систем осветљења
	L_{th}/L_{20}	L_{th}/L_{20}
60	0.05	0.04
100	0.06	0.05
160	0.10	0.07

Може се видети да веће вредности коефицијента k , односно веће вредности нивоа сјајности зоне прага, одговарају дужим зауставним растојањима, односно већим брзинама кретања возила непосредно пред улазак у тунел. Такође се може видети да

¹¹ (V) – планинско тле, са углавном стрмим површинама које окружују возача
(H) – равно, мање-више хоризонтално тле

се мање вредности коефицијента k имају у случају примене система контра-флуksа. Разлика између симетричног система осветљења и контра-флуks система осветљења огледа се у различитим лонгитудиналним расподелама светлости инсталираних светиљки. Како је вредност коефицијента k константна у сваком посматраном случају, то се на смањење нивоа сјајности зоне прага може утицати једино смањењем нивоа сјајности прилазне зоне. Напомињемо да је уласком у тунел односно у зону прага, проблем просторне адаптације престао да постоји.

Сјајност зоне прага је или константна дуж целе зоне, или опада од неке њене тачке која се налази у другој половини зоне, али тако да на њеном крају не буде мања од 40% сјајности која се има на почетку ове зоне. На овај начин се постиже рационалније решење осветљења тунела и наставља процес адаптације очију возача.

Ниво сјајности прелазне зоне

У прелазној (транзитној) зони се наставља процес адаптације очију возача, као последица постепеног опадања нивоа сјајности, и то од нивоа сјајности зоне прага до нивоа сјајности унутрашње зоне. Смањење нивоа сјајности у транзитној зони може се приказати релацијом

$$L_{tr} = L_{th}[1.9 + t]^{-1.4}$$

У којој је L_{tr} минимална дозвољена сјајност у делу транзитне зоне у који возач доспева после времена t (у sec.) проведеног у овој зони. Анализом дате формуле се може видети да је за $t = 0$

$$L_{tr} = 0.4L_{th}$$

што одговара напред описаном економичнијем решењу осветљења зоне прага.

Смањење сјајности у прелазној зони се у пракси постиже уз помоћ неколико скоковитих промена (са односом сјајности не већим од 3:1 при свакој од њих), при чему добијена степенаста крива мора у потпуности да буде изнад теоријске криве дефинисане формулом:

$$L_{tr} = L_{th}[1.9 + t]^{-1.4}$$

као што је то приказано сликом 3.3.

Ниво сјајности унутрашње зоне L_{in}

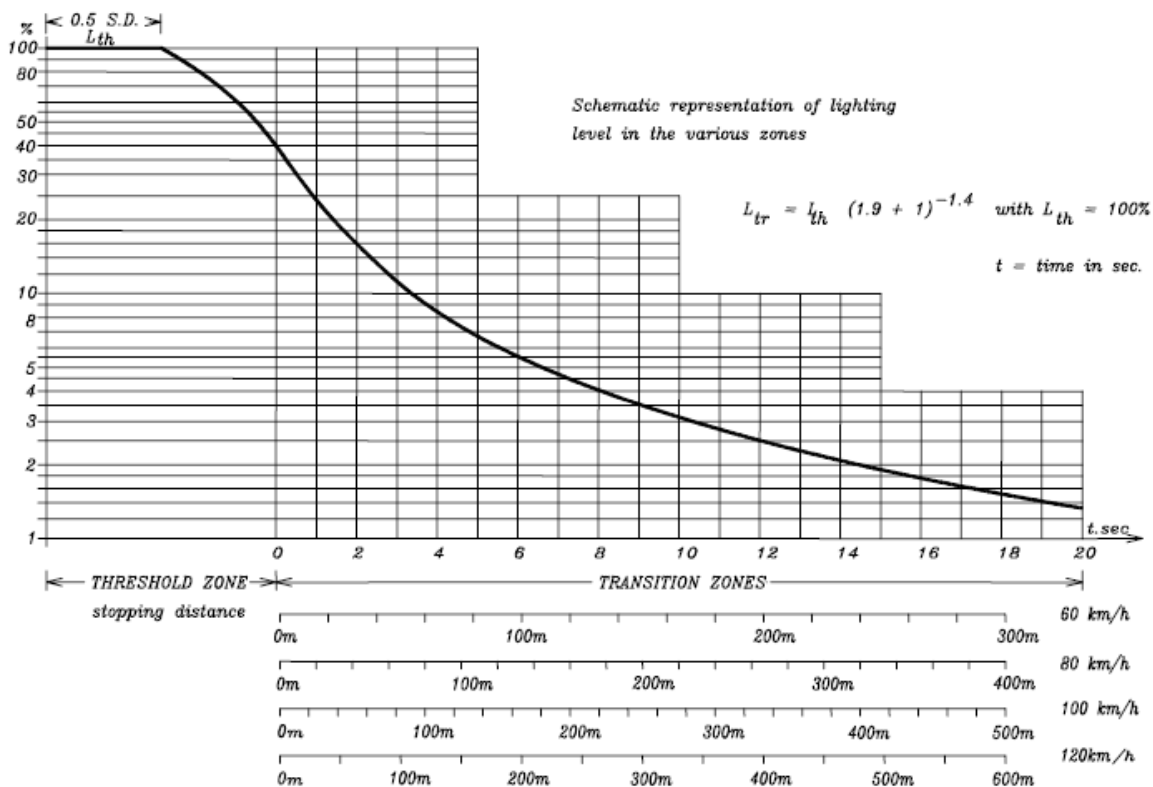
У дугим тунелима, после транзитне зоне следи део са најнижим и константним нивоом сјајности. У том делу тунела, који се назива унутрашња зона, обично се не постиже потпуна адаптација очију возача (изузимају се, наравно, веома дуги тунели), па је ниво сјајности у овој зони често значајно већи од оних који су уобичајени за обичне саобраћајнице. Ниво сјајности у унутрашњој зони тунела зависи од дужине зауставног растојања (брзине вожње) и густине саобраћаја. Примера ради, за зауставно растојање од 60 m (мала брзина) и слабу густину саобраћаја, ниво сјајности у унутрашњој зони тунела може бити само 1 cd/m^2 , што одговара захтевима за нивоом сјајности на обичним саобраћајницама. За значајно већу брзину вожње и велику густину саобраћаја, овај фотометријски параметар може да има и 15 пута већу вредност.

У наредној табели, дате су препоручене вредности нивоа сјајности унутрашње зоне тунела, а у функцији дужине зауставног пута и густине саобраћаја.

Табела 3.10. Препоручене вредности сјајности унутрашње зоне (cd/m²)

Зауставни пут возила	Густина саобраћаја		
	Мала ≤ 100 возила/h	Средња 100 в/h < 1000 в/h	Велика ≥ 1000 возила/h
160 m	5	10	15
100 m	2	4	6
60 m	1	2	3

Треба још напоменути и да се прелазак из транзитне у унутрашњу зону најчешће остварује троструком смањењем сјајности. Имајући ово у виду, може се једноставно израчунати укупно време војње кроз прелазну зону, а самим тим и њена дужина.



Слика 3.3. Принципијелна расподела сјајности у зони прага и прелазној зони тунела

Сјајност зидова тунела

На целој дужини тунела, ниво сјајности зидова тунела (до висине 2 m изнад асфалта) треба да буде приближно исти са средњом сјајношћу коловоза одговарајућег дела тунела. Ово се односи на тунеле дужине од неколико стотина метара. Код веома дугих тунела, тај захтев се поставља само за зону прилагођавања очију возача, док је за

преостали део тунела довољно постићи да сјајност зидова износи око 30% сјајности коловоза.

Осветљење излазне зоне

Изазећи из тунела на дневну светлост, возачи свој вид прилагођавају значајно брже и лакше него приликом уласка у тунел. Стога повећање нивоа сјајности у излазној зони тунела није неопходно у смислу помоћи адаптацији очију возача.

Постоје два разлога због којих се повећање нивоа сјајности у излазној зони ипак препоручује. Први је да постоји потреба да се јаче осветле мања возила, а услед опасности да их возачи иза њих не примете уколико их заклањају већа возила, што се може догодити услед бљештања које долази од веома светлог излаза из тунела. Други је да је возачима који излазе из тунела потребно обезбедити задовољавајућу прегледност уназад (у огледалу), а посебно када је у питању дугачко возило.

Довољно је да се додатно осветљење излазне зоне инсталира дуж последњих 60 m ове зоне, обезбеђујући пет пута већи ниво сјајности од оног који карактерише унутрашњу зону.

Када је у питању тунел за двосмерни саобраћај, излазну зону по правилу осветљавамо на исти начин као улазну, јер она тада представља улаз у тунел за возила која долазе из супротног смера.

СИСТЕМИ ОСВЕТЉЕЊА ТУНЕЛА

Видљивост и детекција контраста

Препреке у тунелу је могуће видети захваљујући контрасту, односно разлици сјајности препреке и њене позадине. Контраст C се израчунава на следећи начин:

$$C = \frac{L_o - L_p}{L_p} = \frac{\rho}{\pi} \cdot \frac{E_v - L_p}{L_p}$$

где су: L_o и E_v су сјајност и вертикална осветљеност објекта, ρ је његов средњи фактор рефлексије, а L_p – сјајност позадине.

Ако је препрека светлија од коловоза (позадине), онда је контраст C , позитиван. Обрнуто, ако је препрека тамнија од позадине, контраст је негативан.

У циљу остваривања добре видљивости, апсолутна вредност контраста (било да је позитиван или негативан) мора да досегне потребан ниво. Експерименти су показали да у зони прага он мора да износи бар 20%, да би се без већих напора могла извршити детекција препреке док се прилази тунелу.

Избор система осветљења тунела

На основу вредности односа L_p / E_v , тј. односа сјајности позадине препреке у тунелу и њене вертикалне осветљености, можемо глобално разликовати два типа система осветљења:

- симетрични систем осветљења и

- асиметрични систем осветљења (систем контра-флуksа).

Симетричан систем осветљења, може бити у две варијанте: са претежно трансверзалном (попречном) расподелом светлосног флуksа (карактеристична за флуоциви) и са претежно лонгитудиналном (уздужном) расподелом светлосног флуksа (која је карактеристична за светиљке са натријумовим изворима високог притиска). У оба случаја је по правилу испуњен услов $L_p / E_v \leq 0.2$.

Осветљење тунела се стално истражује, све у циљу што потпунијег схватања визуелног механизма који се активира при уласку у тунел. При томе, крајњи циљ свих примењених метода пројектовања је постизање оптималног коришћења енергије и минималних трошкова инсталације осветљења у тунелу.

Код, касније развијеног, асиметричног система осветљења (система контра-флуksа), који се темељи на претежном усмеравању светлости према улазу у тунел, супротно смеру вожње, по правилу је задовољен услов $L_p / E_v \geq 0.6$. Ова релација је пре свега последица чињенице да је вертикална осветљеност на препреци у тунелу, према возачу, битно смањена.

Захваљујући чињеници да се као препреке најчешће јављају тамни објекти, које карактеришу ниски фактори рефлексије (реда 0.15), и захваљујући малим вредностима вертикалне осветљености E_v , употребом система контра-флуksа може да се постигне да се потребни контрасти у зони прага остваре са нижим нивоима сјајности од оних који су неопходни у случају примене симетричног система осветљења. То јесте евидентна предност система контра-флуksа у односу на класичан, симетричан систем осветљавања тунела.

Систем контра-флуksа има и веома озбиљан недостатак. Наиме, возач у прилазној зони теже уочава слабије осветљене задње делове возила које се налази у зони прага (у којој је примењен овај систем осветљења), услед чега се смањује његова безбедност. Постоји и ризик да у зони прага већа возила заклоне мања која долазе непосредно иза њих и учине их веома лоше видљивим.

На основу свега напред реченог, може се закључити да избор система осветљења представља избор између безбеднијег (симетричног) и рационалнијег (асиметричног) система осветљења.

Равномерност сјајности у тунелу

Да би равномерност сјајности, као један од најважнијих фактора квалитета осветљења тунела, била задовољавајућа, потребно је да однос минималне и средње сјајности на коловозу буде бар 0.4. Питање равномерности сјајности у тунелу подједнако је важно и у дневним и у ноћним условима.

Пошто и нижи делови зидова у тунелу (до висине од 2 m) представљају позадину за уочавање препрека у току вожње, равномерност сјајности на њима битно утиче на видне перформансе возача, па се они због тога третирају једнако као и коловоз. Подужна равномерност сјајности дуж осе сваке саобраћајне траке у тунелу не сме бити мања од 0.6.

На равномерност сјајности коловоза и зидова у тунелу битно утичу:

- изглед попречног профила тунела,
- избор типа извора светлости,
- избор типа светиљке, и
- распоред светиљки у тунелу.

У случају примене система осветљења контра-флуксом, осветљење зидова је компромис између обезбеђивања довољно светле позадине и избегавања сувишне рефлексије зидова, која утиче на смањење односа L_p / E_v .

Ограничење бљештања у тунелу

Пошто су у инсталацији осветљења тунела светиљке постављене на значајно мањој висини него у класичном саобраћају, оне морају бити више засењене, да не би проузроковале прекомерно бљештање. У ноћним условима, бљештање светиљки се ограничава дуж целог тунела. У дневним условима, посебна пажња се посвећује ограничењу бљештања у унутрашњој зони. У зонама улаза и излаза бљештање није критично, јер су нивои сјајности у тим зонама високи, па су веће и дозвољене сјајности извора светлости.

У случају тунелског осветљења, контролише се физиолошко бљештање, чије је мерило, релативни пораст прага – TI .

Физиолошко бљештање значајно смањује видне перформансе возача, јер на његовим очима узрокује појаву светлосне завесе (копрене). Релативни пораст прага не би требало да буде већи од 15% ни у једној од зона тунела. Он се изражава применом следећих формула:

$$TI = 65 \frac{L_v}{L_{sr}^{0.8}} \quad (za L_{sr} \leq 5 \text{ cd/m}^2)$$

односно:

$$TI = 95 \frac{L_v}{L_{sr}^{1.05}} \quad (za L_{sr} > 5 \text{ cd/m}^2)$$

у којима су:

L_{sr} – средња сјајност коловоза и зидова тунела (до висине од 2 m), који представљају позадину за евентуалну препреку у тунелу, и

L_v – еквивалентна заслепљујућа сјајност, која потиче од свих светиљки у видном пољу возача (од хоризонталног нивоа до 20° изнад њега).

Феномен треперења

Када су светиљке у тунелу постављене у испрекиданом низу, у видном пољу возача се периодично јављају светла и тамна поља, која производе „ефекат треперења“. Он је последица појављивања и нестајања извора светлости у периферном делу мрежњаче ока возача који се креће кроз тунел. Овај феномен је проузрокован како од светлости инсталираних светиљки, тако и од светлости која се одбија од сјајних површина у

околини (предњи или задњи делови аутомобила и томе слично). Сметње које возач осећа као последицу ефекта треперења зависе како од фреквенције треперења, дефинисане односом брзине возила и растојања између суседних светиљки, тако и од дужине тунела, односно времена изложености возача овом непријатном феномену.

Испитивања су показала да ометајуће треперење настаје у опсегу фреквенција између 2,5 и 15 Hz. Ефекат треперења се практично третира само за унутрашњу зону тунела. Зона прага и транзитна зона су у принципу врло кратке, тако да се у њима овај узнемиравајући ефекат практично и не појављује.

Непријатан и опасан ефекат треперења може да се ублажи светлим зидовима у тунелу или употребом светиљки мање сјајности. Код непрекидног низа светиљки (светлосне траке) не долази до појаве треперења.

Осветљење тунела у ноћним сатима

У ноћним сатима је ниво сјајности у тунелу већи него онај изван тунела, па због тога могу настати тешкоће у погледу прилагођавања на ефекат „црне рупе“, само сада при изласку из тунела. Оцењено је, међутим, да проблема са адаптацијом неће бити уколико се део саобраћајнице непосредно по изласку из тунела, а на дужини не мањој од оне која одговара војњи у трајању од 5 s, осветли тако да ниво сјајности коловоза износи бар 1/3 нивоа сјајности излазне зоне тунела. У ноћним условима треба искључити додатно осветљење, које је инсталирано за потребе прилагођавања очију возача у дневним условима. Потребно је да се на целој дужини тунела, у свим његовим зонама, испуне фотометријски захтеви једнаки онима који су испуњени на прилазном путу. Ако прилазни пут није осветљен, тада ниво сјајности у тунелу треба да износи бар 1 cd/m^2 , уз $U_o \geq 0.4$ и $U_l \geq 0.6$. Смањење нивоа сјајности у односу на онај који је постојао у дневним условима може се извести искључењем једног дела светиљки или регулисањем светлосног флуksа извора светлости. Ова друга мера је, наравно, боља, јер се упркос нижем нивоу сјајности не мења њена релативна расподела, чиме се одржава повољна општа равномерност на нивоу $U_o = 0.4$, односно повољна подужна равномерност на нивоу $U_l = 0.6$ за сваку од трака тунела понаособ.

Визуелно (оптичко) вођење

Да би се постигло добро визуелно вођење, које је значајан елемент удобности возача, за све облике тунела и све системе осветљења у њему, примењују се следеће мере:

- осветљење свих зона и свих пројектованих режима треба да омогући јасно визуелно одвајање осветљене површине коловоза од осветљених површина околних зидова,
- потребно је одржавати чистоћу површина зидова тунела,
- потребно је учинити јасно уочљивим вертикалне површине ивица пута,
- хоризонтална сигнализација мора бити потпуно чиста и неоштећена,
- распоредом светиљки треба омогућити возачу да јасно и недвосмислено уочава правац војње, и

- у оштрим кривинама тунела (посебно кратким) треба дати предност померању светиљки према зиду који је на спољашњој страни кривине тунела.

Архитектонске и грађевинске мере које се спроводе у циљу смањења нивоа сјајности прилазне зоне и повећања нивоа сјајности зоне прага

У циљу смањења сјајности прилазне зоне, које доводи до смањења сјајности зоне прага и транзитне зоне, односно до смањења трошкова инсталације осветљења у тунелу, предлажу се следеће мере:

- приликом пројектовања трасе тунела, треба избегавати (колико је то могуће) оријентацију тунела при којој се има велики утицај директне сунчеве светлости на сјајност у прилазној зони,
- конструкционо, улазни портал тунела треба максимално „увући“ у околни терен,
- околину улазног портала треба засадити растињем, травом и брзорастућим високим дрвећем,
- бочне бетонске ивице улаза у тунел треба обојити у црно, и
- површина коловоза, најмање 200 *m* пре улаза у тунел, треба да буде што тамнија.

У циљу повећања сјајности зоне прага, потребно је да:

- површина коловоза буде што светлија (примера ради, хоризонтална осветљеност од 2000 *lx* на тамном асфалтном покривачу даће сјајност од око 80 cd/m^2 , док ће код светлог коловоза исти ниво осветљености произвести сјајност од чак 120 cd/m^2), и
- зидови тунела, на дужини од најмање 20 *m* рачунато од улаза, треба да буду обојени што светлијом бојом.

Уколико постоји могућност, треба пројектовати предпортале, а у циљу смањења утицаја дневне светлости у прилазној зони.

У комбинацији са поменутиим мерама, добро је предвидети асфалтну подлогу и зидове тунела са што већим коефицијентом рефлексије, са циљем да се у свим зонама тунела остваре потребне сјајности уз коришћење извора светлости што мањих снага, односно уз употребу најмањег могућег броја светиљки.

Утицај дужине тунела на његово осветљење у дневним условима

Уопште узевши, код свих тунела се примењују основни принципи осветљења дугих тунела, али се при пројектовању инсталације осветљења краћих тунела, поред њихове дужине, морају узети у обзир и други фактори, као што су продор дневне светлости, фактор рефлексије зидова, густина саобраћаја и да ли је излаз из тунела потпуно видљив са места испред тунела које је од улаза у тунел удаљено за дужину зауставног пута возила. Независно од дужине, сви тунели треба да буду осветљени у ноћним условима.

ЕЛЕМЕНТИ ИНСТАЛАЦИЈЕ ОСВЕТЉЕЊА ТУНЕЛА

Извори светлости

За осветљење тунела се могу користити само они извори светлости које карактеришу велика светлосна искористивост и дуги век трајања.

Због тога су се донедавно у пракси најчешће користиле како флуо цеви, тако и натријумови извори високог и ниског притиска. При томе се јединствен тип извора светлости може користити у целом тунелу, али се често може наићи и на комбинацију два, па чак и сва три типа извора. Последњих година, у пракси се користе LED извори светлости.

Светиљке

На избор светиљки које ће се користити за осветљавање конкретног тунела, одлучујуће утичу следећи фактори:

- начин постављања светиљки у односу на пресек тунела,
- распоред светиљки дуж тунела, и
- потребне електричне, фотометријске и механичке особине светиљки.

Начин постављања светиљки у тунелу диктирају облик и димензије његовог попречног пресека. За добро оптичко вођење најбоље је да се светиљке поставе на таваници тунела. У пракси се често примењује асиметрично постављање светиљки које поседују асиметричну фотометријску карактеристику. У таквим случајевима су фотометријски резултати по правилу одлични, а услови одржавања ситуације веома повољни.

Дуж тунела светиљке се постављају у низове, по могућности непрекидне (светлосне траке). Тиме се постижу одлично оптичко вођење и добра равномерност сјајности. На тај начин се елиминише и ефекат треперења.

Тунелске светиљке се морају конструктивно тако извести да омогуће брзе интервенције и једноставно одржавање. Стога извори светлости и предспојне справе морају бити приступачни, квалитетни и дугог века трајања. На тај начин се омогућава да се одржавање инсталација осветљења тунела изводи готово без застоја саобраћаја.

Светиљке инсталиране у тунелу морају бити отпорне на агресивну атмосферу коју стварају издувни гасови возила. Због тога се у тунелима користе светиљке које имају степен механичке заштите најмање IP 65 и које су заштићене од корозионих ефеката.

Са аспекта фотометрије, веома је важан како правилан избор извора светлости, тако и правилан избор светиљки, које треба да садрже добро конструисане оптичке системе (огледала).

Сигурносно осветљење

За тунеле дужине од 100 m неопходно је, као припадајући елемент инсталације, предвидети такозвано сигурносно осветљење. Наиме, у случају испада мрежног напона долази до нестанка осветљења у тунелу, што може да угрози безбедност саобраћаја (посебно дању). Сигурносно осветљење се може извести на три начина:

- напајањем инсталације осветљења помоћу два међусобно одвојена енергетска вода, напајана из два посебна енергетска извора (пример: два трансформатора, са одвојеним високонапонским напајањем),
- напајањем дела инсталације (који се посебно одређује пројектом) и из дизел-агрегата, који се после испада мрежног напона аутоматски укључује, и то за врло кратко време, и
- системом посебног осветљења, изведеног помоћу извора светлости ниског напона, који се постављају са обе стране коловоза на висини од 0.8 m и на размаку од по 10 m. Систем се нормално напаја из мреже, а код испада мрежног напона напајање преузима помоћни енергетски извор (агрегат или акумулаторска батерија).

Регулација светлосног флуksа

Напред је објашњено да код добро пројектоване инсталације осветљења тунела, нивои сјајности зоне прага и транзитне зоне морају све време да буду у одређеним, унапред задатим односима према нивоу сјајности прилазне зоне тунела. Међутим, ниво сјајности прилазне зоне се стално мења, а у зависности од метеоролошких прилика (он пре свега зависи од тренутне количине дневне светлости у слободном простору око тунела). Због тога је, пре свега из економских разлога, потребно вршити регулацију светлосног флуksа светиљки и на тај начин подешавати нивое сјајности у појединим зонама тунела.

Регулација се може спровести на два начина:

- контролом осветљености у слободном простору и
- контролом сјајности у слободном простору.

Са аспекта фотометрије, погоднија је контрола сјајности у прилазној зони, јер се на тај начин остварени ниво сјајности у зони прага најбоље прилагођава стању површине коловоза у прилазној зони (сув или влажан коловоз, снег и томе слично). Без обзира о којој се методи ради, потребно је предвидети и у инсталацију уградити за ту сврху потребне уређаје.

Код контроле осветљености, некада су се користиле фотоћелије, које прате промене нивоа осветљености ван тунела и шаљу сигнале за промену светлосног флуksа извора или за укључивање (искључивање) одређеног дела инсталације осветљења тунела, дефинисаног претходно урађеним пројектом.

Данас се углавном користе савремени сензори светлости, као што је на пример луминансметар. Он прати промене нивоа сјајности у прилазној зони и на бази тих промена активира или искључује делове инсталације осветљења тунела. Контрола се, без обзира на методу, подешава са временским закашњењем, тако да краткотрајне промене не доводе до активирања регулационог система.

Из разлога видног комфора, редуkција нивоа сјајности се спроводи посебно, у корацима не већим од 3:1. Није, међутим, неприхватљиво користити и однос 5:1, зависно од потреба, могућности и ситуације на терену.

Одржавање

Напред је речено да светиљке које се користе за осветљење тунела не би смеле да буду изведене са степеном заштите мањим од IP 65. Што је гушћи саобраћај, то је запрљање светиљки веће, а самим тим и теже одржавање инсталације осветљења.

Сматра се да у нормалним саобраћајним условима почетни ниво сјајности сваке од појединих зона тунела треба да буде пројектован са фактором одржавања 0.7, односно:

$$\text{Погонска сјајност} = 0.7 \times \text{почетна сјајност.}$$

Препоручује се периодична замена сијалица (период замене је одређен брзином опадања светлосног флуksа, односно веком трајања извора). У оквиру квалитетног одржавања инсталације осветљења, треба предвидети и чишћење светиљки, унутрашњости тунела и фотометара (ако постоје).

Чишћење светиљки треба свакако обавити приликом периодичне замене светлосних извора, а препоручује се да се оно врши са периодом од 3-6 месеци. За густину саобраћаја већу од 1000 возила на дан, препоручују се преглед и чишћење оптичких делова светиљки најмање једанпут годишње, а прање зидова чак двапут годишње. Калибрацију фотометара треба вршити једанпут годишње.

Овако организовано систематско одржавање инсталације осветљења тунела гарантује и очување свих атрибута квалитетног осветљења у дугом временском периоду, а тиме и дужи век трајања пројектоване инсталације.

3.4 Светиљке за осветљење путева и тунела

ЕФИКАСНОСТ СВЕТИЉКИ ЗА ОСВЕТЉЕЊЕ ПУТЕВА И ТУНЕЛА КОЈЕ СУ У УПОТРЕБИ СА АСПЕКТА ИЗВОРА СВЕТЛОСТИ

Ефикасност светиљке која се користи за осветљавање саобраћајница зависи од светлосне искористивости извора, степена искоришћења светиљке и величине оног дела светлосног флуksа светиљке који је усмерен према коловозу. Да би она била што је могуће већа, неопходно је не само коришћење економичних извора светлости, него и употреба материјала најбољих фотометријских карактеристика, рефлектора с највећим фактором рефлексије и протектора (рефрактора) са највећим фактором транспаренције. Овоме треба додати и значај конструкције софистицираног оптичког система којим се постиже жељена расподела светлосног флуksа светиљке.

Што се тиче избора извора светлости као и конструкције оптичког система светиљке, у прошлости су коришћена различита решења. У погледу технолошке употребе, прво широко коришћено решење су биле класичне светиљке са живиним извором високог притиска. Ова светиљка има елипсоидни балон пресвучен флуоресцентним слојем. Балон извора светлости заузима значајан део запремине рефлектора, услед чега извор светлости апсорбује највећи део светлосног флуksа који се рефлектује од горњег дела рефлектора. Због тога се оваква светиљка одликује малом ефикасношћу.

Последњих денценија прошлог века, светиљке са живиним извором високог притиска су потиснуте од светиљки са натријумовим извором високог притиска. Ове светиљке су

имале напреднији рефлектор и провидни натријумов извор високог притиска. Користећи се напреднијом технологијом, ове светиљке су имале релативно мале димензије извора светлости и адекватно пројектован облик рефлектора, чиме су се значајно смањили губици светлосног флуksа извора.

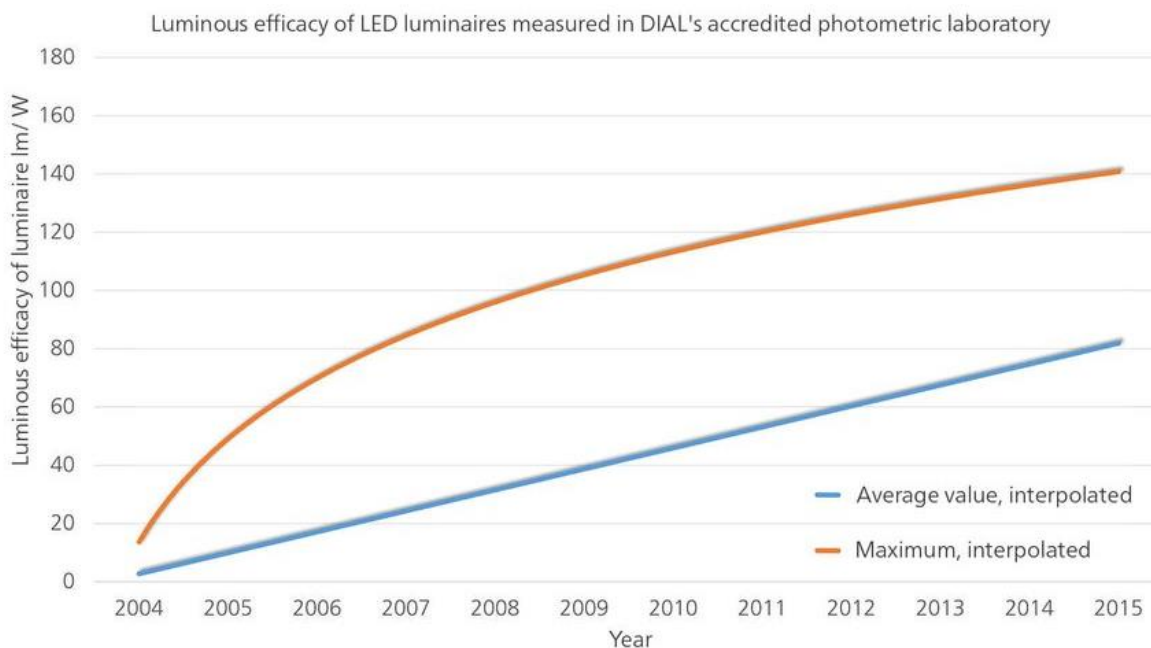
У претходне скоро две деценије, а нарочито по достизању пуне технолошке зрелости извора светлости са LED технологијом, негде од 2010. године па до данас, светиљке са натријумовим извором високог притиска бивају потиснуте од стране светиљки са LED извором светлости. Главна препрека пре 2010. године је била лошија светлосна искористивост LED извора, која је из године у годину расла, што се може видети на слици 3.4. Такође, код LED светиљки смањење губитка светлосног флуksа извора се добија посебним конструкцијама протектора (рефрактора), чиме се добијају одличне карактеристике овог типа извора светлости.

Као пример можемо упоредити две светиљке, једну са натријумовим извором високог притиска и другу са LED извором. Светлосна искористивост једног типичног квалитетног натријумовог извора високог притиска, реномираног произвођача (*Philips, OSRAM, Minel – Schreder*) износи 132 lm/W за извор снаге 250 W . Нека је за стабилизацију рада светлосног извора коришћен електромангнетски баласт (који је доминантан у светиљкама за јавно осветљење) са просечном ефикасношћу од око 85%. Уз оптичку ефикасност рефрактора и протектора око 82%, може се узети да је приближна светлосна искористивост натријумовог извора $0,85 \cdot 0,82 \cdot 132 \frac{\text{lm}}{\text{W}} = 92 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$.

Ефикасност светиљки које се користе за потребе осветљавања путева и саобраћајница се креће око 45% и зависи од степена искоришћења (оптичке ефикасности), светлосне искористивости извора и величине оног дела светлосног флуksа светиљке који је усмерен према коловозу. Тада је ефикасност светиљке: $0,45 \cdot 92 \frac{\text{lm}}{\text{W}} = 41,4 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$

У случају LED извора светлости, ако уземемо као пример извор светлости чија је светлосна искористивост извора 130 lm/W , уз ефикасност од 70% због природе извора јер се светлост израчује само у доњи полупростор, долазимо до ефикасности светиљке са LED извором светлости: $0,7 \cdot 130 \frac{\text{lm}}{\text{W}} = 82 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$.

На основу претходне анализе, види се да су у погледу укупне искористивости светиљке на данашњем нивоу, светиљке са LED изворима светлости бар двоструко ефикасније у односу на светиљке са натријумовим извором високог притиска.



Слика 3.4. Светлосна искористивост LED светиљки мерена од стране акредитоване лабораторије немачке компаније „DIAL“¹²

Подаци наведени у табели 3.11. су нумеричка потврда напред изведених закључака. Види се да је светлосна искористивост светиљке (представљена односом светлосног флукса светиљке и активне електричне снаге извора, која укључује и снагу баласта), највећа у случају LED извора светлости па потом светиљки са провидним натријумовим изворима високог притиска. Подсетимо се да је светлосна искористивост натријумових извора ниског притиска била за око 50% већа од светлосне искористивости натријумових извора високог притиска. Међутим, велике димензије овог првог су поништиле ту значајну предност и светиљку са натријумовим изворима високог притиска учиниле ефикаснијом.

Напред је речено да ефикасност светиљке за осветљење путева не зависи само од њеног степена искоришћења, него и од величине оног дела светлосног флукса светиљке који је усмерен према коловозу. До достизања зрелости LED технологије осветљења, расподела светлосног флукса светиљке са натријумовим извором високог притиска су обезбеђивали највеће растојање између суседних стубова, па су самим тим представљале економски најповољнији (најефикаснији) уређај осветљења. У случају застареле светиљке са флуо цевима (сличан закључак се односи и на светиљке са натријумовим изворима ниског притиска), светлосни флуксеви израчени испред и иза светиљке су скоро једнаки. Услед тога се губи значајан део флукса светиљке, јер овај пада изван површине коловоза. Овај недостатак светиљки са флуо цевима и натријумовим изворима ниског притиска је последица велике дужине ових извора, односно немогућности постизања повољније расподеле светлосног флукса у уздужној равни светиљке (равни нормалној на осу пута).

¹² <https://www.dial.de/en/blog/article/efficiency-of-ledsthe-highest-luminous-efficacy-of-a-white-led/>

У случају светиљке са живиним извором високог притиска, однос флуксева израчених испред и иза светиљке је много повољнији, мада се још увек значајан део светлосног флукса светиљке емитује изван површине коловоза.

Веома мале димензије горионика провидног натријумовог извора високог притиска омогућавају постизање задовољавајуће расподеле светлосног флукса светиљке и у равни нормалној на осу пута, тако да је највећи део њеног светлосног флукса усмерен према коловозу. Исто важи и за LED светиљке, чиме је омогућена замена натријумових извора високог притиска са LED светиљкама, у ситуацији када је осветљење пројектовано са натријумовим изворима високог притиска, а да се при том оствари и значајнија уштеда у погледу електричне снаге извора.

Табела 3.11. Светлосне искористивости различитих типова извора светлости и светиљки које се користе за осветљење саобраћајница¹³

Тип извора светлости	Светлосна искористивост извора (lm/W)	Светлосна искористивост светиљке (lm/W)
Живин извор високог притиска	42-55	13-17
Натријумов извор високог притиска са флуоресцентним слојем	59-119	18-36
Бистра натријумова сијалица високог притиска	67-129	30-58
Натријумов извор ниског притиска	99-180	25-43
LED извори светлости	90 - 150	72-120

Анализама К-крива светиљки за осветљење путева добијају се највалидније информације о величини светлосног флукса светиљке који је усмерен према коловозу. Уколико се посматра случај када је ширина коловоза једнака висини вешања светиљке, чији се оптички центар пројектује на ивицу коловоза, долази се до следећих резултата. У случају натријумових извора ниског притиска само 20 до 25% флукса извора падне на површину коловоза, у случају живиних извора тај проценат се креће од 30 до 35%, у случају натријумових извора високог притиска проценат флукса извора који падне на површину коловоза износи од 40 до 45%. LED извори осветљења су у овом погледу најефикаснији, будући да се светлост израчује само у доњи полупростор, и проценат флукса извора који падне на површину коловоза износи од 65 до 70%.

Из напред спроведене анализе може се донети јасан закључак: са обзиром на своју ефикасност, LED светиљке данас представљају најпогодније решење за осветљење

¹³ Извор података: Миомир Б. Костић, „Водич кроз свет технике осветљења“ (2000), Београд и Philips каталози LED светиљки (2017)

путева, поред, у прошлости широко коришћених светиљки са натријумовим изворима високог притиска.

CIE СИСТЕМ КЛАСИФИКАЦИЈЕ СВЕТИЉКИ

CIE систем класификације светиљки пружа могућност добијања потпуније информације о светиљкама за осветљење путева, јер је базиран на три кључна податка о светиљкама овог типа. То су:

1. Удаљеност до које стижу светлосни зраци значајнијег интензитета у правцу паралелном са осом пута (назваћемо је „добачај“ светиљке дуж осе пута – скраћено „добачај“),
2. Домет светлосних зрака значајнијег интензитета у правцу нормалном на осу пута (назваћемо га „ширина“ попречног снопа), и
3. Ниво ограничења бљештања („контрола“ бљештања).

„Добачај“ се дефинише помоћу угла γ_{max} који образују вертикална оса светиљке окренута наниже и правац симетрале угла чији су кракови они правци у главној полуравни (вертикалној полуравни максималног интензитета) којима одговара светлосни интензитет од 90% I_{max} .

Усвојена су три степена „добачаја“:

1. Кратак ($\gamma_{max} < 60^\circ$),
2. Средњи ($60^\circ \leq \gamma_{max} \leq 70^\circ$), и
3. Дугачак ($\gamma_{max} > 70^\circ$).

„Ширина“ се дефинише помоћу угла γ_{90} који образују вертикална равна која садржи оптички центар светиљке и паралелна је са осом пута и равна која садржи оптички центар светиљке и ону праву на коловозу која је паралелна са осом пута и додирује криву изоканделног дијаграма којој одговара светлосни интензитет од 90% I_{max} .

Усвојена су три степена „ширине“ попречног снопа:

1. Узан ($\gamma_{90} < 45^\circ$),
2. Средњи ($45^\circ \leq \gamma_{90} \leq 55^\circ$), и
3. Широка ($\gamma_{90} > 55^\circ$).

„Контрола“ бљештања је карактеристика светиљке која се односи на степен ограничења психолошког бљештања, а дефинисана је помоћу специфичног индекса светиљке SLI.

И у овом случају су дефинисана три степена „контроле“ бљештања:

1. Ограничена контрола бљештања ($SLI < 2$),
2. Умерена контрола бљештања ($2 \leq SLI \leq 4$), и
3. Одлична контрола бљештања ($SLI > 4$).

3.5 Светиљке са LED извором светлости за осветљење путева и тунела

Светиљке са LED изворима светлости су у претходних десет година значајније ушле на тржиште осветљења, првенствено због своје енергетске ефикасности. Као енергетски најефикасније, ове светиљке све више преузимају примат и престају да буду алтернатива традиционалним изворима светлости. Након уласка на тржиште осветљења, LED извори светлости су се суочили са многим баријерама за добијање тржишног удела у односу на традиционалне изворе светлости. Период интензивног развоја светиљки са LED изворима светлости и даље траје и још увек постоји велики простор за даљи технолошки развој.

Што се тиче светиљки са LED изворима светлости које се користе за осветљење улица (или како се још често назива, за уличну расвету), карактеристично је то да у већини случајева светиљка и кућиште нису засебни делови, па се стога категорише као интегрисано светло. У производњи, LED модули се монтирају на панел са хладњаком а потом заптивају у кућишту светиљке, заједно са осталим деловима, од којих је најважнији регулисани извор напајања за LED модуле или краће, драјвер, како се често у пракси назива.

У понуди произвођача, могу се наћи светиљке различитог дизајна са различитим типовима LED извора светлости. Тако, постоје модели који користе мањи број LED диода високе снаге, док са друге стране могу се наћи и светиљке које користе далеко више LED диода ниже снагом. Одлике светиљки са LED изворима светлости зависе од неколико фактора, од којих је најважнија конфигурација LED модула, врста рефрактора (оптике), а на сам дизајн светиљке утиче и врста хладњака који се користи. Хладњаци за светиљке са LED извором светлости су по конструкцији и изгледу слични хладњацима који се користе за хлађење других електронских направа, као што су рачунари. Будући да капацитет топлотне размене директно утиче на животни век светиљке са LED извором светлости, хладњаци се израђују са великим бројем ребара како би се повећала површина за размену топлоте са околином.

Животни век овог типа светиљки је одређен односом тренутне светлосне искористивости у односу на почетну (специфицирану) светлосну искористивост. Када се светлосна искористивост смањи за 30%, односно износи 70% номиналне светлосне искористивости, сматра се да је светиљка на крају животног века.

Већина светиљки са LED извором светлости за уличну расвету има оптички рефрактор на самом LED панелу, који је направљен тако да емитује светлост у облику правоугаоника, што представља значајну предност у односу на традиционалне типове светиљки за уличну расвету, које обично имају рефлектор на задњој страни лампе са натријумовим извором високог притиска. Као што смо у претходном тексту нагласили, тако се смањује светлосна искористивост светиљке, а поред тога ствара се светлосно загађење у окружењу светиљке и појављује се проблем бљештања, који је такође разматран у овом поглављу.

Пошто је већина светлосног флуksа усмерена на саму саобраћајницу, а далеко мање светлости доспева у окружење, осветљавање пешачких стаза поред пута и околне области је мање, па то понекад може бити и недостатак светиљки са LED извором светлости. Ипак за намене где се поред пута жели и осветљавање пешачке стазе

(тротоара), овај недостатак се може решити употребом светиљки са специјално дизајнираним сочивима за ту намену.

Свакако, највећа предност светиљки са LED извором светлости за улично осветљење је енергетска ефикасност у поређењу са конвенционалним технологијама светиљки за улично осветљење као што су у првом реду натријумови извори светлости високог притиска (HPS) и метал-халидни извори светлости (MH). Светиљка са LED извором светлости за улично осветљење која се конструкционо заснива на употреби излазне LED диоде снаге 901 mW (0,901 W) може да у зависности од конкретног случаја произведе исти ниво осветљености (или већи) као и светиљке са традиционалним изворима светлости за улично осветљење, уз 2 до 4 пута мањи утрошак електричне енергије.

Такође, важно је нагласити да се светиљке са LED изворима светлости обично не кваре („не прегоревљају“), већ се временом смањује осветљај док не падне на доњу границу, када треба заменити LED модул на светиљци.

У једној студији која је рађена 2008. године, процењено је да би се заменом постојеће и уградњом LED уличне расвете у 10 највећих метропола у САД могла смањити годишња емисија угљен диоксида (CO₂) за 1,2 милиона тона (табела 3.13). Ради илустрације то је еквивалентно годишњем загађењу услед емисије CO₂ које емитује 212.000 возила. Осим тога уштеде у трошковима електричне енергије би биле најмање 90 милиона долара¹⁴. Да је студија рађена 2017. године уместо 2008. године, а због напретка LED осветљења и даљег повећања његове енергетске ефикасности, резултати би били око 1,7 милиона тона CO₂, односно еквивалент би била годишња емисија 283.000 возила.

Табела 3.12. Преглед 10 највећих градова у САД са становишта броја светиљки уличног осветљења и емисије CO₂ на годишњем нивоу коју произведе јавно осветљење

Р.бр.	Град	Број светиљки уличног осветљења	Емисија CO ₂ на годишњем нивоу
1	Њујорк	1.053.838	553.394
2	Лос Анђелес	725.207	380.799
3	Чикаго	532.321	279.496
4	Далас	336.222	176.561
5	Филаделфија	326.297	171.352
6	Хјустон	310.237	162.955
7	Мајами	305.975	160.700
8	Вашингтон	296.262	155.491
9	Атланта	287.740	151.060
10	Детроит	250.262	131.390
Укупно:		4.424.361	2.323.431

Ови ефекти ће се детаљније разматрати у наредном поглављу, које доноси неке светске примере праксе у употреби LED уличног осветљења.

¹⁴ Grow, Robert T., „Energy Efficient Streetlights - Potentials for Reducing Greater Washington's Carbon Footprint“, март, 2008. године

Могу се сумирати следеће предности употребе уличне расвете са LED изворима светлости:

- Уштеда у потрошњи електричне енергије од 50% па до 80%.
- Дуг и предвидив век трајања - од 15 до 20 година, што је 2 до 4 пута дуже од светиљки са HPS извором светлости.
- Много мањи трошкови одржавања.
- Већи степен верности при репродукцији боја - $CRI R_a$ индекс је већи у односу на светиљке са HPS извором светлости, што возачима олакшава препознавање објеката и препрека на путу.
- Тренутно укључење и постизање пуног осветљаја - код других извора светлости као што су живине сијалице, и сијалице са Na високог притиска, потребно је неко време за постизање пуног осветљаја (време загревања).
- Тренутно укључење непосредно после искључења - код других извора светлости као што су живине сијалице, и сијалице са Na високог притиска, непоредно по искључењу, које обично настаје услед краткотрајног искључења или пропада напона, поновно укључење („врхуће паљење“) је одложено за неки временски интервал који је потребан да се поново постигне притисак у сијалици.
- Сагласност са RoHS (*RoHS Compliance*)¹⁵: Светиљке са LED изворима светлости не садрже живу или олово, и не отпуштају отровне гасове ако су оштећени.
- Мања привлачност за ноћне инсекте: ноћне инсекте привлачи ултраљубичасто светло које за разлику од LED осветљења, емитују многи конвенционални извори светлости.
- Најбоља светлосна искористивост светиљке (lm/W) - друге врсте уличних светиљки користе рефлектор за рефлексију светла које се емитује изнад лампе. Чак и под најбољим условима, рефлектор апсорбује део светлости, што резултује смањеном искористљивошћу светиљке. Као што је већ речено, код LED светиљки, LED модул зрачи светлост у жељеном смеру, без рефлектора.
- Мањи ниво бљештања: Директно усмеравање светлости према коловозу путем специјално дизајниране оптике, смањује количину светлости која се усмерава у очи возача.
- Неосетљивост на температурне промене – за разлику од неких других извора светлости који дају мањи светлосни флуks при ниским (зимским) температурама, LED светиљке имају стабилан светлосни флуks на ниским температурама.

Наравно, поред предности, најчешће навођене мане код употребе уличне расвете са LED изворима светлости су:



- Температура боје од 4000 K и више – неким људима смета амбијент који је осветљен са температурама боје од 4000 K и више, јер субјективно налазе да је „хладан“. Постоје и LED извори светлости са температуром боје од 2700 K и 3000

¹⁵ Директива о забрани опасних материја (*Restriction of Hazardous Substances Directive*) 2002/95/EC

K, али су светиљке са „топлијим тоном“ мање ефикасне јер осветљавају мању површину у односу на светиљку са „хладнијим тоном“.

- Иницијална цена LED уличног осветљења је већа што за последицу има већи рок отплате. Разлог томе је и што се у технологији производње LED светиљки користе и неки скупи материјали (као нпр. сафир и сл.).
- При излагању белој светлости LED светиљки, код човека се смањује лучење мелатонина и до пет пута више у односу на његово лучење приликом излагања светлости које зраче светиљке са натријумовим изворима високог притиска. Многе студије су показале да бело светло, које се емитује на таласним дужинама од 400 до 500 нанометара, потискује производњу мелатонина који производи пинеална жлезда. Последица тога је поремећај биолошког сата човека, што може резултовати лошим периодима спавања и одмора.
- Нека истраживања указују на то да дуготрајна изложеност LED уличном осветљењу у неким случајевима може узроковати непоправљиву штету на ретини људског ока. Студија која је спроведена на Универзитету „Madrid Complutense University“ указује да је то узроковано високим нивоом зрачења у спектру плаве боје.
- Вештачко ноћно осветљење има различите ефекте на људе (да не помињемо животиње), а излагање оптичком зрачењу утиче на људску физиологију и понашање, директно и индиректно.

На наредном дијаграму је дат упоредни приказ наведених предности и мана.

 ПРЕДНОСТИ	 МАНЕ
<ul style="list-style-type: none">• Уштеда у потрошњи електричне енергије од 50% па до 75%• Дуг век трајања• Мали трошкови одржавања• Бољи <i>CRI</i>• Тренутно укључење и постизање пуног осветљаја• Сагласност са RoHS• Мања привлачност за ноћне инсекте• Најбоља светлосна искористивост светиљке (lm/W)• Мањи ниво бљештања• Температурна стабилност	<ul style="list-style-type: none">• Температура боје од 4000 K и више• Већа цена• Потенцијални здравствени проблеми при дугорајној изложености LED уличном осветљењу

3.6 Примери добре праксе коришћења светиљки са LED извором светлости и система телеменаџмента за потребе јавног осветљења

ШЧЕЋИН, ПОЉСКА (SZCZECIN, POLAND)

Шчећин је највећи град и главни град покрајине Западнопоморско војводство, у Пољској. Са више од 408.000 становника представља седми град по величини у Пољској. Пошто је урбана зона града пуна зеленила и испресецана рекама, овај лучки град има и надимак „Пливајућа башта“. У жељи да се остваре уштеде у буџету и да се истовремено повећа атрактивност самог града, како за туристе, тако и за инвеститоре, град је приступио замени постојећег јавног осветљења кроз приоритетан програм енергетски ефикасног јавног осветљења из државног фонда.

Планска замена старих светиљки са натријумовим извором високог притиска је започео у септембру 2014. године. Укупно 4.985 LED светиљки из линије „Luma“, произвођача „Philips“ је инсталирано, а од тог броја 1.888 светиљки је у систему телеменаџмента, такође „Philips“ производње, под именом „CityTouch“.

Будући да наведени систем телеменаџмента обезбеђује појединачно управљање са сваком светиљком, свака од



1.888 инсталираних светиљки има могућност даљинског укључења и искључења, као и смањења и повећавања интензитета светлости (тзв. „димовања“). Такође, саме светиљке из наведене серије омогућавају и програмирање пре постављања (тзв. локалну аутоматику), па се светиљке „пале“ и „гасе“ по унапред одабраном дневном или сезонском календару и у случају да светиљка има проблем са комуникацијом. Наведена серија светиљки поседује „Optiflux“ оптичку технологију, чиме је обебеђена добра дистрибуција светлости и ефикасно осветљавање путева и улица у складу са европским стандардима. Софтверска телеменаџмент платформа „CityTouch“, обезбеђује праћење свих параметара од значаја, као и дијагностику и обавештавање у случају квара на светиљци.

Челници града наводе да су коришћењем овог система обезбедили укупне уштеде у трошковима јавног осветљења на нивоу од 70%. Коришћењем LED технологије, смањена је потрошња електричне енергије за 60% у односу на претходни систем осветљења и значајно су смањени трошкове одржавања, што је резултовало укупном уштедом од 70%, односно од 360.000 € на годишњем нивоу. Смањена потрошња електричне

енергије се огледа и у смањењу CO2 емисије за око 7.000 тона на годишњем нивоу, што је у складу и са европском иницијативом за достизањем смањења емисије угљен-диоксида до 2030. године за 40% у односу на ниво из 1990. године.

Лос Анђелес, САД (Los Angeles, USA)

Лос Анђелес је по први пут осветљен још давне 1935. године. Од тада јавно осветљење у овом граду је нарасло на скоро 250.000 светиљки – што је највећи број светиљки у односу на остале градове у САД. Будући да улице заузимају око 15% укупне површине града, претходни податак не треба да чуди, и због тога је Лос Анђелес у свету познат и као град са саобраћајем високог интезитета.



Поред развијене путне мреже, у приоритетима градског развоја је и развој пешачких зона кроз тзв. Иницијативу великих улица, где се градска управа труди да све улице што више прилагоди и пешачком саобраћају. Једна од најважнијих компоненти је и увођење новог, ефикасног система јавног осветљења са телеменаџментом, са циљем да се смање иницијални и текући трошкови, смањи циклус поправке и унапреди систем за надгледање и одржавање.

Технички изазов за увођење новог система јавног осветљења је био огроман. Град располаже са 215.000 светиљки са више од 400 различитих типова светиљки, које су распоређене дуж улица укупне дужине веће од 12.000 километара. Одржавање и замена неисправних светиљки је рађено након дијагностике квара, која се одвијала на традиционалан начин; ноћним обиласком улица од стране екипа и пријавама грађана, при чему је годишње било око 40.000 пријава.

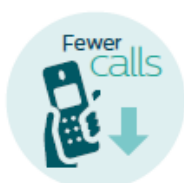
Јасно је да је код овако великог система јавног осветљења, систем телеменаџмента од велике важности. Градска управа је стога спровела неколико пилот-пројеката са светиљкама и системом за телеменаџмент различитих произвођача. На крају је одабрана телеменаџмент платформа „CityTouch“, произвођача „Philips“, чиме је омогућено даљинско надгледање и управљање, уз предност лаке инсталације и укључења светиљке у систем даљинског управљања.

Нису све светиљке које су ушле у систем даљинског управљања замењене LED еквивалентима, поједине светиљке су укључене у систем додавањем модула („CityTouch connector node“) на постојећу светиљку. При постављању модула, нема неких других захтева за подешавањем, јер се стављање светиљке под систем телеменаџмента дешава аутоматски, одмах по уградњи модула и стављања модула под напон. Модул сам започиње слање своје локације и осталих информација путем мреже мобилне телефоније, до централне платформе, која се налази у „cloud“-у. Имајући у виду да је уградња модула доста једноставна, једна екипа може да обради велики број светиљки, чак и око 500 за један дан. Софтверска платформа за телеменаџмент „CityTouch“ је преко својег интерфејса за програмирање апликација (АПИ) повезана и интегрисана са постојећим градским системом за слање захтева за интервенцијом одговарајућој градској служби која се бави одржавањем светиљки. У претходних 5 година, инсталирано је око 110.000 модула, па је око 50% светиљки у систему телеменаџмента. Такође, извршена је замена око 165.000 постојећих светиљки са новим LED светиљкама.

Los Angeles by the numbers:

215,000	street lights
400	different street light styles
110,000	CityTouch connector nodes
4500	miles of illuminated roadway
165,000	street lights converted to LED

ОПШТИНА РИБЕИРА, ГАЛИЦИЈА, ШПАНИЈА (RIBEIRA, GALICIA, SPAIN)



Челници ове општине у Галицији су 2015. године за мање од 6 месеци извршили замену 8.600 конвенционалних светиљки са LED светиљкама, при чему је 6.500 светиљки укључено у систем телеменаџмента. Као замена за постојеће светиљке, изабране су LED светиљке из производних линија „UniStreet“, „CitySoul“, „TownGuide“, „Luma“ и „Iridium Gen 3“, све произвођача „Philips“. Ове светиљке у себи већ имају уграђене модуле за теле-менаџмент за платформу „CityTouch“, тако да је ова платформа изабрана као систем за телеменаџмент.

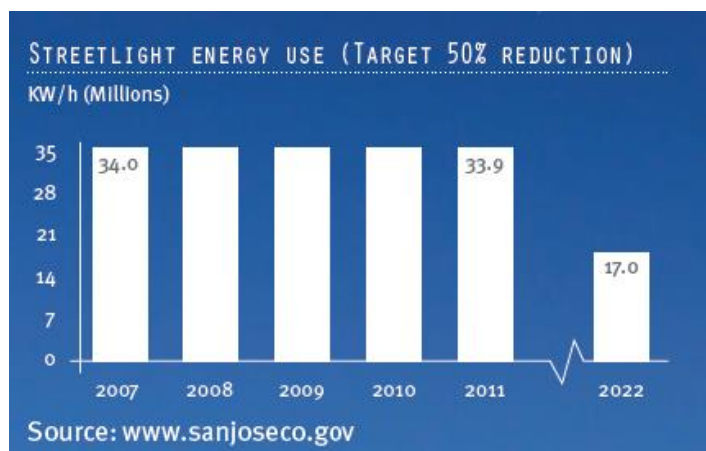
Градска управа је веома задовољна овим пројектом и истиче да је нови систем донео уштеде од 70% у електричној енергији, боље осветљење града, смањену емисију угљен-диоксида и велико смањење у жалбама грађана.

Сан Хозе, САД (SAN JOSÉ, USA)

Сан Хозе у Калифорнији је престоница Силиконске долине и седиште многих светских компанија из области дигиталних технологија. Овај град је започео Програм замене светиљки са LED светиљкама 2011. године, са циљем да 62.000 светиљки, које тренутно осветљавају град, замени са LED светиљкама до 2022. године. За LED светиљке изабране су светиљке из производних линија „Schröder“, а као телеменаџмент систем изабран је софтверски систем „Owlet“, такође производње компаније „Schröder“. Планирано је да, када систем комплетно буде инсталиран да ће се трошкови електричне енергије смањити за више од 50%. Такође, трошкови одржавања јавног осветљења, који су на нивоу 2010. године износили више од 6 милиона долара, биће значајно смањени применом LED технологије и телеменаџмента.



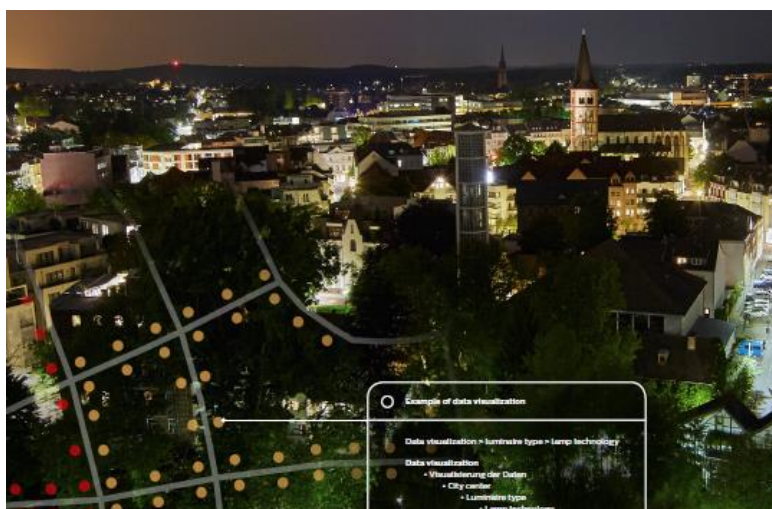
Сан Хозе још од 2007. године примењује програм под називом „Зелена визија“, чији је циљ да смањи потрошњу електричне енергије, елиминира светлосно загађење и заштити ноћно небо. Стога је градска управа уверена да ће се унапређењем јавног осветљења остварити и значајни помаци у заштити животне средине, а план је да град до 2022. године, сву потрошњу електричне енергије остварује из обновљивих извора енергије.



ЗИГБУРГ, НЕМАЧКА (SIEGBURG, GERMANY)

У Немачком граду са 950 година дугом историјом и 40.000 становника, Зигбургу, систем јавног осветљења је састављен од 4.200 светиљки, које осветљавају улице и друге објекте овог града. Имајући у виду да многе од светиљки не задовољавају стандарде високе енергетске ефикасности, и у жељи да се побољша оперативна ефикасност градског система јавног осветљења, град је приступио замени одређеног броја постојећих светиљки са LED светиљкама и увођењу телеменаџмент система даљинског управљања.

Свих 4.200 светиљки је, било заменом са LED светиљкама које су већ опремљене модулом за даљинско управљање, било уградњом модула у постојеће светиљке, уведено у систем телеменаџмента, при чему је избор пао на систем телеменаџмента „CityTouch“, произвођача „Philips“. Од истог произвођача су одабране LED светиљке из производне линије „Luma“ и са овим светиљкама је извршена замена 2.185 светиљки.



Siegburg by the numbers:

950 years of history

40,000 inhabitants

4,200 light points managed with CityTouch

2,185 luminaires replaced with LED

КОПЕНХАГЕН, ДАНСКА (COPENHAGEN, DENMARK)

У Копенхагену, планска замена постојећих светиљки са LED светиљкама је започета 2012. године, и до 2015. године је укупно замењено око 9.000 светиљки. Основни захтев је била што већа уштеда електричне енергије, али и могућност смањења свих оперативних трошкова кроз увођење телеменаџмент система, као и повећање сигурности саобраћаја и грађана. На овај начин је остварена уштеда у трошковима електричне енергије за најмање 75%, а и смањени су трошкови одржавања за 2/3 у односу на трошкове који су се имали пре започињања планске замене светиљки. Са овим послом се наставља и даље.

ПАЛЕНСИЈА, ШПАНИЈА (PALENCIA, SPAIN)

Овај шпански град од 80.000 становника у свом систему јавног осветљења има 11.000 светиљки. Иако свесни могућности остварења уштеда заменом светиљки са LED светиљкама и увођењем телеменаџмента, градска управа није у свом буџету имала средстава за отпочињање систематске замене светиљки. Решење је пронађено кроз

расписивање јавног тендера за замену система јавног осветљења, телеменаџмент и одржавање система по такозваном „**ESCO**“ моделу, односно склапањем уговора са **ESCO (Energy Service Company)** компанијом, при чему се наплата за обављене енергетске услуге, потпуно остварује на основу постигнутих уштеда насталих на основу спроведених мера и задовољења осталих уговорених критеријума и учинака.

Уговор је потписан са компанијом „Clece“ која је имала обавезу да у иницијалној фази замени 3.189 светиљки од укупно 11.000 постојећих светиљки, са LED светиљкама. Даље, додељено им је и управљање и одржавање јавног осветљења на период од 12 година. Компанија „Clece“ се одлучила за да замену светиљки врши светиљкама из „Philips“ производних линија „Luma“ дуж главних путева и булевара, „Selenium“ у насељима и „Villa“ у старом делу града и парковима. Такође, све светиљке су стављене и у систем телеменаџмента „CityTouch“, произвођача „Philips“.



Пројекат је омогућио смањење у потрошњи електричне енергије за више од 75% у односу на претходно јавно осветљење, односно, са 3.035.027 kWh/годишње на 715.585 kWh/годишње. Нивои осветљења нису били смањени, већ су били повећани и по квалитету и по интензитету. Директна уштеда је и смањење емисије угљен-диоксида за скоро 871 тону CO₂ на годишњем нивоу. У финансијском смислу, ослањајући се на „**ESCO**“ модел, Паленсија је направила уштеде у градском буџету за око 2 милиона евра, које је требало да инвестира у замену 3.189 светиљки и инсталацију система телеменаџмента. У замену за то, 12 година ће се „**ESCO**“ компанији исплаћивати трошкови електричне енергије и одржавања на нивоу као пре замене.

3.7 Списак важећих националних стандарда из области осветљења путева и тунела

При изради студије, аутори су се користили важећим српским стандардима из области осветљења путева и тунела. У табели 3.12. дата је табела свих стандарда који се односе на област осветљења путева и тунела, са основним информацијама о стандарду. Сви наведени стандарди се могу купити (у табели је наведена и њихова цена) од националног тела за стандардизацију, Института за стандардизацију Србије.

Табела 3.13. Табела свих важећих националних стандарда који се односе на област осветљења путева и тунела

Број стандарда	Назив стандарда	Језик стандарда (српски/енглески)	Референтни стандард	Број страна	Цена стандарда (РСД)
SRPS CEN/TR 13201-1:2015	Осветљење путева — Део 1: Смернице за избор класа осветљења / Road lighting - Part 1: Guidelines on selection of lighting classes	Енглески језик	CEN/TR 13201-1:2014	26	2502
SRPS EN 13201-2:2016	Осветљење путева — Део 2: Захтеви за радне карактеристике / Road lighting - Part 2: Performance requirements	Енглески језик	EN 13201-2:2015	21	2346
SRPS EN 13201-3:2016	Осветљење путева — Део 3: Прорачун радних карактеристика / Road lighting - Part 3: Calculation of performance	Енглески језик	EN 13201-3:2015	63	3910
SRPS EN 13201-4:2016	Осветљење путева — Део 4: Методе за мерење радних карактеристика осветљења / Road lighting - Part 4: Methods of measuring lighting performance	Енглески језик	EN 13201-4:2015	49	3480
SRPS EN 13201-5:2016	Осветљење путева — Део 5: Индикатори енергетских радних карактеристика / Road lighting - Part 5: Energy performance indicators	Енглески језик	EN 13201-5:2015	28	2659
SRPS CR 14380:2012	Примена осветљења - Осветљење тунела / Lighting applications - Tunnel lighting	Енглески језик	CR 14380:2003	60	3674
SRPS EN 60598-2-3:2010	Светиљке - Део 2-3: Посебни захтеви - Светиљке за осветљење путева и улица / Luminaires -- Part 2-3: Particular requirements - Luminaires for road and street lighting	Енглески језик	EN 60598-2-3:2003	37	3128
SRPS EN 60598-2-3:2010/Corr:2017	Светиљке – Део 2-3: Посебни захтеви – Светиљке за осветљење путева и улица – Исправка / Luminaires -- Part 2-3: Particular requirements - Luminaires for road and street lighting — Corrigendum	Енглески језик	EN 60598-2-3:2003/Corr:2005	1	0
SRPS EN 60598-2-3:2010/A1:2011	Светиљке - Део 2-3: Посебни захтеви - Светиљке за осветљење путева и улица - Измена 1 / Luminaires -- Part 2-3: Particular requirements - Luminaires for road and street lighting	Енглески језик	EN 60598-2-3:2003/A1:2011	15	1916
SRPS EN 40-1:2012	Стубови за осветљење – Део 1: Термини и дефиниције / Lighting columns - Part 1: Definitions and terms	Енглески језик	EN 40-1:1991	8	1290

Број стандарда	Назив стандарда	Језик стандарда (српски/енглески)	Референтни стандард	Број страна	Цена стандарда (РСД)
SRPS EN 40-2:2012	Стубови за осветљење – Део 2: Општи захтеви и мере / Lighting columns - Part 2: General requirements and dimensions	Енглески језик	EN 40-2:2004	24	2502
SRPS EN 40-2:2017	Стубови за осветљење — Део 2: Општи захтеви и мере / Lighting columns - Part 2: General requirements and dimensions	Српски језик	EN 40-2:2004	24	3030
SRPS EN 40-3-1:2013	Стубови за осветљење — Део 3-1: Пројектовање и верификација — Спецификација за карактеристична оптерећења / Lighting columns - Part 3-1: Design and verification - Specification for characteristic loads	Енглески језик	EN 40-3-1:2013	15	1916
SRPS EN 40-3-2:2013	Стубови за осветљење — Део 3-2: Пројектовање и верификација — Потврђивање испитивањем / Lighting columns - Part 3-2: Design and verification - Verification by testing	Енглески језик	EN 40-3-2:2013	14	1760
SRPS EN 40-3-3:2013	Стубови за осветљење — Део 3-3: Пројектовање и верификација — Потврђивање прорачуном / Lighting columns - Part 3-3: Design and verification - Verification by calculation	Енглески језик	EN 40-3-3:2013	28	2659
SRPS EN 12665:2012	Светлост и осветљење — Основни појмови и критеријуми за утврђивање захтева за осветљењем / Light and lighting - Basic terms and criteria for specifying lighting requirements	Енглески језик	EN 12665:2011	50	3480

4. Анализа објекта ЈП „Путеви Србије“ који су предмет студије

У складу са пројектним задатком, извршена је анализа и класификација објеката, чији је списак дат пројектним задатком. У оквиру овог поглавља биће приказан методолошки приступ у анализи са употребљеним улазним подлогама, списак објеката са процењеним вредностима параметара који су од значаја и сумарне податке који су потребни за даље финансијско-економске анализе у склопу анализе трошкова и користи („*cost – benefit analysis*“, у даљем тексту С-ВА), која се врши у студији.

4.1 Потребни улазни подаци

Да би се адекватно извршила С-ВА, потребно је располагати са следећим подацима везано за објекте који се разматрају:

1. Тип објекта: осветљење саобраћајнице или осветљење тунела;
2. Врста и тип светиљки које се користе за осветљење;
3. Снага сијалица које се користе;
4. Снага на мерном месту;
5. Годишња потрошња електричне енергије, и
6. Годишњи трошкови одржавања објеката који припадају осветљењу (трошкови одржавања трансформаторских станица, стубова, проводника и каблова, мерно-разводних ормана, светиљки и сијалица као и остали трошкови везани за одржавање осветљења).

Обрађивачима студије су поред списка објеката који је дат пројектним задатком, на располагање стављени следећи подаци:

1. Регистар енергетских потрошача ЈП „Путеви Србије“ – *Радна верзија*, Београд, Децембар 2017. који је израдио ПД „Косовопроект Плус“ д.о.о.
2. Годишње потрошње електричне енергије за 2016. годину и 2017. годину (без децембарског обрачуна), за сваки појединачни објекат.

Увидом у регистар енергетских потрошача, као и у податке о потрошњи електричне енергије, од почетног списка препознато је и идентификовано укупно **144** објеката који садрже осветљење од **176** објеката који су се налазили на списку. Осталих **32** објеката су углавном објекти семафора на раскрсницама, који не садрже јавно осветљење или обрађивачима студије није било могуће препознати о каквом се објекту ради.

У даљем раду, од **144** објеката који садрже осветљење, **136** објеката су објекти јавног осветљења саобраћајница, док су осталих **8** објеката, осветљење тунела са пратећом опремом. За објекте јавног осветљења саобраћајница, на основу Регистра енергетских потрошача, располагало се типом светиљке и снагом и врстом сијалице, али се није располагао укупним бројем светиљки, те је исти морао да буде процењен. За објекте осветљења тунела, поред типа светиљке и снаге и врсте сијалице, располагало се и бројем светиљки, па је верификација исправности методолошког приступа процени броја светиљки извршена на овом узорку.

4.2 Методолошки приступ процене вредности параметара од значаја

Недостајући подаци су за 136 објеката осветљења саобраћајница били једновремена снага објекта и број светиљки тог објекта, док је за 8 објеката осветљења тунела недостајао податак о снази. Да би се извршила процена недостајућих података, пошло се од распореда времена укључивања и искључивања јавне расвете.

Укључење и искључење јавног осветљења се врши од стране оператора дистрибутивног система „ЕПС дистрибуција“ д.о.о. на два начина:

- Путем даљинске команде кроз дистрибутивну електричну мрежу, користећи се мрежним тон-фреквентним системом (МТК¹⁶) и одговарајућим МТК пријемницима који су уграђени у разводне ормане јавног осветљења, у складу са распоредом времена укључивања и искључивања јавне расвете, у деловима који су покривени МТК сигналом, и
- Путем коришћења уклопних и „интелигентних¹⁷“ уклопних часовника, у деловима који нису покривени МТК сигналом.

У оба случаја, време укључености осветљења је дефинисано распоредом времена укључивања и искључивања јавне расвете. Овај распоред је дефинисан одлукама локалних самоуправа, али будући се „ЕПС дистрибуција“ д.о.о. придржава распореда времена које је наведено у Одлуци о јавној расвети („Сл. лист града Београда“, број 4/87, 10/87 – испр., 25/1/88, 13/90, 15/91, 23/92, 9/93, 25/93, 31/93, 4/94, 2/95, 6/99, 11/2005, 73/2016 и 19/2017), за даље релевантне анализе користимо се наведеним распоредом времена, који је дат у табели 4.4. на крају овог поглавља.

Сагласно распореду из табеле 4.4. види се да време укључености јавног осветљења на годишњем нивоу износи **4.046** часова.

За стабилизацију рада светлосног извора се користи електромангнетски баласт и његова потрошња је око 10% снаге светлосног извора (сијалице), тако да је у прорачунима коришћена снага сијалице са баластом, и то према следећој табели:

Табела 4.1. Снаге сијалица са баластом

Врста извора	Снага извора (W)	Снага баласта (W)	Укупна снага $P_{sv}(W)$
Сијалица са Na извором високог притиска	150	15	165
Сијалица са Na извором високог притиска	250	25	275
Сијалица са Na извором високог притиска	400	40	440

¹⁶ МТК је скраћеница од мрежна тон-фреквентна команда

¹⁷ израз „интелигентни“ се односи на савремене микропроцесорске уређаје са меморијом и прецизним часовником и датумом, код којих је могуће испрограмирати времена укључења и искључења у складу са распоредом времена укључивања и искључивања јавне расвете

На основу добро познатог израза за везу између количине утрошене енергије, снаге и времена, који гласи:

$$P_{el} = \frac{W_{el}}{t}$$

веза између једновремене снаге и годишње количине утрошене електричне енергије у 2016. години, је дата формулом:

$$P_{el}(kW) = \frac{W_{el}(kWh)}{4.046 h}$$

док се број светиљки (N_{sv}) процењује на основу једновремене снаге, на следећи начин:

$$N_{sv} = \frac{1.000 \cdot P_{el}(kW)}{P_{sv}(W)}$$

Пример:

За објекат под редним бројем 3, ЈП „Путеви Србије“ – Мост на Дунаву, Смедерево, број бројила: 1090647, годишња количина утрошене електричне енергије је: 67.720 kWh, у износу од: 671.930,14 РСД. Увидом у регистар енергетских потрошача, утврђено је да се објекат осветљава светиљкама „Z2“ са Na извором светлости високог притиска, снаге 400 W.

Процењена једновремена снага је у том случају:

$$P_{el}(kW) = \frac{W_{el}(kWh)}{4.046 h} = \frac{67.720 kWh}{4.046 h} = 16,74 kW$$

Процењен број светиљки је:

$$N_{sv} = \frac{1.000 \cdot P_{el}(kW)}{P_{sv}(W)} = \frac{1.000 \cdot 16,74 kW}{440 W} = 38$$

Обрађивачи студије су тачност методологије за процену броја светиљки проверили на примеру осветљења тунела, где се располагало са тачним подацима о броју светиљки:

Табела 4.2. Упоредни приказ тачног и процењеног броја светиљки и грешка процене

Р.бр.	Назив тунела	Тип извора	Снага сијалице (W)	Број светиљки	Процењен број светиљки	Грешка процене
137	ОСВЕТЛЕЊЕ ТУНЕЛА НА ГРЗИ	NaVt	400	157	153	-2,55%.
138	ТУНЕЛ СТРМЕН	NaVt	250	310	299	-3,55%.
139	ТУНЕЛ КРЖИНЦЕ	NaVt	150	213	199	-1,88%.
140	СРБИЈЕ ТУНЕЛ МАНАЈЛЕ	NaVt	150	216	206	-4,63%.
141	ТУНЕЛ СТАРА СТРАЖЕВИЦА	NaVt	250	154	157	1,95%.
142	ТУНЕЛ СТРАЖЕВИЦА	NaVt	250	247	256	3,64%.
143	ТУНЕЛ ЛИПАК - ЖЕЛЕЗНИК	NaVt	150	310	312	0,65%.
144	ТУНЕЛ ЛИПАК - ФАЗА I	NaVt	400	253	264	4,35%.

На овом узорку где се располагало тачним бројем светиљки, грешка процене се кретала између -5% и 5%, тако да се може сматрати да је број светиљки процењен са грешком од $\pm 5\%$, у односу на реалну вредност.

4.3 Трошкови одржавања објеката осветљења саобраћајница и тунела ЈП „Путеви Србије“

Годишњи трошкови одржавања објеката који припадају осветљењу (трошкови одржавања трансформаторских станица, стубова, проводника и каблова, мерно-разводних ормана, светиљки и сијалица као и остали трошкови везани за одржавање осветљења), а на основу увида у План пословања ЈП „Путеви Србије“ за 2015. годину и 2016. годину, су дати следећом табелом.

Табела 4.3. Трошкови одржавања за 2015. и 2016. годину

Врста трошка	2015. год.	2016. год.	Просек
Одржавање стубова	61.500.000	65.000.000	63.250.000
Одржавање светиљки и сијалица	51.800.000	42.000.000	46.900.000
Одржавање каблова и проводника	19.000.000	20.000.000	19.500.000
Одржавање разводних ормана	14.600.000	18.000.000	16.300.000
Одржавање трансформаторских станица	23.000.000	15.000.000	19.000.000
Остали трошкови одржавања	41.500.000	41.500.000	41.500.000
УКУПНИ ТРОШКОВИ:	211.400.000	201.500.000	206.450.000

На основу горњих трошкова, могу се израчунати и просечни трошкови одржавања по једној светиљци, и они износе: **3.894,00 РСД** на годишњем нивоу.

4.4 Проширен и допуњен табеларни преглед објеката ЈП „Путеви Србије“

По обављеном допуњавању са подацима из Регистра енергетских потрошача и података о годишњој потрошњи електричне енергије, извршена је процена, како је то описано у делу 4.2, и формиран је табеларни преглед објеката ЈП „Путеви Србије“ са типом светиљке, типом извора, снагом сијалице, годишњом потрошњом електричне енергије, процењеном снагом и процењеним бројем светиљки, који је дат у табели 4.5.

На основу спроведених анализа у овом поглављу, а као параметри од значаја за спровођење С/ВА анализе, могу се издвојити следећи подаци, како је то приказано на следећој страни.

Осветљење саобраћајница

За осветљење саобраћајница, у 2016. години утрошено је:	14.754.378,15 kWh
у износу од (без обрачунатог ПДВ):	150.876.510,18 РСД
Укупна инсталисана снага осветљења саобраћајница је:	3.646,66 kW
Укупан број светиљки које се користе за осветљење саобраћајница је:	10.184

Осветљење тунела

За осветљење тунела, у 2016. години утрошено је:	2.143.683,00 kWh
у износу од (без обрачунатог ПДВ):	21.436.726,70 РСД
Укупна инсталисана снага осветљења тунела је:	529,83 kW
Укупан број светиљки које се користе за осветљење тунела је:	1.860

Осветљење саобраћајница и тунела

За осветљење саобраћајница и тунела, у 2016. години утрошено је:	16.898.061,15 kWh
у износу од (без обрачунатог ПДВ):	172.313.236,88 РСД
Укупна инсталисана снага осветљења саобраћајница и тунела је:	4.176,49 kW
Укупан број светиљки које се користе за осветљење саобраћајница и тунела је:	12.044

Структура објеката са светиљкама

Тип и снага светиљке	Бр. објеката	Годишња утрошена ел. енергија (kWh)	Износ годишњег рачуна без ПДВ (РСД)	Једновременна снага $P_{el}(kW)$	Број светиљки
LED СВЕТИЉКЕ СНАГЕ 115 W	1	10.377,00	105.052,70	2,56	22
NaVP СВЕТИЉКЕ СНАГЕ 150 W	8	519.714,00	5.840.190,40	128,45	909
NaVP СВЕТИЉКЕ СНАГЕ 250 W	73	6.132.040,65	56.721.049,14	1.515,58	5.440
NaVP СВЕТИЉКЕ СНАГЕ 400 W	62	10.235.929,50	109.646.944,64	2.529,89	5.673

Просечне величине по светиљкама

Просечне величине по светиљкама	Снага светиљке (сијалице и баласта)	Годишња потрошња е.е. по светиљци	Износ годишњег рачуна по светиљци	Цена kWh без ПДВ-а по светиљци	Цена е.е. по W
	W	kWh	РСД	РСД	РСД
NaVP снаге 150 W	165	572	5.355	9,3644	0,00936
NaVP снаге 250 W	275	1.127	8.689	7,7083	0,00771
NaVP снаге 400 W	440	1.804	16.107	8,9266	0,00893
Просечне цене које ће се узети за C/BA анализу:				8,6665	0,00867
LED снаге 48 W	48	194	1.683	8,6665	0,00867
LED снаге 81 W	81	328	2.840	8,6665	0,00867
LED снаге 130 W	130	596	4.558	8,6665	0,00867

Трошкови одржавања

Врста трошка	Износ за C/BA	Врста трошка	Износ за C/BA
Одржавање стубова	63.250.000	Одржавање разводних ормана	16.300.000
Одржавање светиљки и сијалица	46.900.000	Одржавање трансформаторских станица	19.000.000
Одржавање каблова и проводника	19.500.000	Остали трошкови одржавања	41.500.000
УКУПНИ ТРОШКОВИ:			206.450.000

Просечни годишњи трошкови одржавања по једној светиљци: 3.894,00 РСД

Табела 4.4. Распоред времена укључења и искључења јавног осветљења („Календар расвете“)

месец	датум		укључење (хх:мм)	искључење (хх:мм)	број дана	време укључености сијалица		месечни часови укључења		
	од	до				дневно (х, мин)	десетодневно (х, мин)	ВТ (х, мин)	МТ (х, мин)	УКУПНО (х, мин)
јануар	1	10	16:15	7:00	10	14,45	147,30	165,15	297,00	444,15
	11	21	16:30	6:45	11	14,15	156,45			
	22	31	16:45	6:45	10	14,00	140,00			
фебруар	1	10	17:00	6:30	10	13,30	135,00	113,30	252,00	365,30
	11	21	17:15	6:15	11	13,00	143,00			
	22	28	17:30	6:00	7	12,30	87,30			
март	1	10	17:45	5:45	10	12,00	120,00	93,00	263,30	356,30
	11	21	18:00	5:30	11	11,30	126,30			
	22	31	18:15	5:15	10	11,00	110,00			
април	1	10	18:15	5:00	10	10,45	107,30	75,15	227,45	303,00
	11	21	18:30	4:30	11	10,00	110,00			
	22	30	18:45	4:15	9	9,30	85,30			
мај	1	10	19:00	4:00	10	9,00	90,00	54,15	209,15	263,30
	11	21	19:15	3:45	11	8,30	93,30			
	22	31	19:30	3:30	10	8,00	80,00			
јун	1	10	19:45	3:15	10	7,30	75,00	32,30	182,30	215,00
	11	21	20:00	3:00	11	7,00	77,00			
	22	30	20:00	3:00	9	7,00	63,00			

месец	датум		укључење (хх:мм)	искључење (хх:мм)	број дана	10		месечни часови укључења		
	од	до				дневно (х, мин)	десетодневно (х, мин)	ВТ (х, мин)	МТ (х, мин)	УКУПНО (х, мин)
јул	1	10	20:00	3:15	10	7,15	72,30			
	11	21	19:45	3:30	11	7,45	85,15			
	22	31	19:30	3:45	10	8,15	82,30	38,45	201,30	240,15
август	1	10	19:15	3:45	10	8,30	85,00			
	11	21	19:00	4:00	11	9,00	99,00			
	22	31	18:45	4:15	10	9,30	95,00	62,00	217,00	279,00
септембар	1	10	18:30	4:30	10	10,00	100,00			
	11	21	18:00	4:45	11	10,45	118,15			
	22	30	17:45	5:00	9	11,15	101,15	87,15	232,15	319,30
октобар	1	10	17:30	5:15	10	11,45	117,30			
	11	21	17:00	5:30	11	12,30	137,30			
	22	31	16:45	5:45	10	13,00	130,00	121,30	263,30	385,00
новембар	1	10	16:30	6:00	10	13,30	135,00			
	11	21	16:30	6:15	11	13,45	151,15			
	22	30	16:15	6:30	9	14,15	128,15	144,30	270,00	414,30
децембар	1	10	16:15	6:45	10	14,30	145,00			
	11	21	16:00	7:00	11	15,00	165,00			
	22	31	16:00	7:00	10	15,00	150,00	181,00	279,00	460,00
УКУПНО ГОДИШЊЕ:					365			1.168,45	2.877,15	4.046,00
УКУПНО ГОДИШЊЕ (ПРЕСТУПНА ГОДИНА):					366			1.172,15	2.886,15	4.058,30

Табела 4.5. Табеларни преглед објеката ЈП „Путеви Србије“ са типом светиљке, типом извора, снагом сијалице, годишњом потрошњом електричне енергије, процењеном снагом и процењеним бројем светиљки¹⁸

Р. Бр.	Назив	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Кат. пот.	Тип светиљке	Тип извора	Снага сијалице	Годишња потрошња објекта у 2016. год. (кWh)	Износ годишње потрошње са ПДВ-ом	Процењена снага (кW)	Процењен број светиљки
ОСВЕТЉЕЊЕ САОБРАЋАЈНИЦА													
1	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ПАНЧЕВАЧКИ ПУТ 221	ПАЛИЛУЛА	БЕОГРАД-ПАЛИЛУЛА	27842	КС НН	СГС	НаВП	250	21.091,00	208.556,50 РСД	5,21	19
2	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ПАНЧЕВАЧКИ ПУТ 163	ПАЛИЛУЛА	БЕОГРАД-ПАЛИЛУЛА	27838	КС НН	СГС	НаВП	250	26.853,00	265.560,50 РСД	6,64	24
3	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	МОСТ НА ДУНАВУ	СМЕДЕРЕВО	СМЕДЕРЕВО	1090647	КС НН	32	НаВП	400	67.720,00	671.930,14 РСД	16,74	38
4	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ОРЕШАЦ М 24, ТС МИРА СТУПИЦА	СМЕДЕРЕВО	СМЕДЕРЕВО	6152197	КС НН	32	НаВП	250	42.332,00	419.226,36 РСД	10,46	38
5	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	РАСВЕТА М 24, СТУБНА МКС	СМЕДЕРЕВО	СМЕДЕРЕВО	6129794	КС НН	32	НаВП	250	43.720,00	400.995,50 РСД	10,81	39
6	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	КОЛАРСКИ ПУТ М 24, ТС ЗАБРАН	СМЕДЕРЕВО	СМЕДЕРЕВО	6119785	КС НН	32	НаВП	250	18.301,00	183.436,50 РСД	4,52	16
7	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ПЕТЉА	ПЕТРИЈЕВО	СМЕДЕРЕВО	147	КС НН	32	НаВП	250	28.109,00	278.157,70 РСД	6,95	25
8	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ РАСКРСНИЦЕ	ОБИЛИЂЕВА 1	БОЉЕВАЦ	БОЉЕВАЦ	30002	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	12.996,00	128.956,50 РСД	3,21	12
9	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ БЕОГРАД ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ	ДРАГИШЕ ПЕТРОВИЋА 100	БОЉЕВАЦ	БОЉЕВАЦ	30019	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	13.477,00	133.764,70 РСД	3,33	12

¹⁸ За објекте – тунеле, у погледу броја светиљки наведене су стварне вредности а не процењене

Р. Бр.	Назив	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Кат. пот.	Тип свети-љке	Тип изво-ра	Снага сијали-це	Годишња потрошња објекта у 2016. год. (кWh)	Износ годишње потрошње са ПДВ-ом	Проце-њена снага (кW)	Процењен број светиљки
10	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ РАСКРСНИЦЕ	ПЕРЕ РАДОВАНОВИЋ А 1	БОЉЕВАЦ	БОЉЕВАЦ	29835	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	8.269,00	82.100,80 РСД	2,04	7
11	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ КОД АМСС	КУЧАЈСКА ББ	БОЉЕВАЦ	БОЉЕВАЦ	3985333	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	4.910,00	48.390,10 РСД	1,21	4
12	ЈР АУТОПУТ М-5 КОД СЕЛА ЛУКОВА	ЛУКОВО ББ	ЛУКОВО	БОЉЕВАЦ	157452	КС НН	32	НаВП	400	10.505,00	96.350,80 РСД	2,60	6
13	РС ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ ЧЕОНА НАПЛАТНА	ТРУПАЛЕ ББ	ТРУПАЛЕ	НИШ-МЕДИЈАНА	70829	КС НН	33	НаВП	400	117.880,00	1.167.306,40 РСД	29,13	66
14	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ГЕНЕРАЛА ТРАНИЈЕА 13/А	МЕДИЈАНА	НИШ-МЕДИЈАНА	17142609	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	97.182,00	934.817,50 РСД	24,02	87
15	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ГЕНЕРАЛА ТРАНИЈЕА 13/А	МЕДИЈАНА	НИШ-МЕДИЈАНА	8088763	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	63.776,00	631.596,50 РСД	15,76	57
16	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	БУЛЕВАР ДВАНАЕСТИ ФЕБРУАР 999	МЕДИЈАНА	НИШ-ЦРВЕНИ КРСТ	8088764	КС НН	ОНУХ 3	НаВП	250	751.830,00	7.535.817,60 РСД	185,82	676
17	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ЦРВЕНА РЕКА ББ	ЦРВЕНА РЕКА	БЕЛА ПАЛАНКА	5463706	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	11.528,00	114.275,10 РСД	2,85	10
18	МИНИСТАРСТВО САОБРАЋАЈА ВЕЗЕ ДИР.ЗА ПУТ.ИЗЛ.	ПОЉСКА РЖАНА ББ	ПОЉСКА РЖАНА	ПИРОТ	8046084	КС НН	ОНУХ 3	НаВП	400	60.930,00	603.558,50 РСД	15,06	34
19	БУВ - ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ УЛАЗНА ПЕТЉА ПИРОТ	ВОЈВОДЕ МИШИЋА ББ	ПИРОТ	ПИРОТ	406	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	209.430,00	2.086.781,60 РСД	51,76	188

Р. Бр.	Назив	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Кат. пот.	Тип свети-љке	Тип изво-ра	Снага сијали-це	Годишња потрошња објекта у 2016. год. (кWh)	Износ годишње потрошње са ПДВ-ом	Проце-њена снага (кW)	Процењен број светиљки
20	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ЗА ПЕТЉУ ГРАДИШТЕ	БУЛЕВАР КРАЉА АЛЕКСАНДРА 282	ЗВЕЗДАРА	БЕОГРАД-ЗВЕЗДАРА	1498838	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	8.565,00	84.687,80 РСД	2,12	8
21	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ПЕТЉА АЛЕКСАНДРОВ О	МЕРОШИНА ББ	МЕРОШИНА	МЕРОШИНА	81340	КС НН	3 2	НаВП	250	7.321,00	72.250,10 РСД	1,81	7
22	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ЈАСИКА	ЈАСИКА	КРУШЕВАЦ	2709111	КС НН	ОНУХ 2, НЕОС 2	НаВП	250	14.875,00	147.586,00 РСД	3,68	13
23	ЈАВНА РАСВЕТА М22/М4 ЋЕЛИЈЕ	РАСКРСНИЦА ЋЕЛИЈЕ 0	ЋЕЛИЈЕ	ЛАЈКОВАЦ	843	КС НН	РТ 3	НаВП	400	20.809,00	205.553,10 РСД	5,14	12
24	ЈАВНА РАСВЕТА ВЕЛИКИ ЦРЉЕНИ КОД ОБРЕНА	ИБАРСКИ ПУТ 0	ВЕЛИКИ ЦРЉЕНИ	БЕОГРАД-ЛАЗАРЕВАЦ	329	КС НН	ОНУХ 3	НаВП	400	21.035,00	208.358,00 РСД	5,20	12
25	ЈАВНА РАСВЕТА	КОД ХОТЕЛА 0	ЉИГ	ЉИГ	81009	КС НН	ОНУХ 3	НаВП	400	38.479,00	381.313,60 РСД	9,51	22
26	ЈАВНА РАСВЕТА	РАВНОГОРСКА 0	ЉИГ	ЉИГ	81007	КС НН	ОНУХ 3	НаВП	400	10.551,00	104.397,10 РСД	2,61	6
27	УЛИЧНА РАСВЕТА ТС НОВИ МОСТ (Ј.П.П.С.)	М.ЗВОРНИК 0	М.ЗВОРНИК	МАЛИ ЗВОРНИК	3758159	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	150	1.500,00	15.036,00 РСД	0,37	2
28	ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ	МИЛОША ОБИЛИЋА 123	ЧАЧАК	ЧАЧАК		КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	0,00	0,00 РСД	0,00	0
29	ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ/ТС ЗАНАТ	ВОЈВОДЕ МИЛАНА 0	Г.МИЛАНОВА Ц	ГОРЊИ МИЛАНОВА Ц	374461	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	37.243,00	371.462,20 РСД	9,20	33

Р. Бр.	Назив	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Кат. пот.	Тип свети-љке	Тип изво-ра	Снага сијали-це	Годишња потрошња објекта у 2016. год. (кWh)	Износ годишње потрошње са ПДВ-ом	Проце-њена снага (кW)	Процењен број светиљки
30	ЈАВНА РАСВЕТА-ПРЕЉИНА	ПРЕЉИНА ББ	ПРЕЉИНА	ЧАЧАК	50109	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	51.269,00	508.055,70 РСД	12,67	46
31	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ, ЈАВНА РАСВЕТА	БУЛЕВАР ОСЛОБОДИЛАЦ А ЧАЧКА ББ	ЧАЧАК	ЧАЧАК	113425	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	50.472,00	494.780,10 РСД	12,47	45
32	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ, ЈАВНА РАСВЕТА ЦРПНА СТ.	БУЛЕВАР ОСЛОБОДИЛАЦ А ЧАЧКА ББ	ЧАЧАК	ЧАЧАК	152202	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	16.387,00	150.300,00 РСД	4,05	15
33	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ, ЈАВ. РАС.БРАЋА СТАНИЋ	БУЛЕВАР ОСЛОБОДИЛАЦ А ЧАЧКА ББ	ЧАЧАК	ЧАЧАК	152201	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	35.492,00	352.847,90 РСД	8,77	32
34	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ, ЈАВНА РАСВЕТА	БЕЉИНА ББ	ЧАЧАК	ЧАЧАК	119914	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	45.579,00	451.474,00 РСД	11,27	41
35	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ, ЈАВНА РАСВЕТА	БУЛЕВАР ОСЛОБОДИЛАЦ А ЧАЧКА ББ	ЧАЧАК	ЧАЧАК	109598	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	46.439,00	465.526,70 РСД	11,48	42
36	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ, ЈАВНА РАСВЕТА	ПАРМЕНАЦ ББ	ЧАЧАК	ЧАЧАК	119913	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	34.455,00	341.868,00 РСД	8,52	31
37	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ, ЈАВНА РАСВЕТА КОЊЕВИЋИ	БУЛЕВАР ОСЛОБОДИЛАЦ А ЧАЧКА ББ	ЧАЧАК	ЧАЧАК	140100	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	47.262,00	471.340,60 РСД	11,68	42
38	ТС НОВИ МОСТ/345/ЈАВНА РАСВЕТА	НОВИ МОСТ-77-ШАБАЦ 0	ШАБАЦ	ШАБАЦ	2098873	КС НН	ОНУХ 3	НаВП	250	24.322,00	240.309,60 РСД	6,01	22

Р. Бр.	Назив	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Кат. пот.	Тип свети-љке	Тип изво-ра	Снага сијали-це	Годишња потрошња објекта у 2016. год. (кWh)	Износ годишње потрошње са ПДВ-ом	Проце-њена снага (кW)	Процењен број светиљки
39	УЛАЗНО-ИЗЛАЗНА ПЕТЉА ТС ЈОВИЋЕВИЋИ	КЊАЗА МИЛОША 0	ПОЖЕГА	ПОЖЕГА	1738564	КС НН	32	НаВП	250	54.055,00	536.122,10 РСД	13,36	49
40	УЛАЗНО-ИЗЛАЗНА ПЕТЉА ТС РАКЕТА	МИЛОВИЋА ЛИВАДЕ 0	ПОЖЕГА	ПОЖЕГА	2766179	КС НН	32	НаВП	250	84.000,00	832.818,10 РСД	20,76	75
41	ЈАВНО ПРЕЉУЗЕЋЕ ПУТЕВИ СРБИЈЕ	КРАЉЕВИ КОНАЦИ ББ	ЗЛАТИБОР	ЧАЈЕТИНА	291313	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	33.499,00	330.042,50 РСД	8,28	30
42	ТС ЈАВНА РАСВЕТА РАСКРСНИЦА ЧЕЛАРЕВО	ОБИЛАЗНИЦА СТС М7 Б.ПАЛАНКА-ГАЈДОБРА	БАЧКА ПАЛАНКА	БАЧКА ПАЛАНКА	5606	КС НН	32	НаВП	250	35.080,00	347.079,10 РСД	8,67	32
43	ТСЈАВНА РАСВЕТА РАСКРСНИЦА КАРАЉОРЂЕВ О	СТС М18 ОБИЛАЗНИЦА Б.ПАЛАНКА-КАРАЉОРЂЕВО	КАРАЉОРЂЕВ О	БАЧКА ПАЛАНКА	2687	КС НН	32	НаВП	250	32.900,00	325.789,10 РСД	8,13	30
44	ЈР МБТС КАЧКА ПЕТЉА	НА ЗРЕЊАНИНСКО М ПУТУ	НОВИ САД	НОВИ САД	37201	КС НН	32	НаВП	250	186.965,00	1.852.164,08 РСД	46,21	168
45	РАСКРСНИЦА ПУТЕВА	НИКОЛЕ ТЕСЛЕ ББ	ЖАБАЉ	ЖАБАЉ	6035931	КС НН	32	НаВП	250	45.780,00	453.507,10 РСД	11,31	41
46	РТС -1	ВОЈДА КАРАЉОРЂА ББ	СЕЧАЊ	СЕЧАЊ	21080215 030	КС НН	32	НаВП	250	4.919,00	45.116,60 РСД	1,22	4
47	РАСВЕТА МОСТА НА РЕЦИ БОСУТ	АУТО-ПУТ	АДАШЕВЦИ	ШИД	8091838	КС НН	33	НаВП	400	101.880,00	1.008.271,80 РСД	25,18	57
48	ОСВЕТЉЕЊЕ НА МОСТУ	Н.Н. ББ	ТИТЕЛ	ТИТЕЛ	2191696	КС НН	ОПАЛО	НаВП	150	12.070,00	119.677,30 РСД	2,98	18

Р. Бр.	Назив	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Кат. пот.	Тип свети-љке	Тип изво-ра	Снага сијали-це	Годишња потрошња објекта у 2016. год. (кWh)	Износ годишње потрошње са ПДВ-ом	Проце-њена снага (кW)	Процењен број светиљки
49	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ОРАШКА	ВЕЛИКА ПЛАНА	ВЕЛИКА ПЛАНА	42469	КС НН	ОНУХ 2, 33	НаВП	400	195.420,00	2.693.548,00 РСД	48,30	110
50	МОСТ НА ДУНАВУ ВОЈВОДИНАПУТ	ДУНАВ ББ	БЕЗДАН	СОМБОР	91269078	КС НН	ОПАЛО	НаВП	150	47.160,00	432.564,80 РСД	11,66	71
51	ЈП РАСВЕТА МОСТА	Ј.РАСВЕТА МОСТА	БОГОЈЕВО	ОЦАЦИ	1786214	КС НН	32	НаВП	150	52.684,00	509.580,40 РСД	13,02	79
52	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ-ПЕТЉА МАРКОВАЦ	8.ОКТОБАР	МАРКОВАЦ	ВЕЛИКА ПЛАНА	42516	КС НН	ОНУХ 2, ОНУХ 3	НаВП	400	240.480,00	3.066.122,50 РСД	59,44	135
53	ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ ДЕОНИЦА М-13	ЦИГАНСКА МАХАЛА ББ	ПРЕКОДОЛЦЕ	ВЛАДИЧИН ХАН	216468	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	29.635,00	1.355.353,40 РСД	7,32	27
54	ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ ДЕОНИЦА М-13	ЦИГАНСКА МАХАЛА ББ	ПРЕКОДОЛЦЕ	ВЛАДИЧИН ХАН	216463	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	52.234,00	1.716.131,10 РСД	12,91	47
55	ЈАВНА РАСВЕТА НА ПЕТЉИ	НИКОЛЕ ТЕСЛЕ ББ	ВЛАДИЧИН ХАН	ВЛАДИЧИН ХАН	163404	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	47.171,00	457.593,80 РСД	11,66	42
56	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ОСВЕТЉЕЊЕ ПУТА УЛАЗ У	НИКОЛЕ ПАШИЋА 300	ЗАЈЕЧАР	ЗАЈЕЧАР	345067	КС НН	32	НаВП	250	39.197,00	388.018,40 РСД	9,69	35
57	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ШАРГАН ББ	КРЕМНА	УЖИЦЕ	10622244	КС НН	32, ОНУХ 2, НЕОС	НаВП	250	68.745,00	683.769,60 РСД	16,99	62
58	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ БЕОГРАД (РАМПА)	РАМПА ЋУПРИЈА 0	ЋУПРИЈА	ЋУПРИЈА	7964	КС НН	33	НаВП	400	365.920,00	3.718.153,10 РСД	90,44	206
59	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	БИВОЉЕ ББ	БИВОЉЕ	КРУШЕВАЦ	805408	КС НН	ОНУХ 2, НЕОС 2	НаВП	250	36.079,00	356.330,70 РСД	8,92	32

Р. Бр.	Назив	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Кат. пот.	Тип свети-љке	Тип изво-ра	Снага сијали-це	Годишња потрошња објекта у 2016. год. (кWh)	Износ годишње потрошње са ПДВ-ом	Проце-њена снага (кW)	Процењен број светиљки
60	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	СТУПЧЕВИЋИ ББ	АРИЉЕ	АРИЉЕ	330587	КС НН	ОНУХ 2, НЕОС 2	НаВП	250	15.173,00	146.776,40 РСД	3,75	14
61	МОСТ БЕШКА	ДУНАВСКА ОБАЛА ББ	БЕШКА	ИНЂИЈА	74154	КС НН	СГС	НаВП	400	232.608,00	2.198.919,30 РСД	57,49	131
62	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ СТС 46	АУТОПУТ Е75 ББ	БАЧКИ ВИНОГРАДИ	СУБОТИЦА	41596	КС НН	ОНУХ 2, НЕОС 2	НаВП	250	5.240,00	185.690,60 РСД	1,30	5
63	НАПЛАТНА РАМПА ПЕТЉА БЕШКА	АУТОПУТ Е-75	БЕШКА	ИНЂИЈА	7759; 24653	КС НН	ОНУХ 2, 33	НаВП	400	191.743,00	1.755.741,90 РСД	47,39	108
64	НАПЛАТНА СТАНИЦА ШИМАНОВЦИ	АУТОПУТ /М-1	КРЊЕШЕВЦИ	СТАРА ПАЗОВА	70737; 71156	КС НН	ОНУХ 2, 33	НаВП	400	466.800,00	4.848.924,40 РСД	115,37	262
65	ШИМАНОВАЧКА ПЕТЉА - ТС И	АУТОПУТ ББ	КРЊЕШЕВЦИ	СТАРА ПАЗОВА	71200	КС НН	ОНУХ 2, 33	НаВП	400	126.320,00	1.427.039,20 РСД	31,22	71
66	НАПЛАТНА РАМПА, МБТС 20/0,4 КВ	АУТОПУТ /ББ	ПЕЋИНЦИ	ПЕЋИНЦИ	71009; 70538	КС НН	ОНУХ 2, 33	НаВП	400	396.965,00	3.558.191,60 РСД	98,11	223
67	НАПЛАТНА РАМПА, МБТС 10/0,4 КВ	АУТОПУТ /ББ	РУМА	РУМА	71075	КС НН	ОНУХ 2, 33	НаВП	400	392.829,00	3.918.561,80 РСД	97,09	221
68	ТС 10/0,4 КВ НАПЛАТНА РАМПА РАСТ	АУТОПУТ Е-	СТАРА ПАЗОВА	СТАРА ПАЗОВА	71092	КС НН	ОНУХ 2, 33	НаВП	400	254.945,00	2.495.575,30 РСД	63,01	143
69	МБТС 20/0.4 КВ НАПЛАТНА РАМПА ПЕТУА ШИД	АУТОПУТ ББ	АДАШЕВЦИ	ШИД	1649	КС НН	ОНУХ 2, 33	НаВП	400	357.554,00	3.545.966,40 РСД	88,37	201
70	МБТС 20/0.4КВ НАПЛАТНА РАМПА СРЕМСКИ	АУТО-ПУТ	АДАШЕВЦИ	ШИД	1687	КС НН	ОНУХ 2, 33	НаВП	400	240.726,00	2.491.598,60 РСД	59,50	135

Р. Бр.	Назив	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Кат. пот.	Тип свети-љке	Тип изво-ра	Снага сијали-це	Годишња потрошња објекта у 2016. год. (кWh)	Износ годишње потрошње са ПДВ-ом	Проце-њена снага (кW)	Процењен број светиљки
71	НАПЛАТНА РАМПА КУЗМИН	АУТО-ПУТ	КУЗМИН	СРЕМСКА МИТРОВИЦ А	1807	КС НН	ОНУХ 2, 33	НаВП	400	288.780,00	3.242.696,40 РСД	71,37	162
72	НАПЛАТНА РАМПА СРЕМСКА МИТРОВИЦА	АУТО-ПУТ ББ	СРЕМСКА МИТРОВИЦА	СРЕМСКА МИТРОВИЦ А	1805	КС НН	ОНУХ 2, 33	НаВП	400	350.061,00	3.644.432,20 РСД	86,52	197
73	МОСТ НА ДУНАВУ	ДУНАВСКА ББ	БЕШКА	ИНЂИЈА	11382	КС НН	ОНУХ 2, 33	НаВП	400	2,00	11.405,90 РСД	0,00	0
74	ОСВЕТЉЕЊЕ ТС ПЕТЉА НС - ЦЕНТАР	АУТОПУТ Е 75 - Темерински пут	НОВИ САД	НОВИ САД	37195	КС НН	СГС	НаВП	400	245.736,00	2.222.430,00 РСД	60,74	138
75	ШИМАНОВАЧКА ПЕТЉА - ТС ИИ	АУТО-ПУТ ББ	КРЊЕШЕВЦИ	СТАРА ПАЗОВА	70603	КС НН	СГС	НаВП	400	106.869,00	1.246.394,40 РСД	26,41	60
76	ПЕТЉА ИНЂИЈА -АУТОПУТ БЕОГРАД-НОВИ САД	АУТО-ПУТ Нови Сад ББ	ИНЂИЈА	ИНЂИЈА	10630623	КС НН	СГС	НаВП	400	166.169,00	1.659.767,00 РСД	41,07	93
77	ПЕТЉА МАРАДИК-АУТОПУТ БЕОГРАД-НОВИ САД	АУТО-ПУТ Нови Сад ББ	МАРАДИК	ИНЂИЈА	10637602	КС НН	СГС	НаВП	400	151.417,00	1.569.595,60 РСД	37,42	85
78	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ЈАВНА РАСВЕТА ЗА ПЕТЉУ	АУТОПУТ Е75 деоница Батајнца-Добановци	САВСКИ ВЕНАЦ	БЕОГРАД-САВСКИ ВЕНАЦ	21676	КС НН	СГС	НаВП	400	295.642,00	2.837.926,80 РСД	73,07	166
79	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ГРОБЉЕ ОРЛОВАЧА 2	РАКОВИЦА	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	249829	КС НН	ОНУХ 2, ОНУХ 3	НаВП	400	39.370,00	403.375,20 РСД	9,73	22
80	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ГРОБЉЕ ОРЛОВАЧА 3	РАКОВИЦА	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	229794	КС НН	ОНУХ 2, ОНУХ 3	НаВП	400	66.458,00	590.964,50 РСД	16,43	37

Р. Бр.	Назив	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Кат. пот.	Тип свети-љке	Тип изво-ра	Снага сијали-це	Годишња потрошња објекта у 2016. год. (кWh)	Износ годишње потрошње са ПДВ-ом	Проце-њена снага (кW)	Процењен број светиљки
81	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ МЕРНО МЕСТО 4	ГРОБЉЕ ОРЛОВАЧА 4	РАКОВИЦА	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	52377; 223793	КС НН	ОНУХ 2, ОНУХ 3	НаВП	400	24.482,00	284.924,00 РСД	6,05	14
82	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ МЕРНО МЕСТО 1	ГРОБЉЕ ОРЛОВАЧА 1	РАКОВИЦА	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	249828	КС НН	ОНУХ 2, ОНУХ 3	НаВП	400	41.141,00	392.606,40 РСД	10,17	23
83	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ПЕТЉА ДОБАНОВЦИ	УГРИНОВАЧКИ ПУТ	ЗЕМУН	БЕОГРАД-ЗЕМУН	16909	КС НН	ОНУХ 2, СГС	НаВП	250	295.642,00	2.837.926,80 РСД	73,07	266
84	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	УГРИНОВАЧКИ ПУТ	ЗЕМУН	БЕОГРАД-ЗЕМУН	144092	КС НН	ОНУХ 2, СГС	НаВП	250	75.103,00	782.369,70 РСД	18,56	67
85	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	АУТОПУТ Е75 деоница Батајнца-Добановци	САВСКИ ВЕНАЦ	БЕОГРАД-САВСКИ ВЕНАЦ	24971	КС НН	ОНУХ 2, ОНУХ 3	НаВП	400	89.578,00	787.723,10 РСД	22,14	50
86	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	АУТОПУТ Е75 деоница Батајнца-Добановци	САВСКИ ВЕНАЦ	БЕОГРАД-САВСКИ ВЕНАЦ	144091	КС НН	ОНУХ 2, ОНУХ 3	НаВП	400	94.073,00	828.338,10 РСД	23,25	53
87	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	АУТОПУТ Е75 деоница Батајнца-Добановци	САВСКИ ВЕНАЦ	БЕОГРАД-САВСКИ ВЕНАЦ	144096	КС НН	ОНУХ 2, ОНУХ 3	НаВП	400	95.380,00	858.544,00 РСД	23,57	54
88	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ	ИБАРСКИ ПУТ 1А	РАКОВИЦА	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	71997	КС НН	ОНУХ 2, ОНУХ 3	НаВП	400	0,00	63.361,20 РСД	0,00	0
89	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ	ИБАРСКИ ПУТ 1Б	РАКОВИЦА	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	72006	КС НН	ОНУХ 2, ОНУХ 3	НаВП	400	0,00	63.361,20 РСД	0,00	0
90	УПРАВНА ЗГРАДА - ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	КРУЖНИ ПУТ КИЈЕВО	РАКОВИЦА	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	4013	КС НН	ОНУХ 2, ОНУХ 3	НаВП	400	31.315,00	537.394,70 РСД	7,74	18

Р. Бр.	Назив	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Кат. пот.	Тип свети-љке	Тип изво-ра	Снага сијали-це	Годишња потрошња објекта у 2016. год. (кWh)	Износ годишње потрошње са ПДВ-ом	Проце-њена снага (кW)	Процењен број светиљки
91	ЈАВНА РАСВЕТА-ПЕТЉА	БЕЛИ ПОТОК	МАЛИ ПОЖАРЕВАЦ	БЕОГРАД-СОПОТ	43415	КС НН	ОНУХ 2, 33	НаВП	250	175.012,00	1.615.702,60 РСД	43,26	157
92	ВРЧИНСКА ПЕТЉА	БУЛЕВАР РЕВОЛУЦИЈЕ 2	ВРЧИН	БЕОГРАД-ГРОЦКА	22882	КС НН	32, 33, ОНУХ 2	НаВП	400	194.940,00	2.071.867,60 РСД	48,18	110
93	ПЕТУА НА АУТО-ПУТУ	РАВНИ ГАЈ ББ	МАЛИ ПОЖАРЕВАЦ	БЕОГРАД-СОПОТ	40362	КС НН	ОНУХ 2, 33	НаВП	400	284.246,00	2.843.757,70 РСД	70,25	160
94	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	АУТОПУТ Београд-Панчево бб			3853	КС НН	32, 33, ОНУХ 2	НаВП	400	68.956,00	732.518,30 РСД	17,04	39
95	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	АУТОПУТ Београд-Панчево бб			149467	КС НН	32, 33, ОНУХ 2	НаВП	400	163.206,00	5.314.855,60 РСД	40,34	92
96	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	АУТОПУТ Београд-Остружница бб	ЧУКАРИЦА	БЕОГРАД-ЧУКАРИЦА	19397	КС НН	32, 33, ОНУХ 2	НаВП	400	255.797,00	1.886.425,80 РСД	63,22	144
97	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ДОБАНОВЦИ Е75	ДОБАНОВЦИ	БЕОГРАД-СУРЧИН	19131	КС НН	ОНУХ 2, ОНУХ 3, СГС	НаВП	400	299.737,00	3.147.169,70 РСД	74,08	168
98	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ИСПОД ОСТРУЖНИЧКО Г МОСТА	НОВИ БЕОГРАД ББ	НОВИ БЕОГРАД	БЕОГРАД-НОВИ БЕОГРАД	10637715	КС НН	32, 33, ОНУХ 2	НаВП	400	20.670,00	312.897,80 РСД	5,11	12
99	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ДРИП-ПЕТУА ДОБАН.СМЕРКА	ЖИТНА 41	ДОБАНОВЦИ	БЕОГРАД-СУРЧИН	11007191	КС НН	ОНУХ 2, ОНУХ 3, СГС	НаВП	250	0,45	16.955,60 РСД	0,00	0
100	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ -ДРИП Т6-ЗОНА РАСКР.ПЛАВИ	АУТОПУТ за Загреб 22А	ЗЕМУН	БЕОГРАД-ЗЕМУН	11008691	КС НН	33, ОНУХ 2, ОНУХ 3	НаВП	400	1.389,00	11.857,40 РСД	0,34	1

Р. Бр.	Назив	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Кат. пот.	Тип свети-љке	Тип изво-ра	Снага сијали-це	Годишња потрошња објекта у 2016. год. (кWh)	Износ годишње потрошње са ПДВ-ом	Проце-њена снага (кW)	Процењен број светиљки
101	ПЕТУА ДОБАНОВЦИ	АУТОПУТ за Загреб бб	ЗЕМУН	БЕОГРАД-ЗЕМУН	459243	КС НН	ЗЗ, ОНУХ 2, ОНУХ 3	НаВП	400	185.672,00	1.989.794,00 РСД	45,89	104
102	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ЗРЕЊАНИНСКИ ПУТ 1	ПАЛИЛУЛА	БЕОГРАД-ПАЛИЛУЛА	182244	КС НН	СГС	НаВП	250	60.840,00	616.190,60 РСД	15,04	55
103	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ПАНЧЕВАЧКИ МОСТ 1	ПАЛИЛУЛА	БЕОГРАД-ПАЛИЛУЛА	277377	КС НН	СГС	НаВП	250	38.391,00	446.331,20 РСД	9,49	35
104	РАСКРНИЦА СЕЛИШТЕ ШАРБАНОВАЦ	ШАРБАНОВАЦ ББ	ШАРБАНОВАЦ	БОР	128021	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	19.134,00	229.972,00 РСД	4,73	17
105	ОСВЕТЉЕЊЕ ОДМОРИШТА АУТО ПУТА Е 75	БОБОВИШТЕ ББ	БОБОВИШТЕ	АЛЕКСИНАЦ	341136	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	15.720,00	142.333,10 РСД	3,89	14
106	ПЕТЉА КОД БРЕСТОВЦА	БРЕСТОВАЦ ББ	БРЕСТОВАЦ	ЛЕСКОВАЦ	42308	КС НН	ОНУХ 2 и ОНУХ 3	НаВП	400	97.978,50	942.086,30 РСД	24,22	55
107	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - АРХИВ НОВАКОВА ВИЛА	ЛАЗЕ ЛАЗАРЕВИЋА ББ	ПИРОТ	ПИРОТ	281717	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	150	0,00	3.757,20 РСД	0,00	0
108	ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ ПЕТЉЕ КОРИДОР 10	ОРАОВИЦА (КОД ГРДЕЛИЦЕ) ББ	ОРАОВИЦА (КОД ГРДЕЛИЦЕ)	ЛЕСКОВАЦ	393949	КС НН	ОНУХ 2 и ОНУХ 3	НаВП	400	90.597,00	3.255.124,30 РСД	22,39	51
109	ОСВЕТУ.ПЕТЉЕ ВЛАСОТИНЦЕ НА ПУТУ Е-75 ПЕ	МАНОЈЛОВЦЕ ББ	МАНОЈЛОВЦЕ	ЛЕСКОВАЦ	452556	КС НН	ОНУХ 2 и ОНУХ 3	НаВП	400	65.588,00	641.700,70 РСД	16,21	37
110	ОСВЕТЉЕЊЕ ПЕТУА НА АУТО ПУТУ ПЕЧЕЊЕВАЦ	ПЕЧЕЊЕВЦЕ ББ	ПЕЧЕЊЕВЦЕ	ЛЕСКОВАЦ	452565	КС НН	ОНУХ 2 и ОНУХ 3	НаВП	400	72.146,00	719.966,90 РСД	17,83	41

Р. Бр.	Назив	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Кат. пот.	Тип светиљке	Тип извора	Снага сијалице	Годишња потрошња објекта у 2016. год. (кWh)	Износ годишње потрошње са ПДВ-ом	Процењена снага (кW)	Процењен број светиљки
111	НАПЛАТНА РАМПА ТС 1590	БАТОЧИНА	БАТОЧИНА	БАТОЧИНА	22397	КС НН	33	НаВП	400	278.720,00	2.850.732,60 РСД	68,89	157
112	ЈАВНО ПРЕДУЗЕЋЕ ПУТЕВИ СРБИЈЕ	РАЉА 1, ПЕТЉА	РАЉА	СОПОТ	2467	КС НН	ОНУХ 2 и ОНУХ 3	НаВП	400	257.500,00	2.751.677,30 РСД	63,64	145
113	ЈАВНО ПРЕДУЗЕЋЕ ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ПЕТЉА	ВОДАЊ	ВОДАЊ	42439	КС НН	ОНУХ 2, 33	НаВП	250	466.440,00	4.348.209,60 РСД	115,28	419
114	ЈАВНО ПРЕДУЗЕЋЕ ПУТЕВИ СРБИЈЕ	РАЉА 2, ПЕТЉА	РАЉА	СОПОТ	42513	КС НН	ОНУХ 2, 33	НаВП	400	250.750,00	2.401.134,80 РСД	61,97	141
115	НАПЛАТНА РАМПА ЛАПОВО ТС 1531	ВОЈВОДЕ СТЕПЕ 5А	ЛАПОВО (ВАРОШ)	ЛАПОВО	8838293	КС НН	ОНУХ 3	НаВП	400	134.790,00	1.439.029,40 РСД	33,31	76
116	ЈАВНО ПРЕДУЗЕЋЕ ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ПЕТЉА	КОЛАРИ	КОЛАРИ	12746	КС НН	32	НаВП	250	678.209,20	52.985,00 РСД	167,62	610
117	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	СТУБЛЕНИЦА 0	УБ	УБ	7799452	КС НН	32, ОПАЛО	НаВП	250	0,00	6.623,80 РСД	0,00	0
118	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ БЕОГРАД	СТУБЛЕНИЦА 0	УБ	УБ	85481	КС НН	32, ОПАЛО	НаВП	250	0,00	6.623,80 РСД	0,00	0
119	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ (ПЕТЉА ЗА АУТОПУТ)	АУТОПУТ 0	ЈАГОДИНА	ЈАГОДИНА	10268	КС НН	33	НаВП	400	245.970,00	2.290.815,30 РСД	60,79	138
120	АУТОПУТ ПЕТЉА	РАЖАЊ 0	РАЖАЊ	РАЖАЊ	11298	КС НН	ОНУХ 3	НаВП	400	117.271,00	1.402.283,50 РСД	28,98	66
121	АУТОПУТ ПЕТУА	ПОЈАТЕ 0	ПОЈАТЕ	ЋИЋЕВАЦ	11332	КС НН	32 и 33	НаВП	400	284.440,00	2.702.578,00 РСД	70,30	160

Р. Бр.	Назив	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Кат. пот.	Тип свети-љке	Тип изво-ра	Снага сијали-це	Годишња потрошња објекта у 2016. год. (кWh)	Износ годишње потрошње са ПДВ-ом	Проце-њена снага (кW)	Процењен број светиљки
122	СРБИЈА ПУТ БРОЈЦ. КУЋА	ЈАСИКА 0	ЈАСИКА	КРУШЕВАЦ	100234	КС НН	ОНУХ 2, НЕОС 2	НаВП	250	0,00	10.349,70 РСД	0,00	0
123	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	МАКРЕШАНЕ ББ	МАКРЕШАНЕ	КРУШЕВАЦ	25186	КС НН	ОНУХ 2, НЕОС 2	НаВП	250	14.635,00	125.772,40 РСД	3,62	13
124	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	КОШЕВИ ББ	КОШЕВИ	КРУШЕВАЦ	25161	КС НН	ОНУХ 2, НЕОС 2	НаВП	250	19.355,00	165.535,50 РСД	4,78	17
125	ПЕТЉА НА АУТО ПУТУ	ТОМЕ ЖИВАНОВИЋА 0	ПАРАЋИН	ПАРАЋИН	18472	КС НН	СГС	НаВП	250	300.467,00	2.983.851,70 РСД	74,26	270
126	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	КРАТОВСКА СТЕНА ББ	ЛУЧАНИ	ЛУЧАНИ	3538	КС НН	СГС	НаВП	250	116.040,00	1.129.032,90 РСД	28,68	104
127	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	ВРНЧАНИ ББ	ОВЧАР БАЊА	ЧАЧАК	10095	КС НН	СГС	НаВП	250	145.738,00	1.673.966,50 РСД	36,02	131
128	ТС ПУТАРА	ЗЛАТИБОР 0	УЖИЦЕ	УЖИЦЕ	8269402; 8867448	КС НН	32	НаВП	250	39.320,00	494.634,80 РСД	9,72	35
129	ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ	КНЕЗА МИЛОША 165	ЧАЧАК	ЧАЧАК	4593028	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	4.685,00	53.370,40 РСД	1,16	4
130	ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ	БУЛЕВАР ОСЛОБОЂЕЊА 0	ЧАЧАК	ЧАЧАК	9201928	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	1.926,00	30.872,00 РСД	0,48	2
131	ДИРЕКЦИЈА ЗА ПУТЕВЕ	ВЛ.НИК. ВЕЛИМИРОВИЋА 95	ЧАЧАК	ЧАЧАК	8936011	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	4.829,00	61.804,60 РСД	1,19	4
132	МИНИСТАРСТВО ЗА САОБРАЋАЈ И ВЕЗЕ	ПАРТИЗАНСКЕ ВОДЕ ББ	УЖИЦЕ	УЖИЦЕ	24118	КС НН	32	НаВП	250	15.784,00	179.007,30 РСД	3,90	14
133	ПУТЕВИ	УМИНА ВОДА ББ	ПАЛИСАД	ЧАЈЕТИНА	18697	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	250	131.600,00	1.392.358,00 РСД	32,53	118

Р. Бр.	Назив	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Кат. пот.	Тип свети-љке	Тип изво-ра	Снага сијали-це	Годишња потрошња објекта у 2016. год. (кWh)	Износ годишње потрошње са ПДВ-ом	Проце-њена снага (кW)	Процењен број светиљки
134	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ МЕТЕОРОЛОШКА СТАНИЦА	НОВИ МОСТ 77-Шабац 0	ШАБАЦ	ШАБАЦ	319866	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	400	204,00	3.926,30 РСД	0,05	0
135	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ	БАЦАКОВА ЋУПРИЈА	КРЂЕВАЦ	ТОПОЛА	318310	КС НН	ИПСО	LED	115	10.377,00	105.052,70 РСД	2,56	22
136	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ТС 7	ОБИЛАЗНИЦА ББ	СУРЧИН	БЕОГРАД-СУРЧИН	10637717	РС НН	ОНУХ 2, ОНУХ 3	НаВП	250	98.420,00	1.548.015,80 РСД	24,33	88
УКУПНО ОСВЕТЉЕЊЕ САОБРАЋАЈНИЦА:										14.754.378,15	150.876.510,18 РСД	3.646,66	10.184
ОСВЕТЉЕЊЕ ТУНЕЛА													
137	ОСВЕТЉЕЊЕ ТУНЕЛА НА ГРЗИ	ТОМЕ ЖИВАНОВИЋА 0	ПАРАЋИН	ПАРАЋИН	18409; 18449	КС НН	СГС	НаВП	400	272.790,00	3.027.310,50 РСД	67,42	157
138	ТУНЕЛ СТРМЕН	КОТ ББ	МЕТОВНИЦА	БОР	1821163	КС НН	СГС	НаВП	250	299.460,00	2.746.617,20 РСД	74,01	310
139	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ТУНЕЛ КРЖИНЦЕ	КРЖИНЦЕ ББ	КРЖИНЦЕ	ВЛАДИЧИН ХАН	2031	КС НН	СГС	НаВП	150	106.300,00	1.323.716,00 РСД	26,27	213
140	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ ТУНЕЛ МАНАЈЛЕ	СВЕТОСАВСКА 1	ВЛАДИЧИН ХАН	ВЛАДИЧИН ХАН	2030	КС НН	ОНУХ 2	НаВП	150	91.800,00	997.155,10 РСД	22,69	216
141	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ТУНЕЛ СТАРА СТРАЖЕВИЦА	КРУЖНИ ПУТ - БГ Ресник	РЕСНИК	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	11471	КС НН	СГС	НаВП	250	219.533,00	1.926.827,50 РСД	54,26	154
142	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ТУНЕЛ СТРАЖЕВИЦА	СТРАЖЕВИЧКА	СТРАЖЕВИЦА	БЕОГРАД-РАКОВИЦА	23601	КС НН	СГС	НаВП	250	351.600,00	3.479.584,20 РСД	86,90	247

Р. Бр.	Назив	Улица и број	Место	Општина	Број бројила	Кат. пот.	Тип свети-љке	Тип изво-ра	Снага сијали-це	Годишња потрошња објекта у 2016. год. (кWh)	Износ годишње потрошње са ПДВ-ом	Процењена снага (кW)	Процењен број светиљки
143	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ТУНЕЛ ЛИПАК - ЖЕЛЕЗНИК	СТЕВАНА ФИЛИПОВИЋА	ЧУКАРИЦА	БЕОГРАД-ЧУКАРИЦА	23636	КС НН	СГС	НаВП	150	208.200,00	2.438.703,60 РСД	51,46	310
144	ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ - ТУНЕЛ ЛИПАК - ФАЗА И	САВСКА	ОСТРУЖНИЦА	БЕОГРАД-ЧУКАРИЦА	23640	КС НН	СГС	НаВП	400	594.000,00	5.496.812,60 РСД	146,81	253
УКУПНО ОСВЕТЉЕЊЕ ТУНЕЛА:										2.143.683,00	21.436.726,70 РСД	529,83	1.860
УКУПНО ОСВЕТЉЕЊЕ САОБРАЋАЈНИЦА И ТУНЕЛА:										16.898.061,15	172.313.236,88 РСД	4.176,49	12.044
РАЗВРСТАНО ПО СНАГАМА СИЈАЛИЦА:													
БРОЈ ОБЈЕКТА ОСВЕТЉЕНИХ СА LED СВЕТИЉКОМ СНАГЕ 115 W:									1	10.377,00	105.052,70 РСД	2,56	22
БРОЈ ОБЈЕКТА ОСВЕТЉЕНИХ СА НаВП СВЕТИЉКОМ СНАГЕ 150 W:									8	519.714,00	5.840.190,40 РСД	128,45	909
БРОЈ ОБЈЕКТА ОСВЕТЉЕНИХ СА НаВП СВЕТИЉКОМ СНАГЕ 250 W:									73	6.132.040,65	56.721.049,14 РСД	1.515,58	5.440
БРОЈ ОБЈЕКТА ОСВЕТЉЕНИХ СА НаВП СВЕТИЉКОМ СНАГЕ 400 W:									62	10.235.929,50	109.646.944,64 РСД	2.529,89	5.673

5. Избор LED светиљки на примеру огледног пројекта и прорачуна једног типичног објекта ЈП „Путеви Србије“ који су предмет студије

Да би се квалитетно извршила C-BA анализа, један од основних елемената су избор и карактеристике LED светиљки са којима ће се мењати постојеће светиљке. Овај задатак није нимало лак, јер се избор светиљки врши на основу резултата прорачуна за сваки објекат понаособ. Ипак, како је потребно извршити квантификацију ефеката замене, приступ аутора студије је да се на једном типичном објекту, који по својим карактеристикама представља већину објеката који се разматрају, одреде карактеристике заменских светиљки, и да се аналогно тој класификацији, даљи прорачуни заснују на тој табели замене. Стога ће се у оквиру овог поглавља приказати резултати једног таквог светлотехничког прорачуна, а потом приказати неке од LED светиљки, које задовољавају наведене резултате. На крају за потребе C-BA анализе, извршиће се избор две референтне линије светиљки, и према свакој ће се у поглављу где ће бити извршена C-BA анализа, поставити по један сценарио.

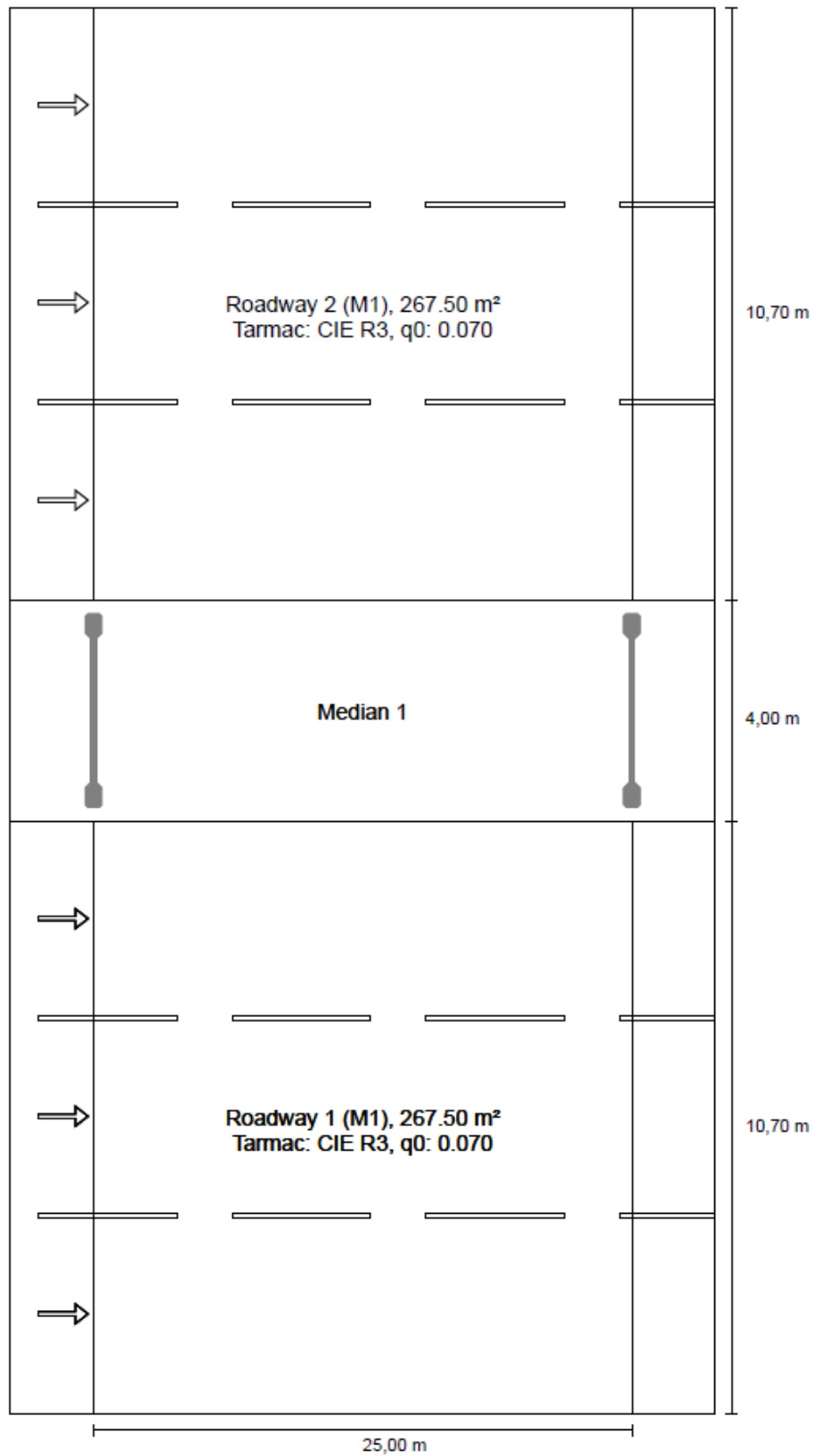
5.1 Пример огледног пројекта и прорачуна једног типичног објекта ЈП „Путеви Србије“

Као што је већ претходно наглашено, поступак пројектовања осветљења саобраћајнице се састоји од одређеног броја етапа, које се по правилу одвијају по неком утврђеном редоследу.

Подлоге, подаци и захтеви

За огледни пример изабрана је деоница ауто-пута ознаке А1 (Е75 – деоница Београд – Ниш) код Бубањ Потока. Разматрана деоница ауто-пута је равна и без кривина.

1. Остали подаци од значаја за пројектовање су:
 - дужина разматране деонице: 1.375 *m*, односно 1,4 *km*;
 - карактеристични профил пута: пут са три траке у сваком правцу са средњим невозим појасом (слика 5.1.);
 - површински слој коловоза припада рефлексионој класи **R3**,
 - значај саобраћајнице: саобраћајница **IA** реда од међународног значаја, са искључиво друмским саобраћајем, и ограничењем брзине 120 *km/h*;



Слика 5.1. Профил пута са карактеристичним димензијама

2. Светлотехничку класу саобраћајнице је **M1**, па су захтеви за пројектовање следећи:

Табела 5.1. Минимални захтеви за саобраћајнице класе M1

Нивои сјајности коловоза у условима сувих и влажних коловозних површина			Вредност релативног пораста прага	Коефицијент окружења	
Сухе коловозне површине		Влажне кол. повр.	Сухе кол. повр.	Сухе кол. повр.	
L_{sr} (min) (cd/m^2)	U_o (min)	U_1 (min)	U_{ow}^b (min)	TI (max) %	SR (min)
2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35

3. Постојећи тип извора светлости и светиљка:

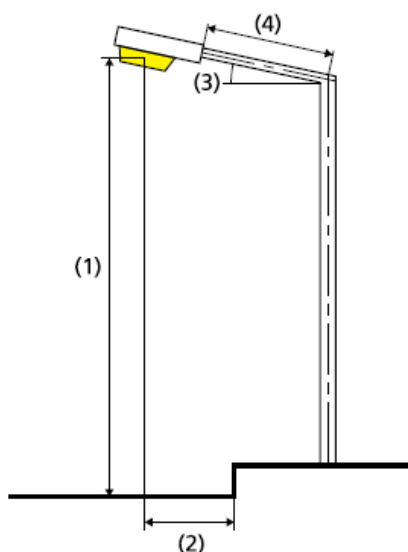
- **Z3**, производње „Minel – Schreder“, са натријумовим извором светлости високог притиска, снаге сијалице 400 W.

4. Распоред постојећих светиљки:

- Централни распоред, односно, једностранни распоред двокраких стубова, са светиљкама на стубовима који се налазе у осни невожног појаса и растојањем између стубова од 25 m.

5. Параметри геометрије уређаја осветљења:

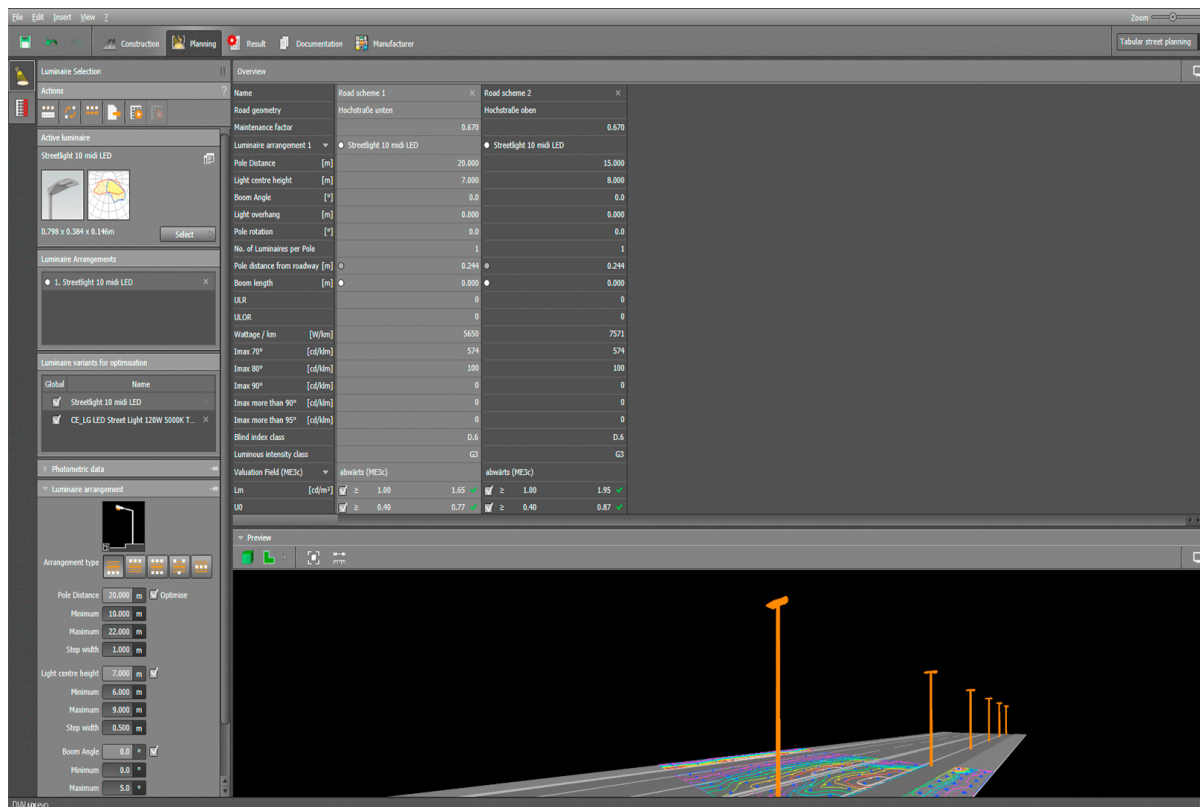
- висина монтаже светиљке (слика 5.2. позиција (1)): 13,5 m
- превес светиљке (слика 5.2. позиција (4)): 1,5 m
- растојање нормалне пројекције светиљке до ближе ивице коловоза (слика 5.2. (2)): 0,5 m
- нагиб светиљке (слика 5.2. (3)): 10°



Слика 5.2. Параметри геометрије уређаја осветљења

ФОТОМЕТРИЈСКИ ПРОРАЧУН

За претходни пример извршен је фотометријски прорачун применом софтверског пакета „DIALux“, који спада у водеће софтвере на свету, немачке фирме „Dial“. Овај софтвер је преведен на 25 језика, и служи за пројектовање, прорачуне и визуелно представљање осветљења од појединачних просторија (соба), па до сложених сцена зграда, путева, тунела. Овај софтвер поседује и електронски каталог светиљки свих водећих произвођача у свету, и има интерфејс према свим CAD програмима.



Слика 5.3. Изглед типичног екрана софтвера „DIALux“ при фотометријском прорачуну осветљења саобраћајнице

Фотометријски прорачун је извршен за различите врсте светиљки. На огледном примеру, показује се да се за постојеће услове (растојање и распоред стубова, као и остали параметри), захтевани услови могу добити применом светиљке, следећих карактеристика:

- Светлосни флуks извора: 20.000 lm
- Светлосни флуks светиљке: 17.743 lm
- Снага извора: 126 W

Наведене услове задовољававају светиљке из више различитих линија, разних произвођача, а за потребе илустрације резултата фотометријског прорачуна на огледном примеру, биће дати резултати који се добијају са избором светиљка из линије

„DigiStreet“, производње „Philips“, следеће ознаке: „Philips Lighting BGP762 T25 1xLED200-4S/740 DN10 1xLED200-4S/740“, следећих карактеристика:

- Светлосни флуks извора: 20.000 *lm*
- Светлосни флуks светиљке: 17.743 *lm*
- Коефицијент светлосне корисности: 88,72%
- Снага извора: 126 *W*
- Светлосна ефикасност: 140,8 *lm/W*

Добијени су идентични резултати за оба правца аутопута 1 и 2 (према слици 5.1), при фактору одржавања од 0,85, који задовољавају прописане захтеве, као што је приказано табелом 5.2.

Табела 5.2. Резултати за правац аутопута 1 и 2

Класа М1	Нивои сјајности коловоза у условима сувих и влажних коловозних површина				Вредност релативног пораста прага	Коефицијент окружења
	Суве коловозне површине		Влажне кол. повр.	Суве кол. повр.		
	L_{sr} (<i>min</i>) (<i>cd/m²</i>)	U_o (<i>min</i>)	U_1 (<i>min</i>)	U_{ow}^b (<i>min</i>)	TI (<i>max</i>) %	SR (<i>min</i>)
захтевано	2,00	0,40	0,70	0,15	10	0,35
добитојено	2,20	0,49	0,95	0,15	10	0,75
задовољава	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА	ДА

Пример комплетног фотометријског прорачуна, на дефинисаном делу коловоза у чијим се изабраним тачкама израчунавала сјајност и одређивали сви побројани светлотехнички параметри, за горе наведену светиљку, је дат у прилогу 1 ове студије.

Прорачун је рађен за:

Поље посматрања које је дефинисано као део коловоза дужине 100 *m* који лежи испред посматрача, а почиње на 60 *m* од њега. Ако се узме висина очију посматрача (возача) од 1.5 *m*, он овај део коловоза види под угловима који су између 1.5° и 0.5°;

Тачке вредновања које су у складу са стандардизацијом изабране према критеријуму: „ако је растојање између суседних светиљки $D \leq 50$ *m*, број тачака вредновања у уздужном смеру износи $n_l = 10$ “;

Положај посматрања који је дефинисан као тачка која је у уздужном смеру удаљена 60 *m* од почетка поља вредновања, која је на 1.5 *m* изнад коловоза и која је:

- при рачунању (мерењу) средње сјајности (L_{sr}) или опште равномерности сјајности (U_o) од десне ивице коловоза (гледано у смеру вожње) удаљена за $1/4$ ширине коловоза, а
- при рачунању (мерењу) подужне равномерности сјајности (U_l) постављена у симетралној равни сваке возне траке.

Из ове дефиниције произилази да у случају коловоза за два смера вожње постоје по две вредности L_{sr} и U_o , као и да је број вредности U_l једнак броју трака, тако да имамо три положаја посматрања за сваки правац (у фотомеријском прорачуну у прилогу, дефинисани као „observer 1“, „observer 2“ и „observer 3“).

5.2 Резултати прорачуна димензионисање LED светиљки којима се замењују постојеће светиљке са натријумовим извором светлости високог притиска

На начин како је то описано у претходном поглављу, извршени су прорачуни за више различитих типичних објеката, како би се утврдиле карактеристике и димензије LED светиљки којима се могу заменити постојеће светиљке са натријумовим извором светлости високог притиска.

СВЕТИЉКЕ НАТРИЈУМОВОГ ИЗВОРА СВЕТОСТИ ВИСОКОГ ПРИТИСКА СНАГЕ 400 W

Светиљке са сијалицом натријумовог извора светлости високог притиска од 400 W (углавном типа: Z3, Опух 3, и сл.) се замењују са LED светиљкама следећих карактеристика:

- Светлосни флуks извора: 20.000 *lm*
- Светлосни флуks светиљке: 17.743 *lm*
- Снага извора: 126 W
- Светлосна ефикасност: 140,8 *lm/W*

СВЕТИЉКЕ НАТРИЈУМОВОГ ИЗВОРА СВЕТОСТИ ВИСОКОГ ПРИТИСКА СНАГЕ 250 W

Светиљке са сијалицом натријумовог извора светлости високог притиска од 250 W (углавном типа: Z2, Опух 2, и сл.) се замењују са LED светиљкама следећих карактеристика:

- Светлосни флуks извора: 12.900 *lm*
- Светлосни флуks светиљке: 11.289 *lm*
- Снага извора: 81 W
- Светлосна ефикасност: 139 *lm/W*

СВЕТИЉКЕ НАТРИЈУМОВОГ ИЗВОРА СВЕТОСТИ ВИСОКОГ ПРИТИСКА СНАГЕ 150 W

Светиљке са сијалицом натријумовог извора светлости високог притиска од 150 W (углавном типа: Z1, Опух 1, и сл.) се замењују са LED светиљкама следећих карактеристика:

- Светлосни флуks извора: 7.400 *lm*

- Светлосни флуks светиљке: 6.660 *lm*
- Снага извора: 48 *W*
- Светлосна ефикасност: 139 *lm/W*

На основу претходно наведеног, може се закључити следеће:

Табела 5.3. Табела замена светиљки са NaVP, LED светиљкама, по снази

Р. бр.	Снага NaVP сијалице (W)	Снага NaVP светиљке (W)	Снага LED светиљке којом се мења (W)	Однос P_{LED}/P_{NaVP} (%)	Уштеда у потрошњи електричне енергије (%)
1	150	165	48	29	71
2	250	275	81	29	71
3	400	440	130	29	71

На тржишту се може наћи велики број светиљки, различитих произвођача, које задовољавају горе наведене захтеве. Аутори студије су се одлучили да представе светиљке два водећа светска произвођача који су уједно и најприсутнији на домаћем тржишту, „Minel - Schreder“ и „Philips“, одаберу по једну линију, која представља најбољи однос цене и квалитета и при томе задовољава све захтеве, и да са по три светиљке из сваке од линије наведених произвођача, формира два сценарија за C-BA анализу.

5.3 LED светиљке којима се могу заменити постојеће светиљке са натријумовим извором светлости високог притиска, произвођача „Philips“

У производном програму компаније „Philips“ налази се велики број разних линија светиљки. За потребе осветљења саобраћајница најчешће коришћене су светиљке из линија: „Luma“, „Iridium gen 3“ и „DigiStreet“. Одлике сваке од серија су дате у прилозима студије и то: „Luma“ – прилог 2, „Iridium gen 3“ – прилог 3 и „DigiStreet“ – прилог 4.

Поређењем цена и карактеристика одговарајућих модела из све три линије, за снагу од 126 W (реч је о следећим светиљкама):

1. „Luma“, модел BGP625 LED200-4S/740 PSD DN 10 DGR D9 SRG, цена: 710 €;
2. „DigiStreet“, модел BGP762 LED200/740 I DN 10 CTGO-DGR SR, цена: 585 €, и
3. „Iridium gen 3“, модел BGP383 GRH185-/740 II CO GR CTGO SR, цена: 675 €.

закључује се да најбољи однос цена/квалитет имају светиљке из линије „DigiStreet“, па ће се за први сценарио у C-BA анализи одабрати светиљке из ове линије и то:

1. „DigiStreet“, модел BGP761 LED74-/740 I DM50 DGR 32-48, цена: 492 €, карактеристике модела су дате прилогом 5;

2. „DigiStreet“, модел BGP762 LED129-/740 I DM11 DGR 32-48, цена: 560 €, карактеристике модела су дате прилогом 6;
3. „DigiStreet“, модел BGP762 LED200/740 I DN 10 CTGO-DGR SR, цена: 585 €, карактеристике модела су дате прилогом 7.

Треба напоменути да су изабране светиљке потпуно спремне за даљинско управљање, односно за рад у систему телеменаџмента „CityTouch“, што ће се разматрати у следећем поглављу.

5.4 LED светиљке којима се могу заменити постојеће светиљке са натријумовим извором светлости високог притиска, произвођача „Minel - Schreder“

И у производном програму компаније „Minel - Schreder“ се такође налази велики број разних линија светиљки. За потребе осветљења саобраћајница најчешће коришћене су светиљке из линија: „Voltana“, „Ampera“ и „Тесео“. Одлике сваке од серија су дате у прилозима студије и то: „Voltana“ – прилог 8, „Ampera“ – прилог 9 и „Тесео“ – прилог 10.

Поређењем цена и карактеристика одговарајућих модела из све три линије, за снагу од 126 - 130 W закључено је да најбољи однос цена/квалитет имају светиљке из линије „Тесео“, па ће се за други сценарио у C-BA анализи одабрати светиљке из ове линије и то:

1. „Тесео 1“, модел 48LEDc 7200-53, цена: 400 €, карактеристике модела су дате прилогом 11;
2. „Тесео 2“, модел 80LEDc 12000-86, цена: 450 €, карактеристике модела су дате прилогом 11;
3. „Тесео 2“, модел 120LEDc 18000-132, цена: 560 €, карактеристике модела су дате прилогом 11.

Треба напоменути да су изабране светиљке имају могућност за даљинско управљање, односно за рад у систему телеменаџмента „Owlet“, што ће се разматрати у следећем поглављу.

5.5 Процена трошкова замене и одржавања LED светиљки којима се замењују постојеће светиљке са натријумовим извором светлости високог притиска

У случају оба произвођача, упитом код специјализованих предузећа за одржавање јавног осветљења, као и на основу искуства аутора студије, трошкови замене који обухватају демонтажу светиљке NaVP и монтажу нове LED светиљке су 23 €, у случају групне замене светиљки, тако да ће се наведени износ узети као релевантан за C-BA анализу.

Такође, на основу цене резервног LED модула и драјвера, под претпоставком да ће се код сваке светиљке бар једном у животном веку заменити и модул и драјвер, аутори су проценили да би трошкови одржавања LED светиљки били на нивоу 11 € годишње.

5.6 Улазни подаци везани за LED светиљке који ће се користити у C-BA

На основу анализа у овом поглављу, као параметри од значаја и улазни подаци који ће се користити у финансијско-економском моделу за потребе C-BA анализе, могу се издвојити следећи подаци:

Цене LED светиљки произвођача „Philips“

1. „Philips - DigiStreet“, снаге 48 W, цена:	492 €
2. „Philips - DigiStreet“, снаге 81 W, цена:	560 €
3. „Philips - DigiStreet“, снаге 130 W, цена:	585 €

Цене резервних делова за ове светиљке су:

1. Резервни LED модул са трошковима замене, цена:	140 €
2. Резервни драјвер са трошковима замене, цена:	84 €

Цене LED светиљки произвођача „Minel - Shreder“

1. „Minel - Shreder - Тесео“, снаге 48 W, цена:	400 €
2. „Minel - Shreder - Тесео“, снаге 81 W, цена:	450 €
3. „Minel - Shreder - Тесео“, снаге 130 W, цена:	560 €

Цене резервних делова за ове светиљке су:

1. Резервни LED модул са трошковима замене, цена:	140 €
2. Резервни драјвер са трошковима замене, цена:	84 €

Цена демонтаже постојеће и монтаже нове светиљке је: 23 €

Процена трошкова одржавања појединачне LED светиљке је:

• у периоду од монтаже до 5 године (гарантном периоду)	0 €
• у периоду од 5 године до краја животног века (25 година)	11 €

6. Избор система телеменаџмента

Следећи важан елемент је избор одговарајућег телеменаџмент система који ће бити примењен. И на овом пољу постоји читав низ решења, па ће се стога у оквиру овог поглавља укратко презентовати водећа решења у овој области која су специјализована за област осветљења. За последња три решења, биће дат детаљнији приказ, која по мишљењу аутора студије, уједно представљају и могућа решења за ЈП „Путеви Србије“. На крају за потребе С-ВА анализе, извршиће се избор два референтна телеменаџмент система, и према сваком ће се у поглављу где ће бити извршена С-ВА анализа, поставити по један сценарио.

6.1 Циљеви и захтеви које треба да испуни систем телеменаџмента осветљењем

Основни циљеви које систем телеменаџмента осветљењем треба да испуни су:

1. Повећање енергетске ефикасности и остваривање што већих уштеда у електричној енергији;
2. Унапређење оперативног управљања осветљењем, кроз смањење оперативних трошкова, у првом реду трошкова одржавања и повећање ефикасности одржавања;
3. Бољи квалитет светла и већи комфор за све кориснике, чиме ће се повећати и степен задовољства код корисника;
4. Повећање безбедности учесника у саобраћају и повећање поузданости система осветљења, кроз брже и правовремено реаговање на кварове осветљења, и
5. Смањење утицаја на животну средину кроз смањење емисије CO₂, смањење светлосног загађења.

Уштеда енергије

Ефикасност оперативног управљања

Већи квалитет светла и већи комфор за кориснике

Повећање безбедности

Утицај на животну средину

Слика 6.1. Основни циљеви увођења система телеменаџмента

Да би се наведени циљеви испунили, систем телеменаџмента мора да испуњава следеће захтеве:

1. Могућност читавања свих електричних параметара и других параметара везаних за рад светиљке, као што су: напон, струја, фактор снаге, снага појединачне светиљке, стање укључености светиљке, сигнал детекције квара појединачне светиљке;
2. Једноставна геолокација сваке светиљке;
3. Флексибилна структура система за телеменаџмент, могућност лаког проширења система;
4. Што једноставнија и јефтинија комуникација између компоненти система;
5. Интероперабилност са компонентама других произвођача;
6. Могућност интеграције са другим информационим системима;
7. Поседовање могућности подешавања интезитета осветљења појединачних светиљки, кроз командовање нивоом интезитета (тзв. „димовањем“ осветљења);
8. Могућност аутономног рада у ситуацијама када систем телеменаџмента није оперативан (самостално укључење у складу са календаром укључења), или када је потребно командовање светлом само једне светиљке (нпр. „светло на захтев“ командовано сензором покрета);
9. Могућност складиштења и архивирања података значајних за рад система, и
10. Могућност припремања извештаја о догађајима у систему.

У складу са наведеним, аутори студије су извршили анализу неколико водећих система телеменаџмента, који ће бити представљени у наредном тексту. Главне разлике између појединих система су у приступу и начину комуникације између појединачних светиљки, па ће се то посебно нагласити, приликом описа сваког од решења.

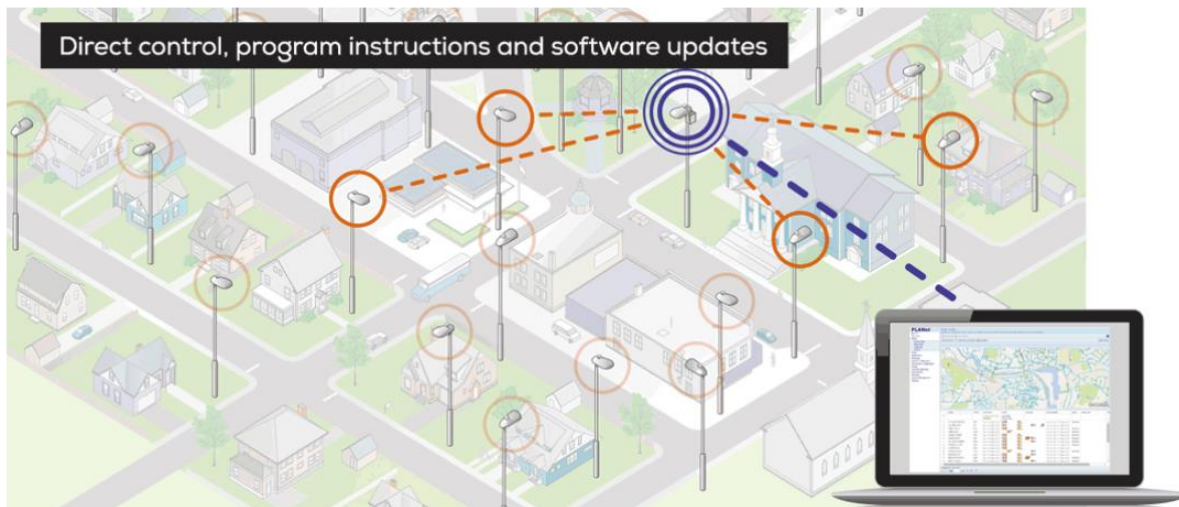
6.2 Преглед водећих решења у области телеменаџмента осветљењем

Системи за телеменаџмент који ће бити представљени у овом поглављу, функционално испуњавају скоро све захтеве, који су наведени у претходном поглављу. Главне разлике између појединих система, па самим тим и кључно питање, су у приступу и начину комуникације између појединачних светиљки. Имајући то у виду, начин комуникације ће посебно бити наглашен, приликом описа сваког од решења.

TELENSA – PLANET

Ово решење фирме „Telensa“ из Велике Британије, се убраја у једно од најчешћих решења за телеменаџмент осветљењем, и може се наћи у примени у око 50 градова. Елементи система за телеменаџмент су посебни модул – „Telecell“ који се уграђује на сваку светиљку понаособ, и преко кога се комуницира са концентратором – „Base Station“, путем радио-везе. Концентратор има могућност комуникације са до 5.000 модула, у радијусу од 9,5 km. Концентратор са сервером који је смештен у „cloud“-у, комуницира путем интернет конекције преко GSM/GPRS/E/3G/H+/4G/4GLTE мобилне

мреже. Комуникација модула „Telecell“ са концентратором – „Base Station“, је као што је речено, путем радио-везе типа „UNB low power wireless“.



Слика 6.1. Принципијелна шема „PLANet“ система телеменаџмента осветљењем



Telecell

- Discreet – looks like a regular photocell
- Flexible – all variants fixture independent
- Accurate – utility-grade metering and GPS
- Resilient – works normally without network



Base station

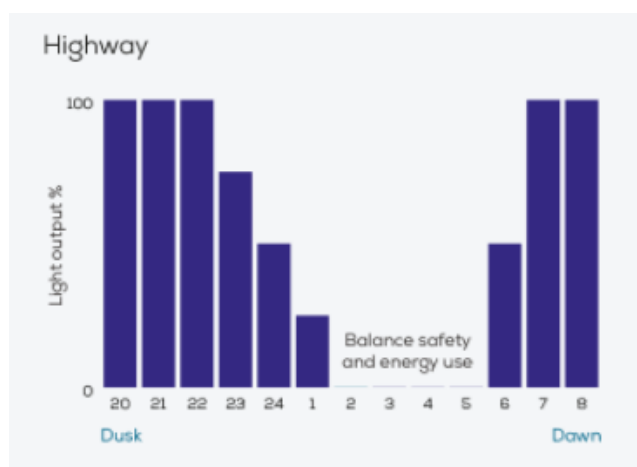
- Long range radio – up to 6 miles from light pole
- Compact – laptop-sized case
- Fast and easy deployment
- Capacity 5,000 telecells
- Low-cost internet connection



Central system

- Cloud-hosted secure system
- Complete control & map view
- Scales to city, region or utility lighting populations
- Integrates to other systems

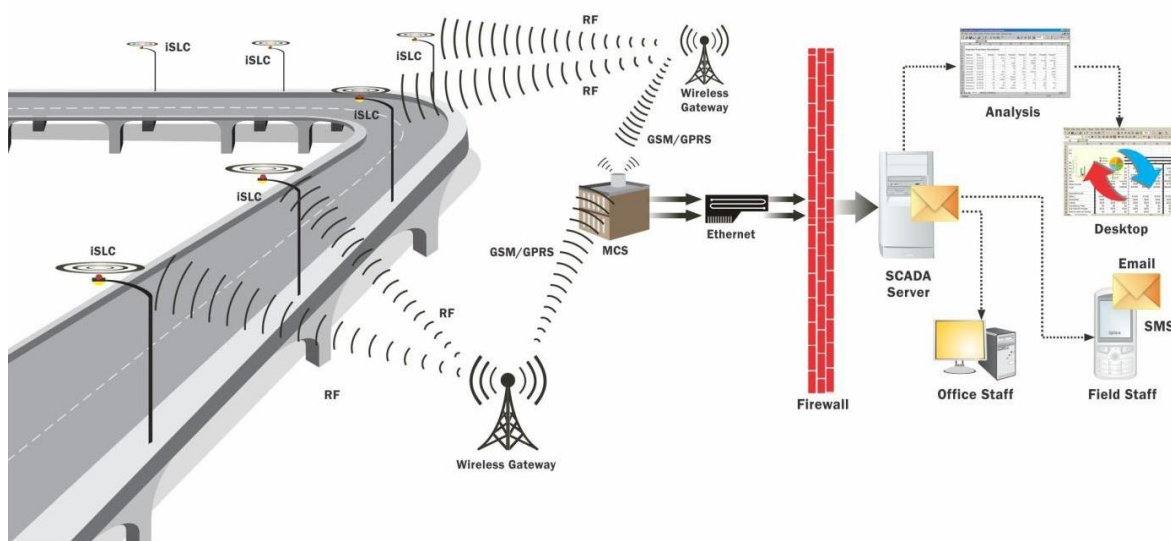
Слика 6.2. Основни елементи „PLANet“ система телеменаџмента осветљењем



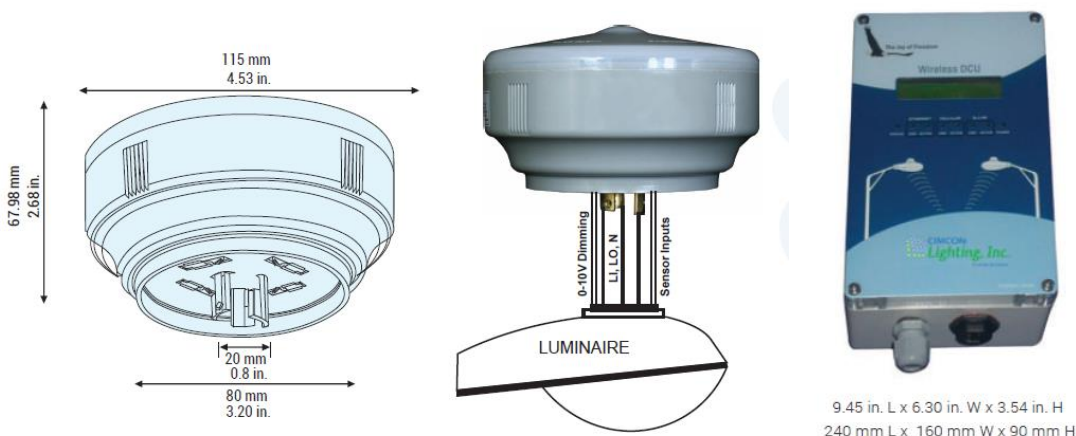
Слика 6.3. Илустрација управљања нивоом осветљења ауто-пута путем „PLANet“ система телеменаџмента осветљењем

CIMCON LIGHTING – LIGHTINGGALE

Ово решење фирме „Cimcon Lighting“ из САД, се може наћи у примени у великом броју градова у САД. Елементи система за телеменаџмент су посебни модул – „iSLC“ који се уграђује на сваку светиљку понаособ, и преко кога се комуницира са концентратором – „Wireless Gateway“, путем радио-везе. Концентратор има могућност комуникације са модулима, у радијусу од 1,5 km. Концентратор са SCADA сервером, који је смештен код корисника, комуницира путем интернет конекције преко GSM/GPRS/E/3G/H+/4G/4GLTE мобилне мреже. Комуникација модула „iSLC“ са концентратором – „Wireless Gateway“, је као што је речено, путем радио-везе типа „ZigBee“. Модули имају могућност комуникације са евентуално постављеним сензорима, преко „Bluetooth“ бежичне везе, а ово решење карактерише и 128-bit/256-bit AES енкрипција података.



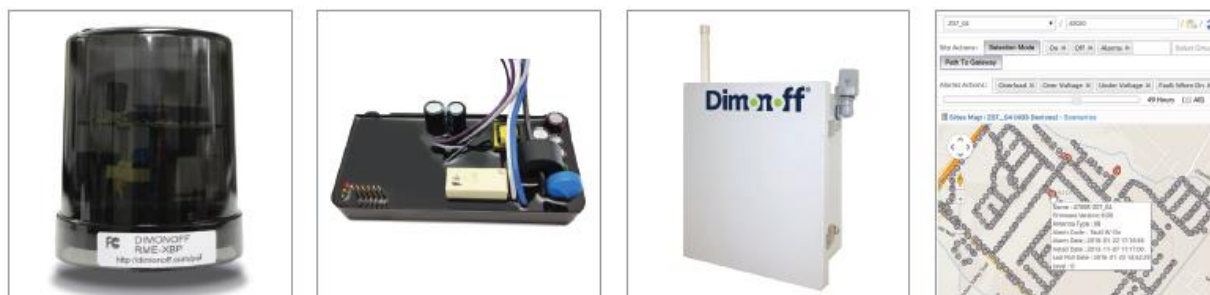
Слика 6.4. Принципијелна шема „LightingGale“ система телеменаџмента осветљењем



Слика 6.5. Основни елементи „LightingGale“ система телеменаџмента осветљењем

DIMONOFF – SMCS

Фирма „DimOnOff“ из Канаде, нуди решење под именом „SCMS“. Као и код претходно описаних система, елементи система за телеменаџмент су посебни модул – „SmartModule“ који се уграђује на сваку светиљку понаособ, и преко кога се комуницира са концентратором – „Gateway“, путем радио-везе. Концентратор има могућност комуникације са највише 500 модула, у радијусу од 10 km. Концентратор са SCADA сервером, који може бити смештен у „cloud“-у или код корисника, комуницира путем интернет конекције преко GSM/GPRS/E/3G/H+/4G/4GLTE мобилне мреже. Комуникација модула „SmartModule“ са концентратором – „Gateway“, је као што је речено, путем радио-везе типа „Star“ или „Mesh“. Ово решење карактерише 128-bit/256-bit AES енкрипција података.



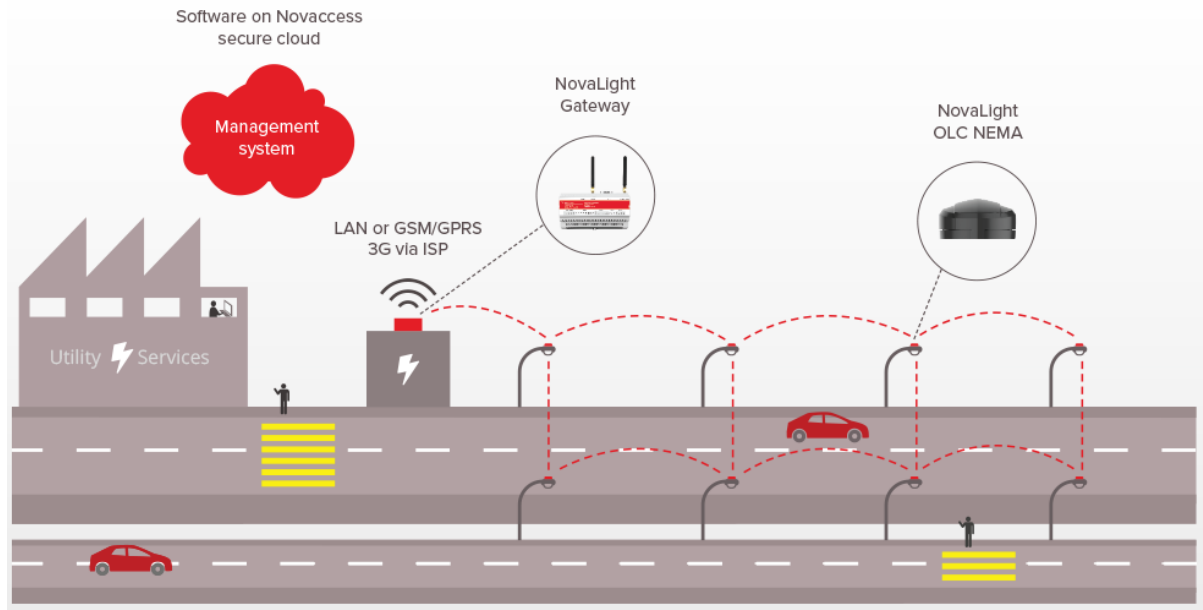
Слика 6.6. Основни елементи „SMCS“ система телеменаџмента осветљењем

NOVACCESS – NOVALIGHT

Фирма „Novaccess“ из Швајцарске, нуди решење под именом „NovaLight“. Као и код претходно описаних система, елементи система за телеменаџмент су посебни модул – „OLC Nema“ који се уграђује на сваку светиљку понаособ, и преко кога се комуницира са концентратором – „Gateway“, путем радио-везе и „point to point“ између сваког модула. Концентратор са SCADA сервером, који може бити смештен у „cloud“-у или код корисника, комуницира путем интернет конекције преко GSM/GPRS/E/3G/H+/4G/4GLTE мобилне мреже. Комуникација модула „SmartModule“ са концентратором – „Gateway“, је као што је речено, путем радио-везе типа „smart wireless mesh network“. Ово решење карактерише 128-bit/256-bit AES енкрипција података.



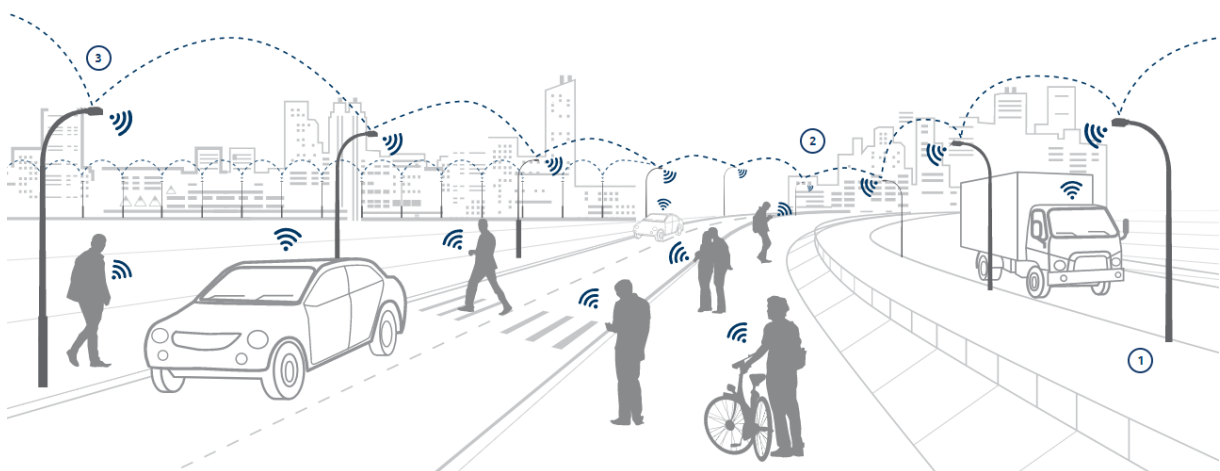
Слика 6.7. Основни елементи „NovaLight“ система телеменаџмента осветљењем



Слика 6.8. Принципијелна шема „NovaLight“ система телеменаџмента осветљењем

PETRASYSTEMS – INTELLIGENT STREETLIGHT

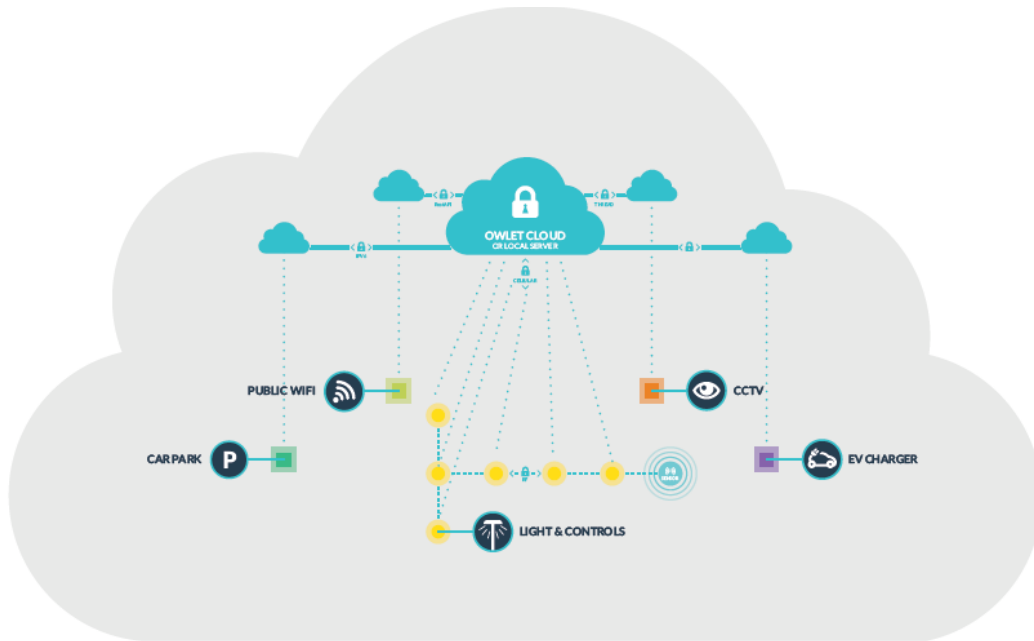
Фирма „Petrasystems“ из САД, нуди решење под именом „Intelligent Streetlight“. Као и код претходно описаних система, елементи система за телеменаџмент су посебни модул који се уграђује на сваку светиљку понаособ, и преко кога се комуницира са концентратором, путем Wi-Fi и „point to point“ између сваког модула. Концентратор са SCADA сервером, који може бити смештен у „cloud“-у или код корисника, комуницира путем интернет конекције преко GSM/GPRS/E/3G/H+/4G/4GLTE мобилне мреже. Ово решење се разликује од других решења јер се инкорпорира у постојећу мобилну мрежу, тако да модули представљају истовремено и приступне тачке за друге уређаје, чиме се постиже бенефит и за провајдере интернета.



Слика 6.9. Принципијелна шема „Intelligent Streetlight“ система телеменаџмента осветљењем

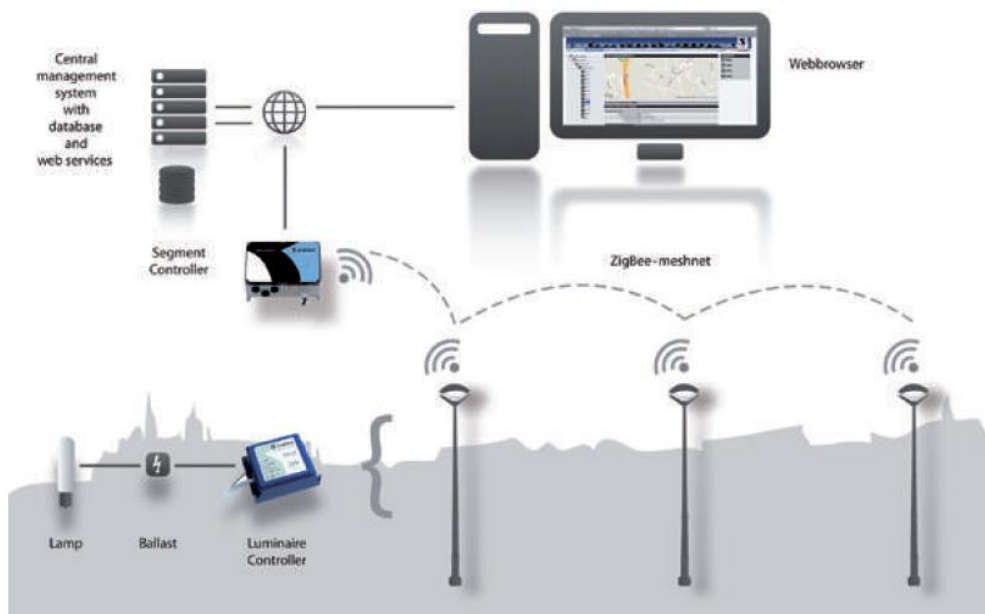
SCHRÉDER GROUP – OWLET

Ово решење фирме „Schröder“ која је заступљена и у Србији преко привредног друштва „Minel Schreder“ из Београда, представља једно целовито решење у управљању различитим елементима „SmartCity“ решења, где је телеменаџмент осветљења само једна од компоненти система.






Слика 6.10. Архитектура „Owlet“ система телеменаџмента

Елементи система за телеменаџмент су посебни модул – „Luso P7CM“ који се уграђује на сваку светиљку понаособ, и преко кога се комуницира са концентратором – „Segment Controller“, путем радио-везе типа „ZigBee meshnet“. Светиљке комуницирају и „point to point“ између сваког модула.



Слика 6.11. Принципијелна шема „Owlet“ система телеменаџмента осветљењем

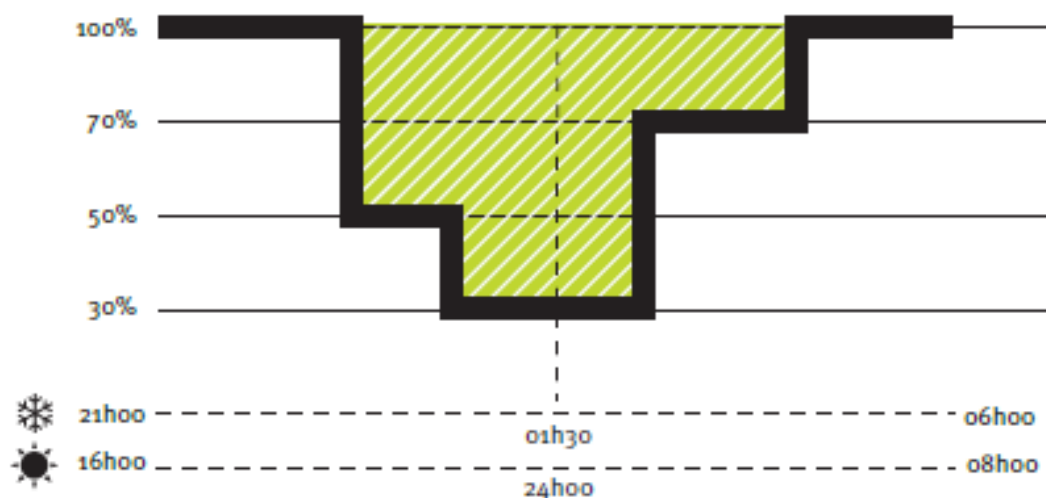
Концентратор са сервером који је смештен у „cloud“-у, комуницира путем интернет конекције преко GSM/GPRS/E/3G/H+/4G/4GLTE мобилне мреже. У зависности од величине пакета, тј. броја контролисаних светиљки, карактеристике система се могу сумирати на начин како је то приказано сликом 6.12.

OWLET RANGE / FEATURES		Features																	
		Installation size	Communication between devices	Installation extension	Third party integration	Connectivity to Smart City Interfaces	Astroclock	Constant Light Output (CLO)	Light-on-demand (motion sensor)	Daylight sensor	Fixed dimming	Dynamic dimming	Adaptation of dimming	Live management	Consumption metering	Asset Management	Alarm management (geolocalisation)	Data storage / event history	Reporting
		NETWORK	INTERACTIVITY				DIMMING				MONITORING				DATA				
STAND-ALONE › Best for basic smart lighting 	1 light point	-	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-
AUTONOMOUS NETWORK › Best for non-linear activity areas 	2 to 1,000 light points	Wireless	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Remote (on-site)	-	-	✓	-	-	-
INTEROPERABLE NETWORK › Best for entire lighting installation (roads, streets, tunnels...) 	2 to 100,000 light points	Wireless (wired in tunnels)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Remote	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Слика 6.12. Карактеристике „Owlet“ система у зависности од броја контролисаних тачака

У систему се издвајају и опције астрономског часовника, и различитих врста управљањем интезитета осветљења, кроз различите програме димовања: фиксно,

динамичко и адаптивбилно. Сваки контролер светиљке поседује могућност задавања 5 различитих програма димовања осветљења, као што је то приказано сликом 6.13.



Слика 6.13. Изглед типичног дијаграма димовања у „Owlet“ систему, при чему се програм извршава аутономно, у овину модула

Систему се приступа преко „cloud“-а, тако да се у погледу решења коришћења система, не разликује од већине приказаних решења.

CIRCUTOR – CIRLAMP

Ово решење фирме „Circutor“ која је заступљена и у Србији преко привредног друштва „Avalon Partners - Circutor“ из Београда, је по топологији веома слично претходно представљеним системима, уз једну разлику; „CirLamp“ систем се базира на PLC¹⁹ комуникацији која је веома поуздана и свакако поузданија од било које Wi-Fi везе. У сваки стуб се на енергетском доводу уграђује модул „CirLamp Node DN“ који осим комуникације има функцију детекције и предикције квара светиљке, управљања нивоом осветљења (континуално 1-10 V за LED светиљке, степенасто за друге врсте светиљки) као и геолокацију светиљке. „CirLamp Node“ модули комуницирају са концентратором „CirLamp Manager“ који је смештен у мерно-разводном орману осветљења (дакле на почетку напојног кабла). Концентратор даље, са централним сервером, који је смештен у „cloud“-у, комуницира путем интернет конекције преко GSM/GPRS/E/3G/H+/4G/4GLTE мобилне мреже. Комуникација са централним сервером остварује се по потреби или периодично јер концентратор има сву логику потребну за независно вођење светиљки. То значи да и да је количина података која иде преко модема мања. Такође, уколико мобилна веза не ради, осветљење ће функционисати уобичајено, јер је логика локална, а сервер се користи за надзор система, извештавање о кваровима, потрошњи, геолоцирање и даљинско укључење/искључење по потреби.

¹⁹ Power Line Communication – комуникација путем електроенергетске мреже



Слика 6.14. Принципијелна шема „CirLamp“ система телеменаџмента осветљењем



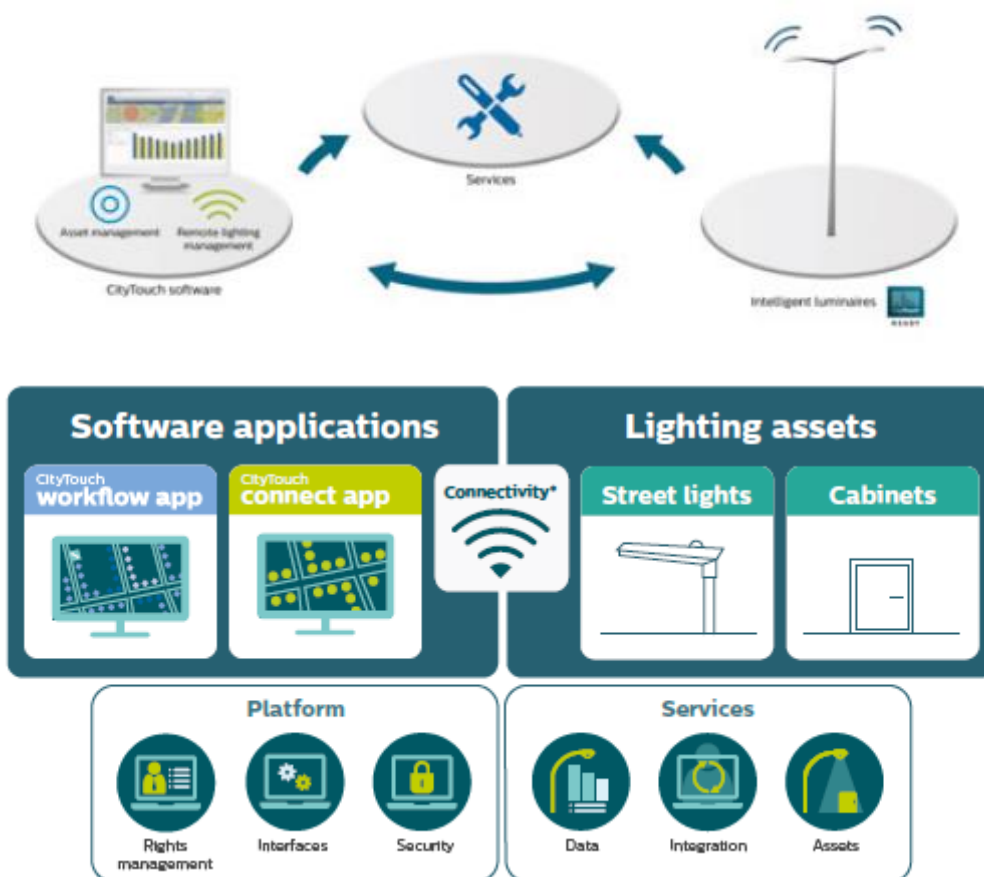
Слика 6.15. Основни елементи „CirLamp“ система телеменаџмента осветљењем

Управљање нивоом осветљења је интересантно са становишта уштеда, јер дозвољава да се у прелазним периодима, сумрак (свитање) и облачно време, осветљава са нижом снагом, што у пракси води смањењу потрошње од додатних 20-30% у односу на систем без ове регулације. Услов за управљање нивоом осветљења је да LED светиљка, тј. њен драјвер дозвољава димовање.

„CirLamp“ може да функционише са било којим светиљкама тако да систем може одмах да се имплементира на постојеће стање, а затим како се мењају светиљке додају се само „CirLamp Node“ модули. Светиљке које се уграђују могу бити било ког произвођача што је повољно за крајњег корисника.

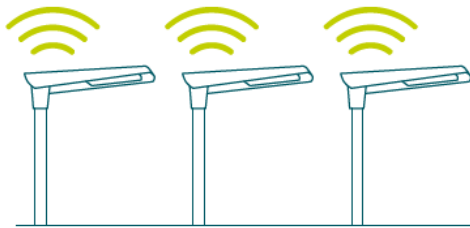
PHILIPS – CITYTOUCH

Предност „CityTouch“ решења фирме „Philips“ се огледа у смањеном броју компоненти система. За разлику од свих претходних решења, које се састоје из модула за светиљку, концентратора и централног сервера, код „CityTouch“ решења избачена је потреба за концентратором, већ сваки појединачни модул директно комуницира са централним сервером путем GSM/GPRS/E/3G/H+/4G/4GLTE мобилне мреже. Овај систем, као и сви претходни, може радити са свим врстама светиљки, уз уградњу модула, а још једна предност овог система је што су светиљке из неких производних линија „Philips“ LED светиљки већ у самом старту, фабрички опремљене са модулом, у који је фабрички уграђена и SIM картица мобилне телефоније. У том случају, систем је „Plug and play“, односно чим се угради светиљка, без икаквог подешавања се иста најављује, геолоцира путем уграђеног GPS пријемника у самој светиљци и идентификује у систему „CityTouch“.



Слика 6.16. Архитектура „CityTouch“ система телеменаџмента

При уградњи система може се користити као код других система и радио, Wi-Fi и PLC комуникација, уколико на локацији не постоји сигнал мобилне телефоније, и у том случају се користи концентратор као елемент, што је приказано сликом 6.17.



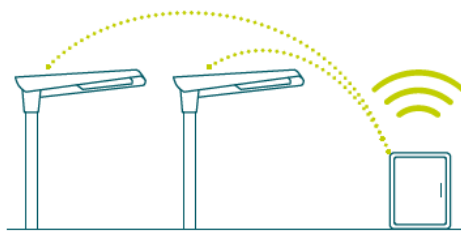
CityTouch Ready luminaires

This is the simplest option. Just install CityTouch Ready luminaires and the luminaire will connect to the Internet and start sending data.



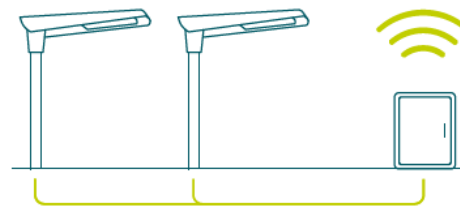
CityTouch connector kit

Existing luminaires can be easily connected to the CityTouch system via the connector kit, a compact unit which is mounted to the luminaire pole. It works with most luminaires, independent of vendor or luminaire type.



Local network connectivity

Your installed street lights connect via wireless radio frequency to a segment controller, which connects to the CityTouch software via the Internet.



Cabinet-based group connectivity

A group of your installed street lights connect via power line to a segment controller, which connects to the CityTouch software via the Internet.

Слика 6.17. Могући начини комуникације „CityTouch“ система телеменаџмента

Key advantages:

Automatic commissioning
Luminaires automatically connect to CityTouch system once installed

Automatic location
Luminaires are auto-located on the map with all asset data in place

Automatic data upload
All luminaire data automatically updates to your system

Examples of CityTouch Ready luminaires*



Слика 6.18. Предности „CityTouch“ система и светиљке са уграђеним модулом

Као главне предности „Philips“ „CityTouch“ система истичу се управо аутоматска локација светиљке одмах по уградњи, аутоматско пријављивање (*Automatic commissioning*) на „CityTouch“ систем одмах по инсталацији и аутоматски „update“ свих светиљки.

У систему се издвајају и опције астрономског часовника, и различитих врста управљањем интензитета осветљења, кроз различите програме димовања.

Систему се приступа преко „cloud“-а, тако да се у погледу решења коришћења система, не разликује од већине приказаних решења.

6.3 Избор решења у области телеменаџмента осветљењем који одговара потребама ЈП „Путеви Србије“

Сви представљени системи за телеменаџмент у претходном поглављу функционално испуњавају све захтеве, који се намећу за један модеран систем телеменаџмента и осветљењу, а то су:

1. Могућност читавања свих електричних параметара светиљке и то: напона, струје, активне и реактивне снаге и фактора снаге ($\cos \varphi$);
2. Могућност надзора и дијагностике карактеристичних параметара светиљке: стање укључености светиљке, сигнал детекције квара појединачне светиљке и даљинско укључење/искључење по потреби;
3. Геолокација сваке светиљке преко уграђеног *GPS* система;
4. Поседовање интерног астрономског часовника;
5. Поседовање могућности подешавања интензитета осветљења појединачних светиљки, кроз командовање нивоом интензитета (тзв. „димовањем“ осветљења);
6. Могућност аутономног рада у ситуацијама када систем телеменаџмента није оперативан (самостално укључење у складу са календаром укључења), или када је потребно командовање светлом само једне светиљке (нпр. „светло на захтев“ командовано сензором покрета);
7. Интероперабилност система са компонентама других произвођача;
8. Могућност интеграције са другим информационалним системима;
9. Могућност складиштења и архивирања података значајних за рад система, и
10. Могућност припремања извештаја о догађајима у систему.

Стога су се, при избору решења, аутори студије водили следећим параметрима:

- специфичност потреба ЈП „Путеви Србије“;
- начина комуникације у погледу потребне инфраструктуре (мора да се гради или се користи постојећа);
- брзина и лакоћа примене решења у смислу потребног времена за уградњу, потребног времена за подешавање система при уградњи и потребних предрадњи ради проширења система, и
- постојање локалног (српског) представништва, обезбеђене подршке и сервиса.

Имајући у виду да сва решења у неком сегменту користе мрежу мобилне телефоније, аутори студије су проверили могућности коришћења мобилне телефоније сва три присутна провајдера у Србији, са становишта геолокације свих разматраних објеката. Такође, проверени су и њихови услови у погледу цена, што ће бити приказано детаљно у наредном поглављу.

Како сва три провајдера обезбеђују добар сигнал на свим локацијама разматраних објеката, комуникација путем GSM/GPRS/E/3G/H+/4G/4GLTE мобилне мреже као и комуникација путем постојеће електроенергетске мреже – PLC комуникација су одабране као средство комуникације. Ово првенствено из разлога што у оба случаја није потребно инвестирати и улагати додатна средства у изградњу комуникационе инфраструктуре, а наведени начини комуникације представљају довољно поуздан систем комуникације, имајући у виду да управљање осветљењем по својој природи не представља управљање критичним процесима, где је потребна редуванса у погледу комуникационог пута.

Такође, узевши у обзир постојање локалног (српског) представништва неке од поменутих фирми, обезбеђеност подршке и сервиса за компоненте система телеменаџмента, као и имајући претходно разматрање у виду, намећу се три решења:

1. Philips „CityTouch“;
2. Minel – Schreder „Owlet“, и
3. Circutor „CirLamp“.

Главна додатна предност првог решења, Philips „CityTouch“ је што изабране светиљке из производне линије „DigiStreet“ фабрички у себи имају уграђен модул за комуникацију путем мобилне мреже. То значи да нема посебне куповине модула за светиљку, а такође значи и да је светиљка „Plug and play“, односно да се самим постављањем и прикључењем на електричну мрежу, светиљка сама повезује са централним сервером, шаље своју локацију и протоколише се у базу података. У овом погледу, по брзини и лакоћи примене решења у смислу потребног времена за уградњу, потребног времена за подешавање система при уградњи и потребних предрадњи ради проширења система, Philips „CityTouch“ решење је испред свих других решења. Приступ и коришћење Philips „CityTouch“ софтвера, трошкови комуникације сваке светиљке понаособ са мобилном мрежом се плаћа преко јединствене годишње накнаде по броју светиљки у систему телеменаџмента, која износи 11 €. Ради илустрације, годишња накнада за коришћење Philips „CityTouch“ платформе на конкретном случају ЈП „Путева Србије“, под претпоставком да је систем комплетно управљив, односно да су све светиљке замењене, би износила око 135.000 €. У ову цену су урачунати сви трошкови коришћења софтвера, сервера на „cloud“-у и што је нарочито важно и трошкови комуникације сваке светиљке са серверима путем мобилне мреже, дакле накнаду за коришћење мобилне мреже према мобилном оператеру плаћа компанија Philips, а корисник система плаћа само накнаду Philips-у.

Друго решење „Owlet“ компаније „Minel – Schreder“, за разлику од претходног подразумева уградњу „Lusco“ модула, који се једноставно путем за то припремљеног

интерфејса, 7-пинске „NEMA“ утичнице, прикључује на LED светиљку. Такође, по сваком појединачном објекту, потребно је инсталирати и један концентратор - „Segment Controller“, који путем RF везе типа „ZigBee meshnet“, комуницира са светиљкама. На месту инсталације концентратора потребно је инсталирати и модем за комуникацију са мобилном мрежом, како би се успоставила веза ка „Owlet“ серверу, који се налази у „cloud“-у или на локалној адреси.

У овом случају трошкови увођења телеменаџмент система су приказани табелом 6.1.

Табела 6.1. Трошкови увођења „Owlet“ система телеменаџмента

Р.бр.	Назив	учестаност плаћања и место инсталације	Износ са радовима на уградњи
1.	„Lusco“ модул	једнократно по светиљци	115 €
2.	„Segment Controller“ концентратор	једнократно по мерном месту	2.000 €
		израчунато једнократно по светиљци	24 €
3.	„Owlet“ Software на „cloud“-у	једнократно по једном систему	90.000 €
4.	Трошкови годишње лиценце	једном годишње по систему	45.000 €

Треће решење „CirLamp“ компаније „Circutor“, је скоро идентично претходном решењу. Потребно је у стубу сваке светиљке уградити „CirLamp Node“ модул, који се повезује на доводни енергетски кабл стуба јавног осветљења. Такође, модул се, ради командовања, сигналним каблом (1-10 V) прикључује на LED светиљку. Даље, по сваком појединачном објекту, у разводном орману јавног осветљења, потребно је инсталирати и један концентратор - „CirLamp Manager“, који путем PLC комуникације и енергетских каблова комуницира са светиљкама. На месту инсталације концентратора потребно је инсталирати и модем за комуникацију са мобилном мрежом, како би се успоставила веза ка „CirLamp“ серверу, који се налази у „cloud“-у или на локалној адреси.

У овом случају трошкови увођења телеменаџмент система су приказани табелом 6.2. Разматрањем табеле 6.1. и 6.2. видимо да су трошкови у погледу ова два решења јако слични, па ћемо за сценарије на којима ћемо вршити C-BA анализу изабрати:

1. Сценарио број 1 – са уградњом „Philips“ „DigiStreet“ LED светиљки и „CityTouch“ система за телеменаџмент расветом;
2. Сценарио број 2 – са уградњом „Minel Schreder“ „Teseo“ LED светиљки и „Circutor“ „CirLamp“ система за телеменаџмент расветом.

Табела 6.2. Трошкови увођења „CirLamp“ система телеменаџмента

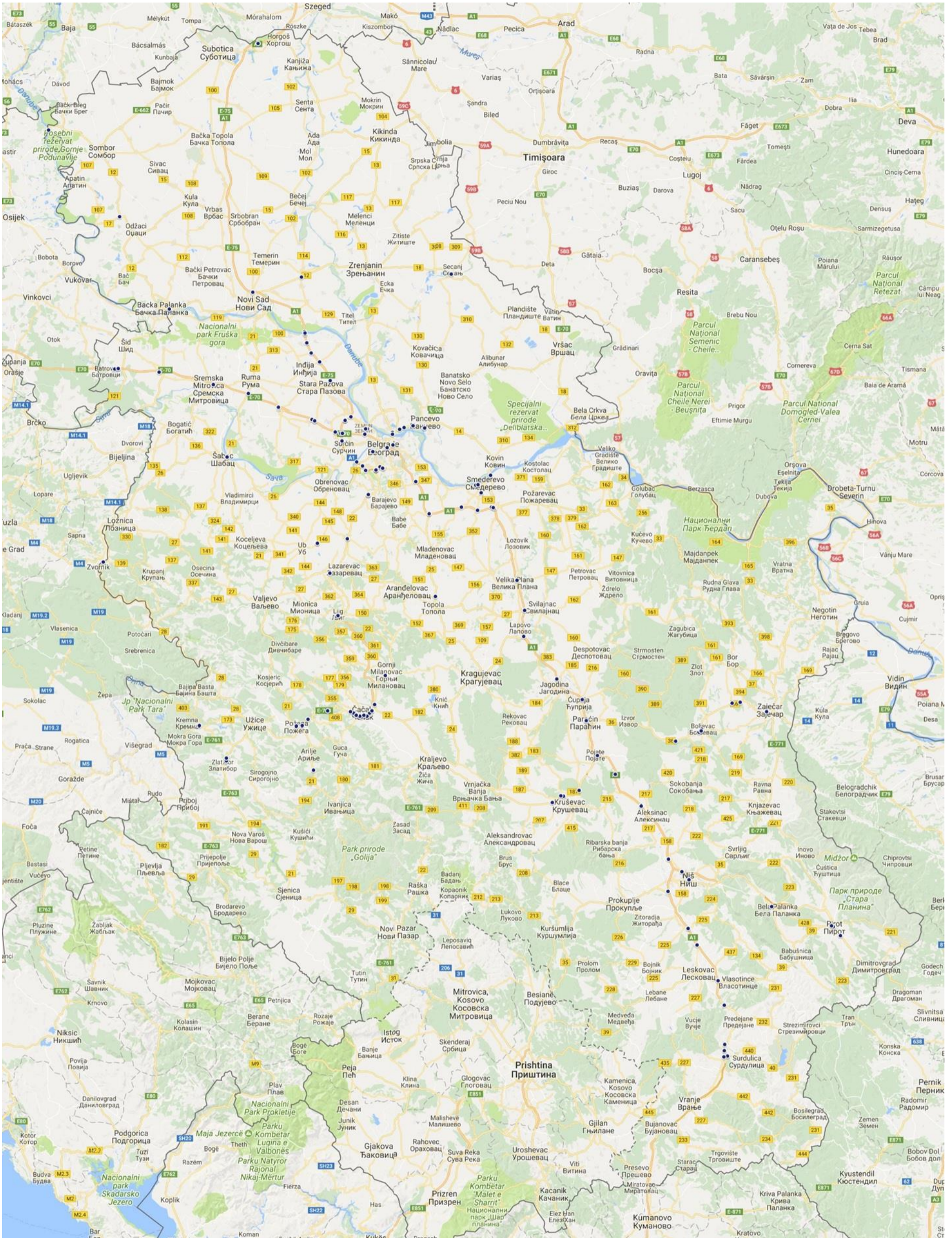
Р.бр.	Назив	учестаност плаћања и место инсталације	Износ са радовима на уградњи
1.	„CirLamp node“ модул	једнократно по светиљци	120 €
2.	„CirLamp Manager“ концентратор	једнократно по мерном месту	1.800 €
		израчунато једнократно по светиљци	22 €
3.	„CirLamp“ Software на „cloud“-у	једнократно по једном систему	86.000 €
4.	Трошкови годишње лиценце	једном годишње по систему	40.000 €

6.4 Провера могућности и услови коришћења мреже мобилне телефоније провајдера „МТС“, „VIP“ и „Telenor“

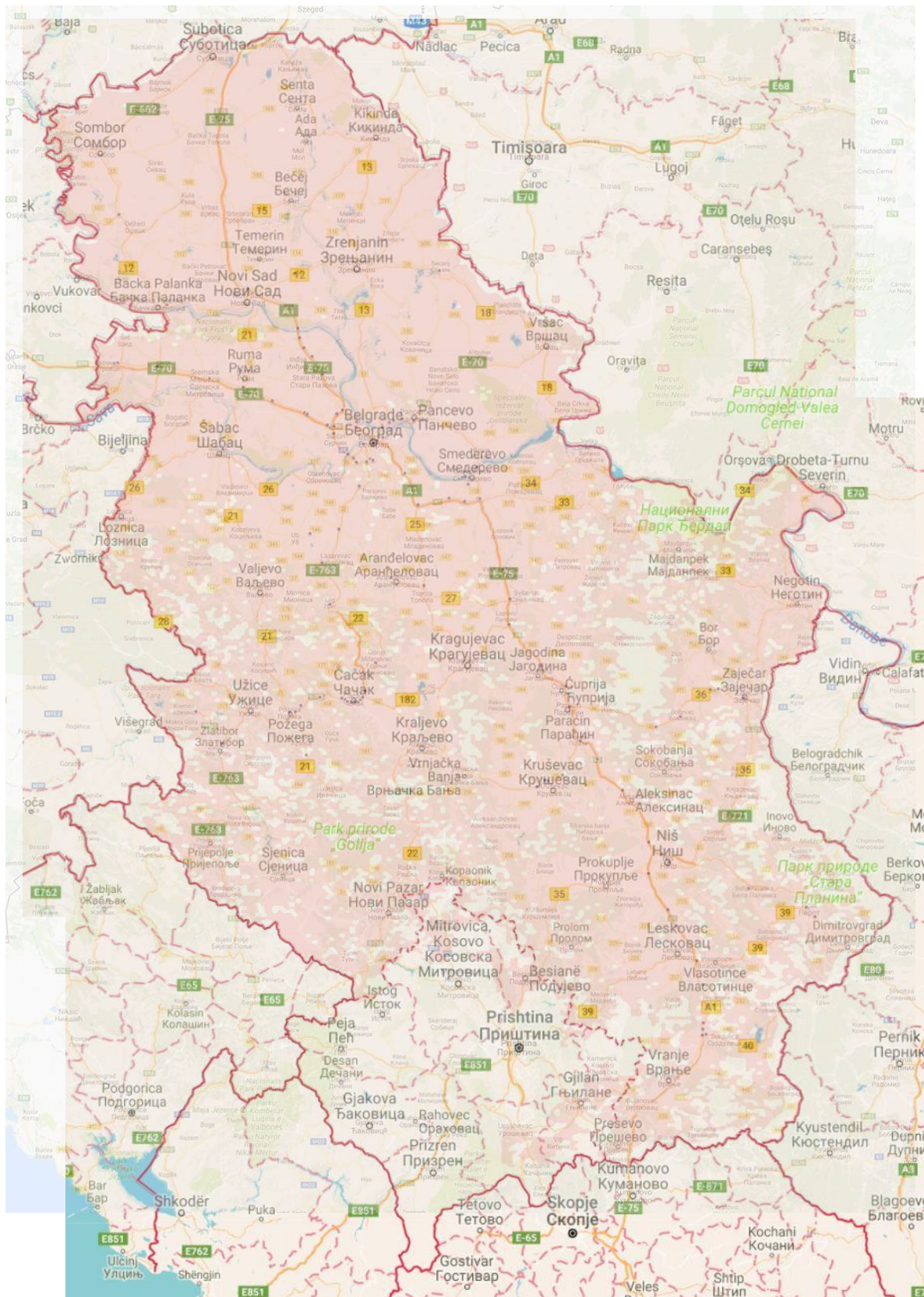
Као што је већ речено, сва решења у неком сегменту користе мрежу мобилне телефоније. Стога је за потребе студије било неопходно утврдити и проверити могућности коришћења мобилне телефоније сва три присутна провајдера у Србији, са становишта геолокације свих разматраних објеката. Осим тога, а за потребе С-ВА анализе проверене су и њихови услови у погледу цена. Такође, у оквиру овог дела, наведени су резултати задњег „benchmarking“-а сва три провајдера из октобра 2017. године, које је спровела Регулаторна агенција за електронске комуникације и поштанске услуге „РАТЕЛ“.

Приступ провери могућности коришћења мобилне телефоније сва три провајдера у Србији, са становишта геолокације свих разматраних објеката је био следећи; на основу адреса објеката који се разматрају, формирана је карта геолокација свих разматраних објеката у дигиталном облику (слика 6.19.), а потом је та карта „суперпонирана“ односно преклопљена са дигиталним картама покривености сигналом мобилне телефоније сва три разматрана провајдера мобилне телефоније: МТС (слика 6.20.), Telenor (слика 6.21.) и VIP (слика 6.22.)

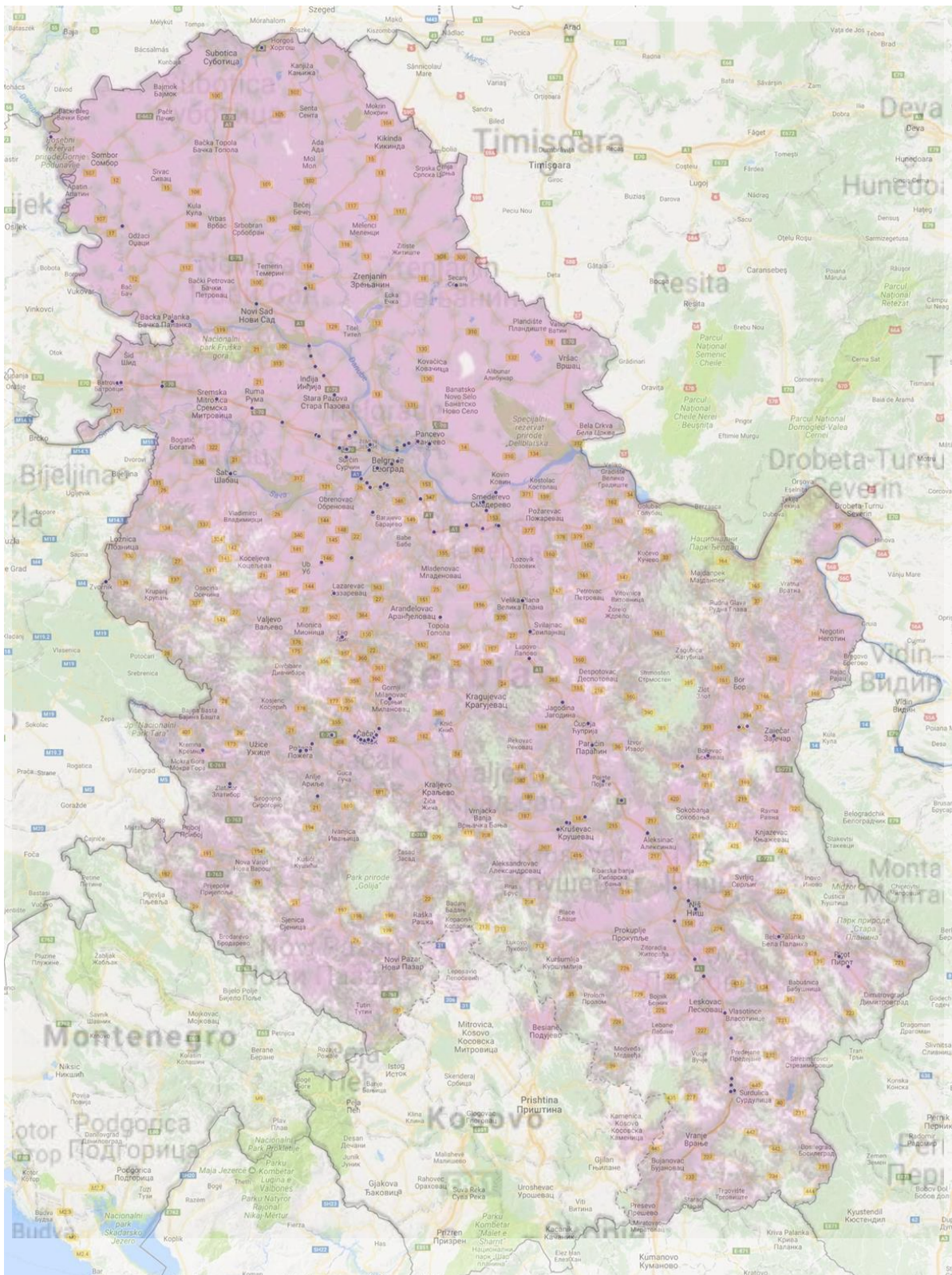
Разматрањем датих карата, као и проверама свих микролокација, утврђено је да су све локације које су разматране овом студијом добро покривене сигналом сва три провајдера мобилне телефоније, па се може закључити да у погледу коришћења мреже мобилне телефоније, сва три провајдера задовољавају захтеве који се тичу квалитета мреже и преноса података.



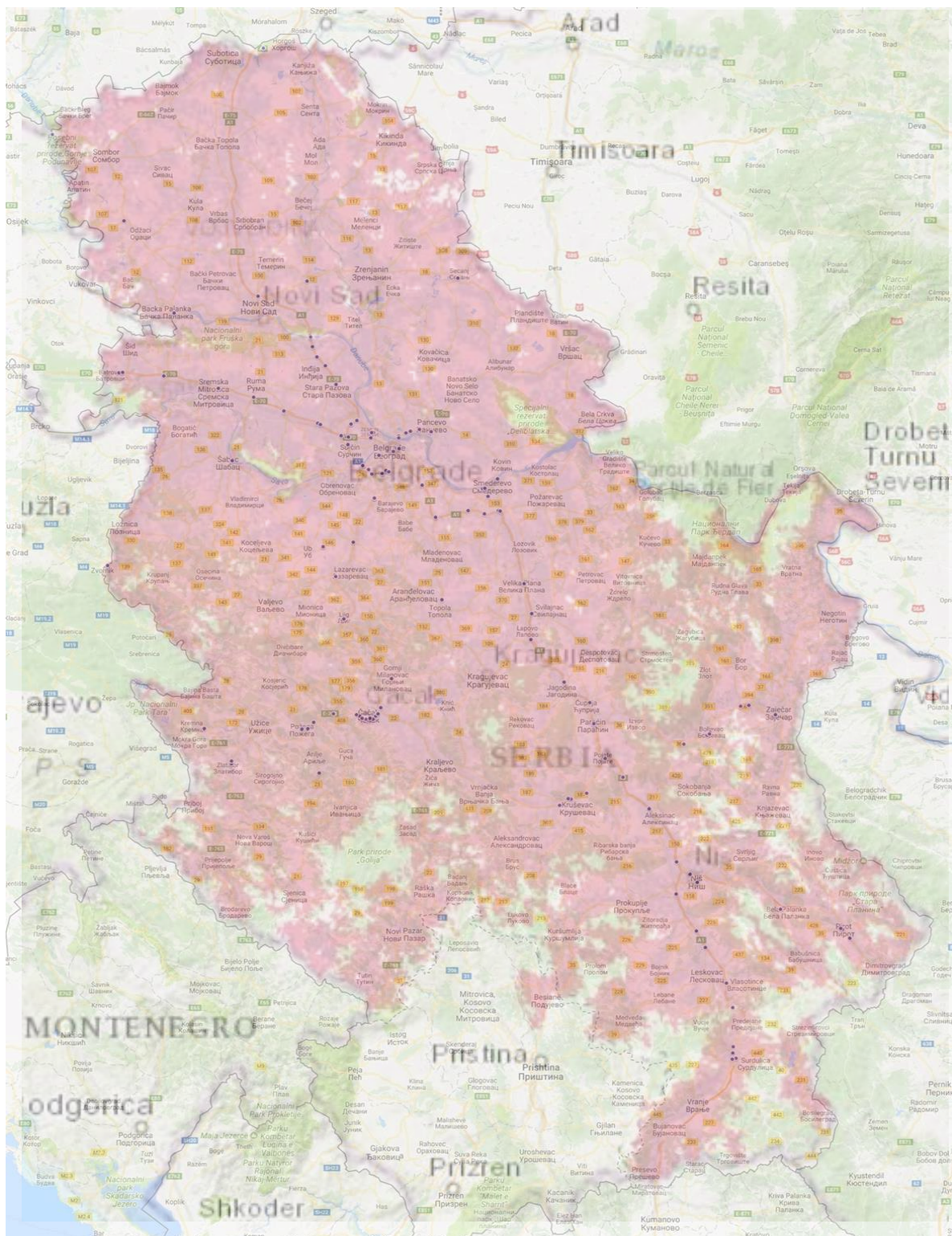
Слика 6.19. Мапа локација објекта који се разматрају у студији. Објекти су означени плавим кружићима



Слика 6.20. Мапа покривености сигналом 3G мреже провајдера МТС и локација објекта који се разматрају



Слика 6.21. Мапа покривености сигналом 3G мреже провајдера Telenor и локација објекта који се разматрају



Слика 6.22. Мапа покривености сигналом 3G мреже провајдера VIP и локација објекта који се разматрају

„BENCHMARKING“ МОБИЛНИХ МРЕЖА КОЈИ ЈЕ ОБАВЉЕН ТОКОМ СЕПТЕМБРА И ОКТОБРА 2017. ГОДИНЕ

„Benchmarking“ мобилних мрежа обављен је током септембра и октобра 2017. године, од стране Регулаторне агенције за електронске комуникације и поштанске услуге „РАТЕЛ“, Републике Србије. Измерене и прорачунате вредности параметара квалитета, као и укупан резултат се односе само на тај период²⁰. Истраживање је рађено за све мобилне оператере у Србији, а резултати су приказани на следећи начин: „МТС“ црвеном бојом, „Telenor“ плавом бојом и „VIP“ наранџастом бојом.

Резултати тестирања кључних индикатора перформанси (KPI) услуге преноса података, које су оператори постигли у различитим категоријама приказани су на Слици 6.23. Упоредно су приказане вредности за интернет претраживање (*browsing*), пренос података (*data transfer*) и YouTube видео сервисе.



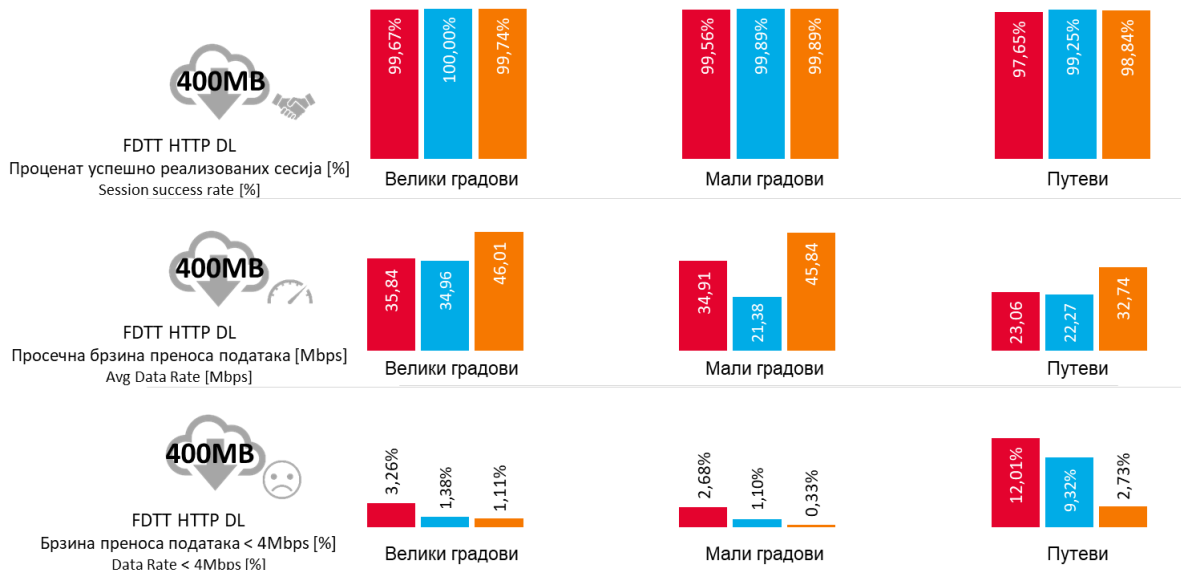
Слика 6.23. Резултати тестирања сервиса преноса података

Резултати тестирања сервиса FDTT HTTP преноса података (Download фајла величине 400MB) приказани су на Слици 6.24.

Приликом тестирање које је вршено дуж главних путева „Telenor“ је постигао најбољи резултат што се тиче процента успешно реализованих сесија, а незнатно слабији био је „VIP“, док је „МТС“ остварио за 1,6 процената слабији резултат у односу на „Telenor“. Највећу просечну брзину преноса података имао је „VIP“. Приметно је да је 4G мрежа слабије развијена на путевима, у односу на градове, осим у случају „VIP“ мреже, где се

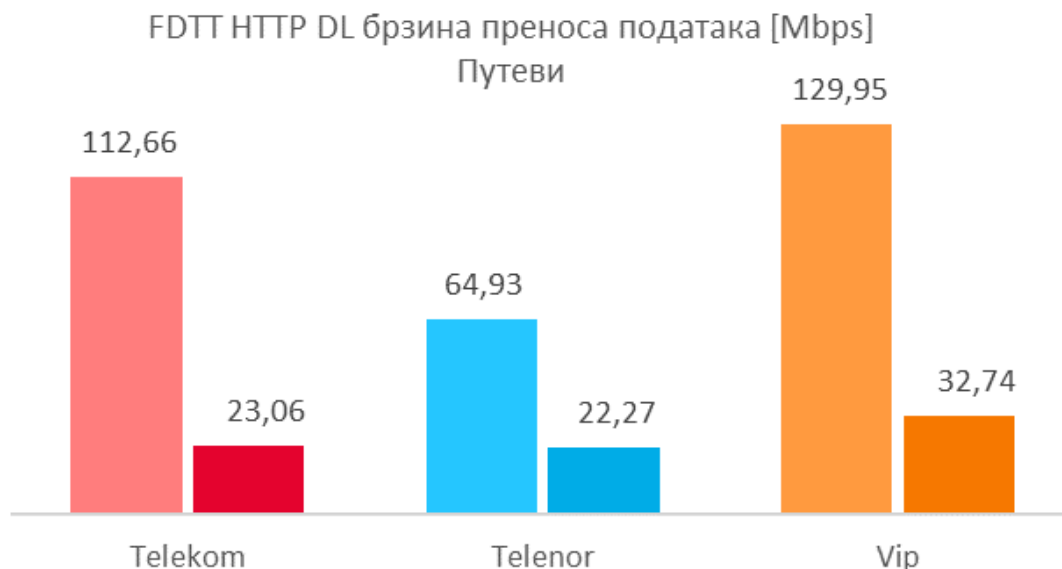
²⁰ <http://benchmark.ratel.rs/podaci-rezultati-cyr>

4G користио у 92% случајева. У односу на „VIP“, „Telenor“ и МТС су остварили просечне брзине преноса података ниже за око 10Mb/s, и имали су већи проценат одбирака чије је брзина преноса испод 4Mb/s.



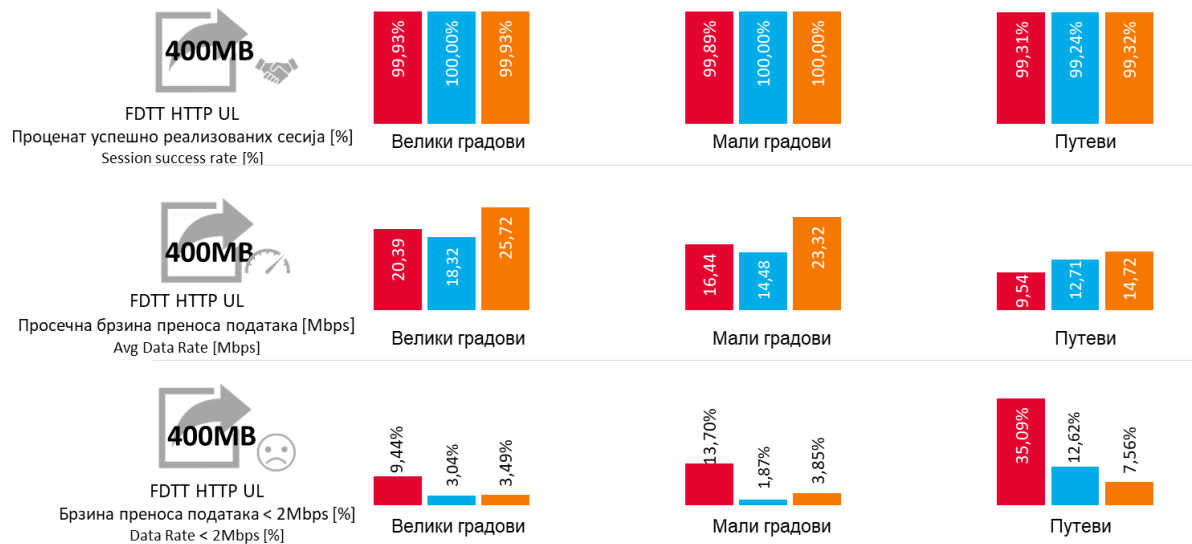
Слика 6.24. Резултати тестирања сервиса FDDT HTTP преноса података (DL 400MB)

Упоредни приказ остварене максималне и просечне брзине преноса података на путевима дат је на Слици 6.25. На слици, светлије нијансе боје представљају максималну брзину преноса података, док су просечне вредности приказане тамнијом нијансом.



Слика 6.25. FDDT HTTP DL max. и просечне брзине преноса података на путевима

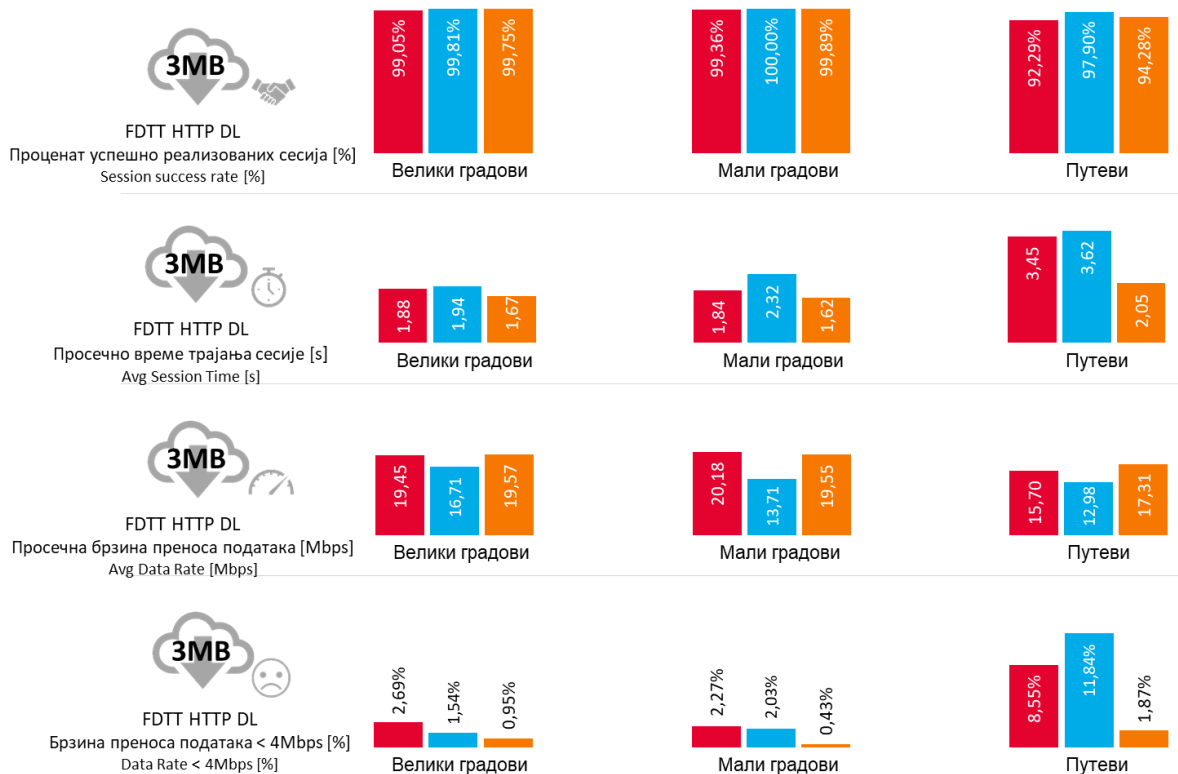
Резултати тестирање сервиса FDDT HTTP преноса података (Upload фајла величине 400MB) приказани су на Слици 6.26.



Слика 6.26. Резултати тестирања сервиса FDDT HTTP преноса података (UL 400MB)

Процент успешно реализованих сесија на путевима био је мањи него у градовима, али и даље на високом нивоу. Просечне брзине преноса података биле су мање него у градовима. Само је Vip mobile задржао велики проценат коришћења 4G за реализацију сесија.

Резултати тестирање сервиса HTTP преноса података (Download 3MB) приказани су на Слици 6.27.



Слика 6.27. Резултати тестирања сервиса HTTP преноса података (Download 3MB)

Процент успешно реализованих сесија је на путевима био мањи него у градовима. „VIP“ је остварио најбољи резултат јер је имао најкраће просечно време трајања сесије и добар проценат успешно реализованих сесија. „Telenor“ је имао врло добар проценат успешно реализованих сесија, али мању просечну брзину преноса података, што је резултирало дужим трајањем сесија. „МТС“ је имао најмањи проценат успешно реализованих сесија, док је за просечно време трајања сесије и просечну брзину преноса података остварио боље резултате од „Telenor“-а.

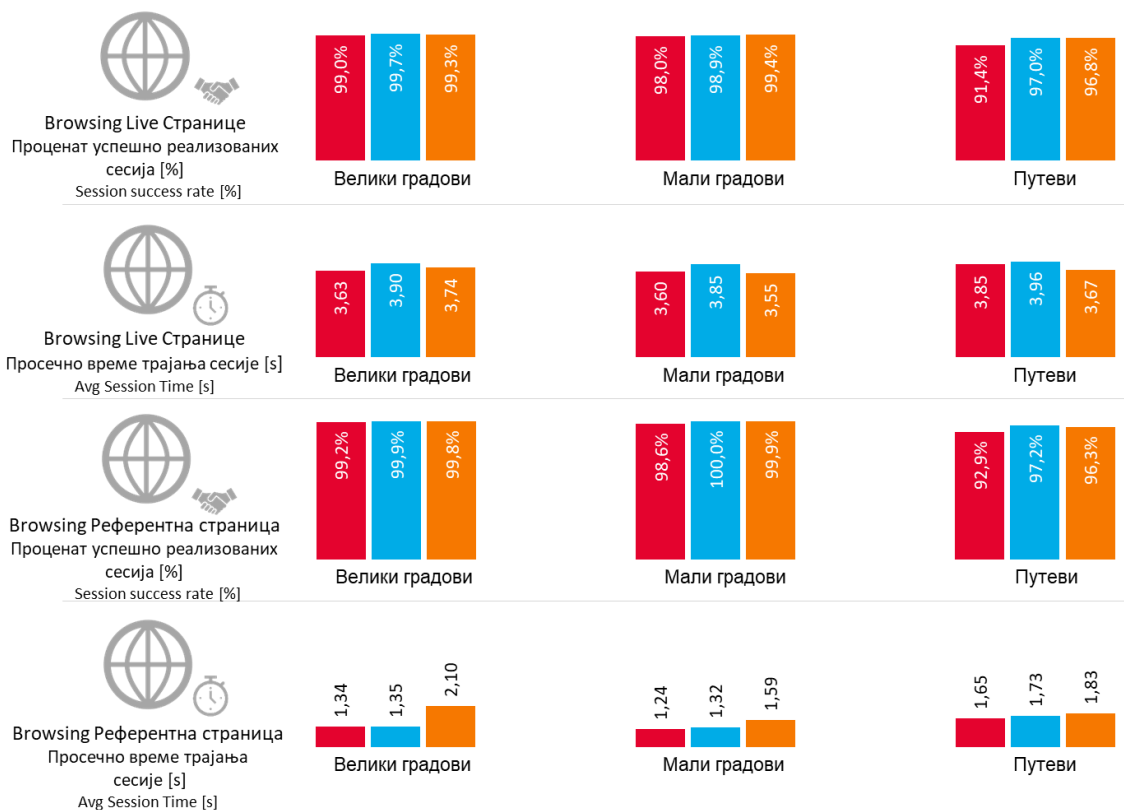
Резултати тестирања сервиса HTTP преноса података (Upload 1MB) приказани су на Слици 6.28.



Слика 6.28. Резултати тестирања сервиса HTTP преноса података (UL 1MB)

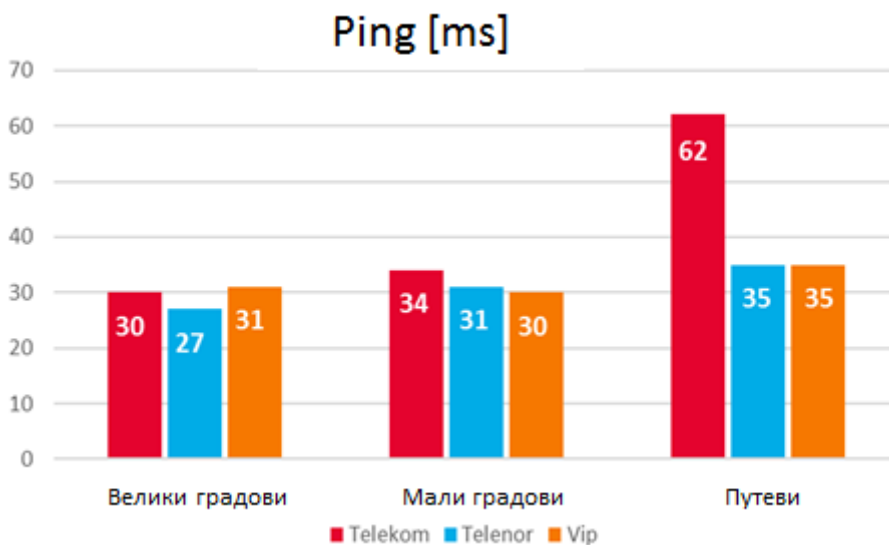
Процент успешно реализованих сесија на путевима био је мањи него у градовима. „Telenor“ је имао најбољи проценат успешно реализованих сесија, али је „VIP“ имао најкраће просечно време трајање сесије, углавном због малог процента одбирака са малом просечном брзином преноса података. „МТС“ је имао преко 26% одбирака чија је просечна брзина преноса података била мања од 2Mb/s.

Резултати тестирања „browsing“ сервиса приказани су на Слици 6.29.



Слика 6.29. Резултати тестирања „browsing“ сервиса

Процент успешно реализованих сесија био је мањи на путевима него у градовима. „Telenor“ и „МТС“ су имали велики проценат сесија реализованих коришћењем 3G технологије, док је 93% одбирака у „VIP“ мрежи било у 4G технологији. „МТС“ је имао најмањи проценат успешно реализованих сесија за „Kepler“ и „live web“ странице. „Telenor“ је имао највећи проценат успешно реализованих сесија.



Слика 6.30. Ping тестови

Резултати „ping“ тестова приказани су на Слици 6.30. Просечан „ping“ на путевима био је значајно деградиран у мрежи „МТС“ (62ms) што је ближе вредностима које се очекују у 3G мрежама (око 100ms). „Telenor“ и „VIP“ су задржали добре вредности pinga (35ms).

Разматрањем свих претходно остварених резултата, видимо да је што се тиче свеукупног квалитета мреже мобилне телефоније дуж путева у Србији, на првом месту „VIP“ а потом следе „Telenor“ и „МТС“.

УПОРЕДНИ ПРИКАЗ ЦЕНА ЗА ПРЕНОС ПОДАТАКА СВА ТРИ ПРОВАЈДЕРА

Аутори студије су у комуникацији са сва три провајдера, проверили како услове, тако и цене закупа мреже за пренос података у систему телеменаџмента. Понуде су рађене на бази пренешене количине података по појединачној тачки приступа за систем телеменаџмента од **300** приступних тачака, и приказане су наредном табелом.

Табела 6.3. Цене приступа за корпоративни APN и мобилни интернет

Провајдер	Корпоративни APN/M2M	Mobilni Internet FUP
	Количина података/Месечна претплата/Цена након потрошене количине по KB	
МТС	100MB/230 RSD/0.04 RSD	1GB/200 RSD
	3GB/900 RSD/0.04 RSD	5GB/400 RSD
Telenor	50MB/170 RSD/0 RSD	1GB/550 RSD
	300MB/330 RSD/0 RSD	5GB/900 RSD
VIP	1GB/270 RSD	1GB/300 RSD
	3GB/390 RSD	N/A
	5GB/430 RSD	5GB/450 RSD
	20GB/650 RSD	20GB/750 RSD

Имајући у виду да је по квалитету „VIP“ мрежа у предности, у C-BA анализи, сви прорачуни су рађени на бази цене „VIP“-а за мобилни интернет до 5 GB, која износи 450 РСД, вез ПДВ-а.

7. Анализа трошкова и користи за пројекат замене постојећег осветљења LED осветљењем и увођење телеменаџмента системом осветљења

У претходним поглављима извршена је анализа и избор свих важних елемената за пројекат замене постојећег осветљења осветљењем са LED извором светлости, и увођење телеменаџмента системом осветљења у ЈП „Путеви Србије“. У овом поглављу ће се сумирати сви улазни параметри за потребе вршења С-ВА анализе. Даће се и кратак теоријски осврт на методологију која се користи у С-ВА, и извршиће се избор два референтна телеменаџмент система, и према сваком ће се поставити по један сценарио. На крају оба сценарија ће бити дискутована и биће извучени одговарајући закључци.

7.1 Анализа трошкова и користи („Cost – Benefit“, С-ВА)

Анализа трошкова и користи пружа информације које се могу користити за евалуацију појединачних пројеката, али и за упоређивање и одређивање приоритета група различитих пројеката или програма. Образложење за примену С-В анализе је да улазне параметре пројекта треба вредновати према њиховом опортунитетном трошку, а резултате пројекта према спремности корисника да плати. Међутим, опортунитетни трошкови не одговарају увек посматраним финансијским трошковима. Слично, спремност да се плати није увек тачно приказана у посматраним тржишним ценама.

Са друге стране, неки утицаји који се не могу вредновати у новцу (неопипљиве вредности) и даље могу да остану ван квантитативне анализе. Такве утицаје треба накнадно квалитативно описати на најбољи могући начин, и на тај начин се пружа могућност корисника анализе да при доношењу одлука даје сопствену вредност тим неквантификованим ефектима.

У С-В анализи се користи приступ дисконтованог новчаног тока за рачунање финансијских и економских показатеља учинка пројекта, тј. интерне стопе рентабилности (*Internal Rate of Return - IRR*) и нето садашње вредности (*Net Present Value - NPV*). Сврха дисконтовања је да се у садашњим вредностима прикаже ток трошкова и користи који се јављају током животног века пројекта – или одређеног периода за који се ради процена пројекта. Када се одређене будуће вредности искажу у садашњим вредностима оне се могу упоређивати, чиме се може одредити да ли је општи пораст добробити од пројекта вредан одговарајућих трошкова.

Поменуто коришћење дисконтованог новчаног тока за анализу значи следеће:

- Разматрају се само новчани приливи и издаци (занемарују се амортизација, резерве и друге обрачунске ставке које не одговарају стварним токовима).
- Гомилање новчаних токова које се појављује у различитим годинама захтева усвајање одговарајуће финансијске дисконтне стопе како би се израчунала садашња вредност будућих новчаних токова.

- Одређивање новчаних токова пројекта треба да се базира на инкременталном приступу.

У С-В анализи се користи инкрементални метод у којем се упоређују сценарио са пројектом и алтернативни сценарио без пројекта. То се ради и у финансијској и у економској анализи. Инкрементални метод се примењује на следећи начин:

Први корак: прави се пројекција свих новчаних токова везаних за експлоатацију и одржавање пројекта за сваку годину током животног века пројекта у ситуацији без предложеног пројекта.

Други корак: ради се слична пројекција новчаних токова за ситуацију са предложеним пројектом. Узимају се у обзир сви инвестициони трошкови, као и финансијски и економски трошкови и користи које резултирају из пројекта.

Коначно, С-В анализа (нпр. финансијска и економска анализа) узима у обзир само разлику између новчаних токова у „сценарију са пројектом“ и „сценарију без пројекта“.

У случају да је предложени пројекат у потпуности нов, „сценарио са пројектом“ представља основ за инкрементални новчани ток.

Финансијска анализа је процена трошкова током животног века пројекта. Циљ финансијске анализе је утврђивање профитабилности пројекта, као и поврат на инвестиције које генерише менаџмент користећи финансије обезбеђене за улагање у средства, што је од круцијалног значаја за друштвено економски развој. Сем тога, остварује се финансијска добит, користећи најбоље расположиве технике.

Храброст, информације, знање и осећај за правовремене одлуке су од суштинског значаја приликом предузимања задатака као што је улагање не само новчаних средстава, већ и радне снаге, тј. технике процене улагања која доводе до правовремене одлуке.

Као што је већ речено, за правилно разумевање финансијске анализе користи се три приступа. израчунавање финансијских и економских показатеља учинка пројекта, тј. Прва два истичу значај концепта временске вредности новца и описују се као Интерна стопе рентабилности (*Internal Rate of Return - IRR*) и Нето садашња вредност (*Net Present Value - NPV*), док последњи Време повраћаја или Период отплате (*Payback Period - PP*) игнорише временску вредност новца. Све три методе, се сматрају потпунијим од традиционалних техника поврата на капитал или поврата на инвестиције.

Нето садашња вредност (у даљем тексту НСВ) је разлика између садашње вредности прилива новчаних токова и садашње вредности одлива новчаних токова у одређеном временском периоду. НСВ се такође користи код буџетирања како би се анализирала профитабилност пројектоване инвестиције или самог пројекта.

Формула за израчунавање НСВ је следећа,

$$NSV = \sum_{t=0}^n a_t S_t = S_0 \frac{S_1}{(1+i)} + \frac{S_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{S_n}{(1+i)^n}$$

При чему је,

S_t = разлика између садашње вредности прилива новчаних токова и садашње вредности одлива новчаних токова у одређеном временском периоду “t”

$$a_t = \text{финансијски дисконтни фактор} = \frac{1}{(1+i)^n}$$

i = финансијска дисконтна стопа

i = период оцене

Позитивна нето садашња вредност указује да пројектована зарада остварена пројектом или инвестицијом премашује очекиване трошкове. Инвестиција са позитивним НСВ ће бити профитабилна, док ће негативна НСВ резултирати нето губитком. Овај концепт је основа за Правило Нето садашње вредности, односно да једине инвестиције које треба применити су инвестиције са позитивним НСВ вредностима.

Интерна стопа приноса (у даљем тексту ИСП) је показатељ, који се примењује код буџетирања како би се проценила профитабилност потенцијалних инвестиција. ИСП је дисконтна стопа која НСВ свих новчаних токова своди на нулу.

Како би израчунали ИСП користећи формулу, потребно је НСВ свести на нулу и израчунати дисконтну стопу. Формулу није могуће поставити и израчунати аналитички, те стога мора бити израчуната користећи посебне софтверске програме и софтверска решења.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{S_t}{(1 + ISP)^t} = 0$$

При чему је,

S_t = разлика између садашње вредности прилива новчаних токова и садашње вредности одлива новчаних токова у одређеном временском периоду “t”

Генерално посматрајући, што је већа ИСП пројекта, то је пожељније да се такав пројекат и предузме. ИСП је јединствен за инвестиције различитих типова и као такав може се користити за рангирање вишеструких пројеката које компанија сагледава подједнаким. Под претпоставком да су трошкови инвестиција једнаки међу различитим пројектима, пројекат са највишим ИСП-ом сматра се најбољим.

Иако ће се остварена ИСП разликовати од процењене ИСП, пројекат са знатно вишом ИСП вредношћу од других опција и даље представља много већу шансу за бољи раст. Једна од употреба ИСП је упоређивање профитабилности успостављања нових операција са проширењем старих. Иако би оба пројекта допринели вредност компаније, вероватно је да ће се приступити одлуци коју прописује ИСП.

У теорији, сваки пројекат са ИСП-ом већим од трошкова капитала је профитабилан, те стога је у интересу компаније да предузме такве пројекте. У планирању инвестиционих пројеката, компанија ће често успоставити и Потребну стопу приноса (ПСП) како би одредили минимални прихватљиви проценат приноса на инвестиције. Сваки пројекат са ИСП-ом који прелази ПСП вероватно ће се сматрати профитабилним, иако компаније не морају нужно да прате пројекат само по тој основи.

Иако је ИСП атрактиван показатељ, пожељно је да се користи заједно са НСВ-ом ради јасније слике о вредности коју представља потенцијални пројекат.

Период отплате је време потребно за поврат инвестиција, на основу којег се доноси одлука да ли је пројекат исплатив, као и да дужи периоди отплате нису пожељни са аспекта инвестиција.

Како би се горе поменути приступи израчунали и применили потребно је урадити процену информација о финансијским новчаним токовима (укупан трошак инвестиција трошкови, укупни трошкови и уштеда), усклађеним са стопом инфлације као и реалном стопом раста. Током моделовања пројекта потребно је извршити процену свих трошкова инвестиција у вези са материјалима, радном снагом, енергијом, припремом, хонорарима у складу са наведеним решењима понуђача. Инвестициони трошкови се састоје од трошкова изградње пројекта и физичке инфраструктуре.

Методологија примењена у овом извештају заснована је на анализи трошкова претходних година, као и стварних цена од стране два понуђача. Приступ задатку је у складу са уговореним обимом ангажовања, као и са професионалним и корпоративним кодексом.

7.2 Улазни подаци потребни за израду финансијског модела

Као улазни подаци, за потребе израде финансијског модела, користиће се следеће.

ОСВЕТЉЕЊЕ САОБРАЋАЈНИЦА

За осветљење саобраћајница, у 2016. години утрошено је:	14.754.378,15 kWh
у износу од (без обрачунатог ПДВ):	150.876.510,18 РСД
Укупна инсталисана снага осветљења саобраћајница је:	3.646,66 kW
Укупан број светиљки које се користе за осветљење саобраћајница је:	10.184

ОСВЕТЉЕЊЕ ТУНЕЛА

За осветљење тунела, у 2016. години утрошено је:	2.143.683,00 kWh
у износу од (без обрачунатог ПДВ):	21.436.726,70 РСД
Укупна инсталисана снага осветљења тунела је:	529,83 kW
Укупан број светиљки које се користе за осветљење тунела је:	1.860

ОСВЕТЉЕЊЕ САОБРАЋАЈНИЦА И ТУНЕЛА

За осветљење саобраћајница и тунела, у 2016. години утрошено је:	16.898.061,15 kWh
у износу од (без обрачунатог ПДВ):	172.313.236,88 РСД
Укупна инсталисана снага осветљења саобраћајница и тунела је:	4.176,49 kW
Укупан број светиљки које се користе за осветљење саобраћајница и тунела је:	12.044

СТРУКТУРА ОБЈЕКТА СА СВЕТИЉКАМА

Тип и снага светиљке	Бр. објекта	Годишња утршена ел. енергија (kWh)	Износ годишњег рачуна без ПДВ (РСД)	Једновременна снага $P_{el}(kW)$	Број светиљки
LED СВЕТИЉКЕ СНАГЕ 115 W	1	10.377,00	105.052,70	2,56	22
NaVP СВЕТИЉКЕ СНАГЕ 150 W	8	519.714,00	5.840.190,40	128,45	909
NaVP СВЕТИЉКЕ СНАГЕ 250 W	73	6.132.040,65	56.721.049,14	1.515,58	5.440
NaVP СВЕТИЉКЕ СНАГЕ 400 W	62	10.235.929,50	109.646.944,64	2.529,89	5.673

ПРОСЕЧНЕ ВЕЛИЧИНЕ ПО СВЕТИЉКАМА

Просечне величине по светиљкама	Снага светиљке (сијалице и баласта)	Годишња потрошња е.е. по светиљци	Износ годишњег рачуна по светиљци	Цена kWh без ПДВ-а по светиљци	Цена е.е. по W
	W	kWh	РСД	РСД	РСД
NaVP снаге 150 W	165	572	5.355	9,3644	0,00936
NaVP снаге 250 W	275	1.127	8.689	7,7083	0,00771
NaVP снаге 400 W	440	1.804	16.107	8,9266	0,00893
Просечне цене које ће се узети за С/ВА анализу:				8,6665	0,00867
LED снаге 48 W	48	194	1.683	8,6665	0,00867
LED снаге 81 W	81	328	2.840	8,6665	0,00867
LED снаге 130 W	130	596	4.558	8,6665	0,00867

ТРОШКОВИ ОДРЖАВАЊА

Врста трошка	Износ за С/ВА	Врста трошка	Износ за С/ВА
Одржавање стубова	63.250.000	Одржавање разводних ормана	16.300.000
Одржавање светиљки и сијалица	46.900.000	Одржавање трансформаторских станица	19.000.000
Одржавање каблова и проводника	19.500.000	Остали трошкови одржавања	41.500.000
УКУПНИ ТРОШКОВИ:			206.450.000

Просечни годишњи трошкови одржавања по једној светиљци: 3.894,00 РСД

ЦЕНЕ LED СВЕТИЉКИ ПРОИЗВОЂАЧА „PHILIPS“

- | | |
|---|-------|
| 4. „Philips - DigiStreet“, снаге 48 W, цена: | 492 € |
| 5. „Philips - DigiStreet“, снаге 81 W, цена: | 560 € |
| 6. „Philips - DigiStreet“, снаге 130 W, цена: | 585 € |

Цене резервних делова за ове светиљке су:

- | | |
|---|-------|
| 1. Резервни LED модул са трошковима замене, цена: | 140 € |
| 2. Резервни драјвер са трошковима замене, цена: | 84 € |

ЦЕНЕ LED СВЕТИЉКИ ПРОИЗВОЂАЧА „MINEL - SHREDER“

1. „Minel - Shreder - Тесео“, снаге 48 W, цена:	400 €
2. „Minel - Shreder - Тесео“, снаге 81 W, цена:	450 €
3. „Minel - Shreder - Тесео“, снаге 130 W, цена:	560 €

Цене резервних делова за ове светиљке су:

1. Резервни LED модул са трошковима замене, цена:	140 €
2. Резервни драјвер са трошковима замене, цена:	84 €

ЦЕНЕ РАДОВА НА МОНТАЖИ И ДЕМОНТАЖИ

Цена демонтаже постојеће и монтаже нове светиљке је: 23 €

ПРОЦЕНА ТРОШКОВА ОДРЖАВАЊА ПОЈЕДИНАЧНЕ LED СВЕТИЉКЕ ЈЕ:

- у периоду од монтаже до 5 године (гарантном периоду) 0 €
- у периоду од 5 године до краја животног века (25 година) 11 €

ТРОШКОВИ УВОЂЕЊА „CITYTOUCH“ СИСТЕМА ТЕЛЕМЕНАЏМЕНТА

Р.бр.	Назив	учестаност плаћања и место инсталације	Износ са радовима на уградњи
1.	„CityTouch“ закуп система са свим трошковима и трошковима комуникације	једном годишње по светиљци	11 €

ТРОШКОВИ УВОЂЕЊА „OWLET“ СИСТЕМА ТЕЛЕМЕНАЏМЕНТА

Р.бр.	Назив	учестаност плаћања и место инсталације	Износ са радовима на уградњи
1.	„Luso“ модул	једнократно по светиљци	115 €
2.	„Segment Controller“ концентратор	једнократно по мерном месту	2.000 €
		израчунато једнократно по светиљци	24 €
3.	„Owlet“ Software на „cloud“-у	једнократно по једном систему	90.000 €
4.	Трошкови годишње лиценце	једном годишње по систему	45.000 €

ТРОШКОВИ УВОЂЕЊА „CIRLAMP“ СИСТЕМА ТЕЛЕМЕНАЏМЕНТА

Р.бр.	Назив	учестаност плаћања и место инсталације	Износ са радовима на уградњи
1.	„CirLamp node“ модул	једнократно по светиљци	120 €
2.	„CirLamp Manager“ концентратор	једнократно по мерном месту	1.800 €
		израчунато једнократно по светиљци	22 €
3.	„CirLamp“ Software на „cloud“-у	једнократно по једном систему	86.000 €
4.	Трошкови годишње лиценце	једном годишње по систему	40.000 €

Напомена: будући да су трошкови увођења „Owlet“ система скоро идентични трошковима увођења „CirLamp“ система, други сценарио је подједнако валидан за оба система, а рађен је на бази трошкова „CirLamp“ система.

ЦЕНЕ ПРИСТУПА ЗА КОРПОРАТИВНИ APN И МОБИЛНИ ИНТЕРНЕТ

Провајдер	Корпоративни APN/M2M	Mobilni Internet FUP
	Количина података/Месечна претплата/Цена након потрошене количине по KB	
MTC	100MB/230 RSD/0.04 RSD	1GB/200 RSD
	3GB/900 RSD/0.04 RSD	5GB/400 RSD
Telenor	50MB/170 RSD/0 RSD	1GB/550 RSD
	300MB/330 RSD/0 RSD	5GB/900 RSD
VIP	1GB/270 RSD	1GB/300 RSD
	3GB/390 RSD	N/A
	5GB/430 RSD	5GB/450 RSD
	20GB/650 RSD	20GB/750 RSD

напомена: сви прорачуни су рађени на бази цене „VIP“-а за мобилни интернет до 5 GB, која износи 450 РСД без ПДВ-а

РЕФЕРЕНТНА КАМАТНА СТОПА И ДИСКОНТНА КАМАТНА СТОПА

У складу са Упутством за утврђивање референтне и дисконтне каматне стопе („Службени гласник РС“, број 76/15), Министарство надлежно за послове финансија утврдило је основну референтну каматну стопу за 2018. годину у висини од 3,39% на годишњем нивоу и дисконтну каматну стопу за 2018. годину у висини 4,39% на

годишњем нивоу. За потребе финансијске анализе, коришћена је дисконтна каматна стопа која је увећана за ризик од 3,61%, тако да је укупно износила 8%.

ПРОСЕЧНА СТОПА ИНФЛАЦИЈЕ

На основу извештаја НБС, за стопу инфлације је узета просечна стопа инфлације за 2017. годину, која је износила 3%. Ово је уједно и циљана стопа инфлације за 2018. годину.

ПЕРИОД ЕВАЛУАЦИЈЕ ПРОЈЕКТА

За период евалуације пројекта усвојен је временски интервал од 20 година, имајући у виду да је претпостављени животни век светиљки управо 20 година.

СТОПА РЕАЛНОГ РАСТА

Имајући у виду искуства „Deloitte“-ових стручњака у свету, као и њихове процене, за стопу реалног раста, узета је вредност од 1,2% на годишњем нивоу.

КУРС ЕВРА

За курс евра усвојена је средња вредност курса Народне банке Србије, на дан 23.02.2018. године, 118,0128 РСД за 1 Евро.

7.3 Референтни финансијски модел

У оквиру референтног финансијског модела анализирани су трошкови одржавања, енергије и инвестиција са постојећом инфраструктуром у периоду од једне до двадесет година. У постојеће трошкове одржавања укључени су трошкови одржавања стубова, трошкови одржавања светиљки и сијалица, трошкови одржавања каблова и проводника, трошкови одржавања разводних ормана, трошкови одржавања трансформаторских станица, као и остали трошкови одржавања. У постојеће трошкове енергије укључена је годишња потрошња по три типа светиљки, различитих снага. Цена електричне енергије по киловат часу је фиксна. У постојеће трошкове инвестиција укључена је замена светиљки исте годишње потрошње, увећане за стопу реалног раста. Сви горе поменути трошкови увећани су за годишњу стопу инфлације. У референтном моделу, структура трошкова је следећа:

Без замене сијалица	
Трошкови одржавања у 000 РСД	
Одржавање стубова	1.923.033
Одржавање сијалица и сијалица	1.425.933
Одржавање каблова и проводника	592.872
Одржавање дистрибутивних ормара	495.580
Одржавање трансформаторских станица	577.670
Остали трошкови одржавања	1.261.753
	6.276.840
Потрошња енергије за NaVP 150 W у 000 РСД	
Број светиљки	20.407
Годишња потрошња по светиљци	11.436
Цена kWh	232,87
	137.455
Потрошња енергије за NaVP 250 W у 000 РСД	
Број светиљки	122.138
Годишња потрошња по светиљци	22.545
Цена kWh	232,87
	1.621.816
Потрошња енергије за NaVP 400 W у 000 РСД	
Број светиљки	127.372
Годишња потрошња по светиљци	36.087
Цена kWh	232,87
	2.707.221
Трошкови инвестиција у 000 РСД	
Светиљке са NaVP 150 W и трошком замене	1.576
Светиљке са NaVP 250 W и трошком замене	18.601
Светиљке са NaVP 400 W и трошком замене	31.050
	51.227
Укупни трошкови енергије у 000 динара	4.466.492
Укупни трошкови у 000 РСД	10.794.559

7.4 Први сценарио – инсталација Philips LED светиљки и „CityTouch“ платформе

У првом сценарију анализирани су трошкови одржавања, енергије и инвестиција са инсталацијом Philips LED светиљки и „CityTouch“ платформе као система телеменаџмента осветљењем у периоду од једне до двадесет година. У трошкове одржавања укључени су трошкови одржавања стубова, трошкови одржавања светиљки и сијалица (без трошкова одржавања у гарантном периоду од пет година), трошкови одржавања каблова и проводника, трошкови одржавања разводних ормана, трошкови одржавања трансформаторских станица, као и остали трошкови одржавања. У трошкове енергије укључена је годишња потрошња по три типа светиљки, различитих снага. Цена електричне енергије по једном киловат-часу је фиксна. У трошкове инвестиција је укључена демонтажа и уградња „DigiStreet“ LED светиљки и „CityTouch“ платформе, увећане за стопу реалног раста. Сви горе поменути трошкови увећани су за годишњу стопу инфлације.

У овом сценарију извршиће се поређење трошкова у седам подсценарија; уколико би се комплетна замена светиљки извршила у периоду од годину дана, па све до периода од седам година.

Табеларни прикази овог сценарија са сваким од подсценарија, дати су на крају студије у прилогу 12. У овом сценарију, укупни трошкови одржавања се у зависности од периода инвестирања, крећу од 5.226.238 до 5.316.596 хиљада динара, укупни трошкови енергије између 1.307.354 и 1.636.350 хиљада динара, укупни трошкови инвестиција између 1.605.417 и 1.635.614 хиљада динара. Посматрани период је од једне до двадесет година, при чему укупни трошкови са заменом светиљки у овом сценарију могу износити између 8.139.009 и 8.588.560 хиљада динара.

7.5 Други сценарио – инсталација Minel Schreder LED светиљки и Circutor „CirLamp“ платформе

У другом сценарију анализирани су трошкови одржавања, енергије и инвестиција са инсталацијом Minel Schreder LED светиљки и Circutor „CirLamp“ платформе као система телеменаџмента осветљењем у периоду од једне до двадесет година. У трошкове одржавања укључени су трошкови одржавања стубова, трошкови одржавања светиљки и сијалица (без трошкова одржавања у гарантном периоду од пет година), трошкови одржавања каблова и проводника, трошкови одржавања разводних ормана, трошкови одржавања трансформаторских станица, као и остали трошкови одржавања. У трошкове енергије укључена је годишња потрошња по три типа светиљки, различитих снага. Цена електричне енергије по једном киловат-часу је фиксна. У трошкове инвестиција је укључена демонтажа и уградња „Тесео“ LED светиљки и „CirLamp“ платформе, увећане за стопу реалног раста. Сви горе поменути трошкови увећани су за годишњу стопу инфлације.

И у овом сценарију извршиће се поређење трошкова у седам подсценарија; уколико би се комплетна замена светиљки извршила у периоду од годину дана, па све до периода од седам година.

Табеларни прикази овог сценарија са сваком од подсценарија, дати су на крају студије у прилогу 13. У овом сценарију, укупни трошкови одржавања се у зависности од периода инвестирања, крећу од 5.226.238 до 5.316.596 хиљада динара, укупни трошкови енергије између 1.307.354 и 1.636.350 хиљада динара, укупни трошкови инвестиција између 1.426.023 и 1.513.337 хиљада динара. Посматрани период је од једне до двадесет година, при чему укупни трошкови са заменом светиљки у овом сценарију могу износити између 7.959.614 и 8.466.283 хиљада динара.

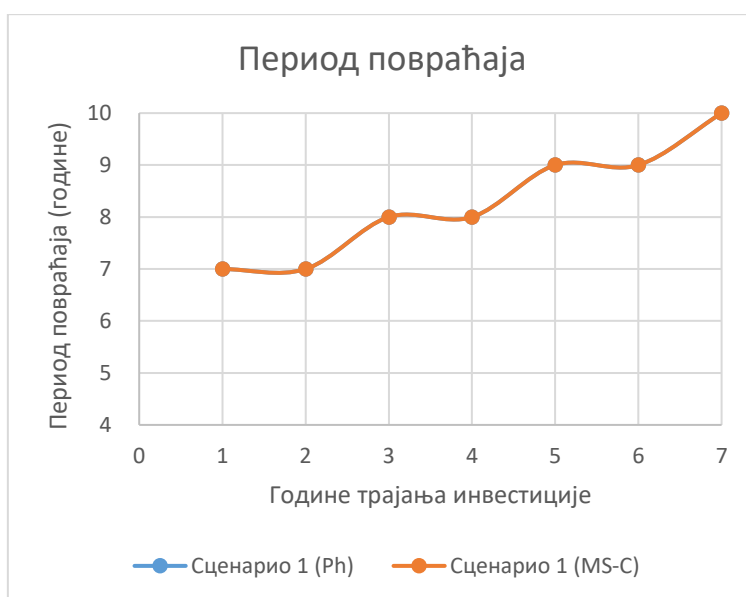
7.6 Закључак

У табели 7.1. приказане су добијене вредности за испитиване показатеље: ИСП, НСВ и ПП.

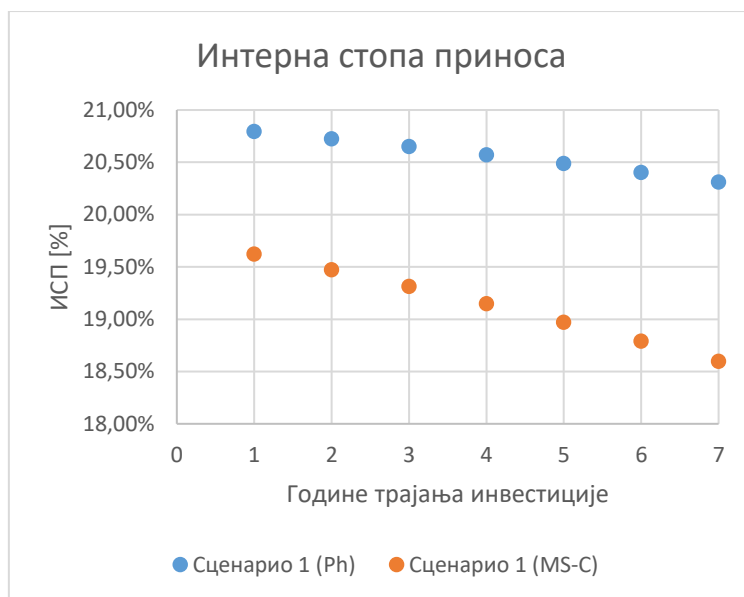
Табела 7.1. Вредности показатеља ИСП, НСВ и ПП у сваком од сценарија и подсценарија

Године трајања инвест.	ИСП (Сценарио 1 – Philips)	ИСП (Сценарио 2 – М Schr. - Cir)	НСВ (Сценарио 1 – Philips)	НСВ (Сценарио 2 – М Schr. - Cir)	ПП (Сценарио 1 – Philips)	ПП (Сценарио 2 – М Schr. - Cir)
1	20.79%	19.62%	803,221	828,421	7	7
2	20.72%	19.47%	764,579	785,151	7	7
3	20.65%	19.31%	726,835	742,886	8	8
4	20.57%	19.15%	690,206	701,866	8	8
5	20.49%	18.97%	654,702	662,103	9	9
6	20.40%	18.79%	620,298	623,568	9	9
7	20.31%	18.60%	586,961	586,224	10	10

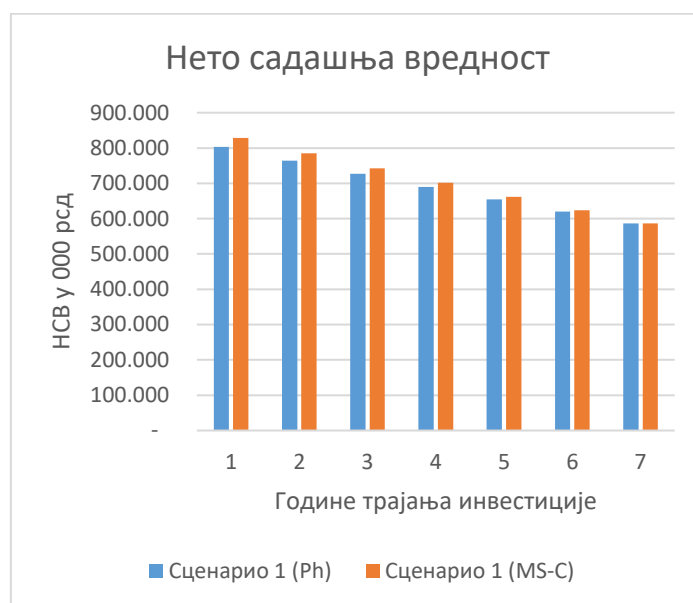
На следећим сликама су графички приказане добијене вредности у зависности од година трајања инвестиције и врсте сценарија.



Слика 7.1. Период повраћаја у зависности од година трајања инвестиције



Слика 7.2. Интерна стопа приноса у зависности од година трајања инвестиције



Слика 7.3. Нето садашња вредност у зависности од година трајања инвестиције

У оба сценарија са својим подсценаријима, укупни трошкови одржавања су исти, као и укупни трошкови енергије. Укупни трошкови инвестиција у сценарију 2 се крећу од 1.426.023 до 1.513.337 хиљада динара и мањи су у односу на укупне трошкове инвестиција у сценарију 1, који се крећу од 1.605.417 до 1.635.614 хиљада динара. Разлика у овим трошковима се креће од 179.394 до 122.277 хиљада динара, па са те стране решење из сценарија 2 је нешто повољније у смислу инвестирања. Са друге стране, ако се посматра период повраћаја инвестиције, код сценарија 1 је период отплате исти као код сценарија 2. Такође, што се тиче интерне стопе приноса, сценарио 1 је у предности за сваки од подсценарија, и то од 1,1 до 1,7 процентна поена. По питању

нето садашње вредности, у зависности од врсте подсценарија, сценарио 2 има нешто већу нето садашњу вредност у случају инвестирања од 1 до 6 година..

Аутори студије, сматрају имајући у виду све претходно наведено, као и потребна средства, да је најоптималнија опција за ЈП „Путеви Србије“ да се замена светиљки LED светиљкама изврши у периоду од 3 до 4 године.

Генерално гледано, сви сценарији и подсценарији испуњавају критеријуме финансијске исплативости, тако да се могу сматрати апсолутно исплативим и препоручљивим пројектом. Имајући у виду да се овим пројектом остварују и следећи циљеви:

1. Повећање енергетске ефикасност и остваривање што већих уштеда у електричној енергији;
2. Унапређење оперативног управљања осветљењем, кроз смањење оперативних трошкова, у првом реду трошкова одржавања и повећање ефикасности одржавања;
3. Бољи квалитет светла и већи комфор за све кориснике, чиме ће се повећати и степен задовољства код корисника;
4. Повећање безбедности учесника у саобраћају и повећање поузданости система осветљења, кроз брже и правовремено реаговање на кварове осветљења, и
5. Смањење утицаја на животну средину кроз смањење емисије CO₂, смањење светлосног загађења,

аутори су мишљења да овај пројекат апсолутно треба отпочети, и то у што краћем року.

ЛИТЕРАТУРА

У овој Студији, литература која је коришћена је дата у фуснотама на страни на којој се и референцира на извор. Осим тога, у делу Студије од 27. (двадесет седме) до 76. (седамдесет шесте) стране коришћени су делови књиге – универзитетског уџбеника, **проф. др. Миомира Костића, „Водич кроз свет технике осветљења“ (2000), Београд**, и то тако што су имплементирани у поглављима 2 и 3 ове Студије, која редом носе наслове „Основни појмови у техници осветљења” и „Теоријске основе осветљења путева и тунела”, а у циљу дефинисања, односно разјашњења кључних теоријских појмова и регулативе од значаја за разумевање и употребу Студије од стране Клијента.

Ограничење од одговорности

Консултант не преузима одговорност за процену исплативости финансијских пројекција приказаних у Извештају, као ни за њихову даљу реализацију.

Deloitte д.о.о. Београд није извршио ревизију или проверу података који су коришћени у овом Извештају. Стога овај Извештај не садржи мишљење ревизора или други вид потврде финансијских података и не би смео тако да се тумачи.

Услуге које Deloitte д.о.о. Београд пружа у вези са овим Извештајем не представљају (I) мишљење о правичности, (II) инвестициони савет или (III) правни савет.

Овај Извештај није предвиђен за даљу дистрибуцију или објављивање и не може да се користи, чак ни у скраћеном облику, у било коју другу сврху, осим оне наведене у овом Извештају, без писане сагласности друштва Deloitte д.о.о. Београд.

Додатно, овај Извештај је и даље предмет наших интерних процедура контроле квалитета у складу са којим задржавамо право да додамо, избришемо, или изменимо одређене делове Извештаја.

Deloitte се односи на Deloitte Touche Tohmatsu Limited, правно лице основано у складу са правом Уједињеног Краљевства Велике Британије и Северне Ирске (изворно “UK private company limited by guarantee”), и мрежу његових чланова, од којих је сваки засебан и самосталан правни субјект. Детаљнији опис правне структуре Deloitte Touche Tohmatsu Limited и његових друштава чланова можете наћи на веб-страници www.deloitte.com/rs/sr/o-нама.

У Србији услуге пружа Deloitte д.о.о. Београд (у даљем тексту „Deloitte Србија“) које је друштво члан Deloitte Central Europe Holdings Limited. Deloitte Србија је једна од водећих компанија за пружање професионалних услуга из области ревизије, пореског, пословног, финансијског и консалтинга у управљању ризицима у Србији, са више од 200 стручњака из земље и иностранства.

Deloitte refers to one or more of Deloitte Touche Tohmatsu Limited, a UK private company limited by guarantee (“DTTL” or “Deloitte Global”), its network of member firms, and their related entities (collectively, the “Deloitte Network”). DTTL and each of its member firms are legally separate and independent entities. DTTL does not provide services to clients. Please see www.deloitte.com/about for a more detailed description of DTTL and its member firms.

Deloitte provides audit, tax, consulting, financial advisory and legal services to public and private clients spanning multiple industries. With a globally connected network of member firms in more than 150 countries and territories, Deloitte brings world-class capabilities and high-quality service to clients, delivering the insights they need to address their most complex business challenges. Deloitte’s approximately 225,000 professionals are committed to making an impact that matters.

Deloitte Central Europe is a regional organization of entities organized under the umbrella of Deloitte Central Europe Holdings Limited, the member firm in Central Europe of Deloitte Touche Tohmatsu Limited. Services are provided by the subsidiaries and affiliates of Deloitte Central Europe Holdings Limited, which are separate and independent legal entities.

The subsidiaries and affiliates of Deloitte Central Europe Holdings Limited are among the region’s leading professional services firms, providing services through more than 5,000 people in 41 offices in 17 countries.

© 2018 Deloitte Central Europe

© 2018 Deloitte Serbia