



Универзитет у Београду Електротехнички факултет

Булевар краља Александра 73, Београд, Србија

Истраживање постојећих решења функционалног и декоративног јавног осветљења у циљу дефинисања основа за израду развојног глобалног Мастерплана за урбано осветљење

- СТУДИЈА -

Проф. др Миомир Костић
Проф. др Лидија Ђокић

Октобар 2010.



Универзитет у Београду Електротехнички факултет

Булевар краља Александра 73, Београд, Србија

Аутори

Проф. др Миомир Костић, дипл. инг. ел.

Проф. др Лидија Ђокић, дипл. инг. арх.

Истраживање постојећих решења функционалног и декоративног јавног осветљења у циљу дефинисања основа за израду развојног глобалног Мастерплана за урбано осветљење

- СТУДИЈА -

Наручилац студије

Секретаријат за комуналне и стамбене послове града Београда

Руководилац израде Студије

Проф. др Миомир Костић

Декан
Електротехничког факултета

Проф. др Миодраг Поповић

Поред аутора, на изради Студије су учествовали:

1. Ненад Плазинчић, дипл.инг. ел.
2. Биљана Обрадовић, дипл. инг. арх.
3. Мр Јован Трифуновић, дипл. инг. ел.
4. Мр Жељко Ђуришић, дипл. инг. ел.
5. Милош Јечменица, дипл. инг. ел.
6. Александра Костић, дипл. инг. арх.
7. Мр Неџад Хаџиефендић, дипл. инг. ел.
8. Јелена Аћимовић, дипл. инг. ел.
9. Мр Милан Радојевић, дипл. инг. арх.
10. Мр Татјана Јуренић, дипл. инг. арх.
11. Немања Костић, дипл. инг. орг. наука

Предговор

До пре двадесетак година архитектонско осветљење је представљало градску реткост и углавном било реализовано помоћу рефлектора постављених на околним стубовима и објектима, због чега су и раскошне фасаде у ноћним сатима доживљаване као равна платна без пластике. Уз то, осветљење сваког објекта замишљано је и извођено не водећи рачуна о урбаним елементима из непосредног и ширег окружења, што је понекад стварало визуелни хаос.

Пошто је постало очигледно да атрактивна ноћна презентација града и његових вредности значајно утиче на развој туризма, социјалног живота и ноћне економије, поједине предузимљиве градске управе покренуле су израду мастерпланова осветљења. Реализацијом таквих докумената градови су постали неспорно лепши и привлачнији.

Међутим, аутори мастерпланова осветљења по правилу нису анализирали све могућности које су им стајале на располагању, због чега такви документи углавном делују назавршено и не нуде довољну количину корисних сугестија, смерница и препорука. На пример, они обично не садрже анализу постојећег стања архитектонског и амбијенталног осветљења, као ни смернице за осветљење изабраних градских репера. Тиме се одлуке о архитектонском осветљењу одређеног репера у потпуности препуштају ауторима пројекта, који често имају потребу да тај објекат третирају као најважнији елемент ноћне панораме града, независно од његовог стварног значаја у урбаном контексту. Такође, по правилу се анализирају само неке од бројних могућности за уштеду електричне енергије. Техно-економске анализе су поједностављене и, због тога, са непоузданим закључцима, итд.

Студија која следи имала је за циљ не само да ауторима будућих мастерпланова скрене пажњу на све релевантне фотометријске, естетске и техничке аспекте урбаног осветљења, него и да им понуди смернице и препоруке за свеобухватну анализу сваког од тих аспеката и реализацију успешних решења.

Пошто сматрају да мастерплан осветљења треба да садржи смернице (до нивоа идејног решења) за све значајне објекте у граду, аутори студије су у оквиру посебних поглавља представили детаљне препоруке за осветљење зграда, мостова, пејзажа, споменика и фонтана. Због тога овај документ може значајно да помогне и пројектантима осветљења појединачних објеката и амбијенталних целина.

Због све већег значаја LED технологије, посебно поглавље је посвећено могућностима које она у овом тренутку пружа урбаном осветљењу.

Аутори студије се захваљују својим сарадницима, који су значајно допринели квалитету студије и реализацији свих њених циљева.

Београд, октобар 2010.

Миомир Костић
Лидија Ђокић

САДРЖАЈ

1.	УВОД	1
1.1.	Шта је мастерплан?	1
1.2.	Циљеви мастерплана осветљења	1
1.3.	Урбано осветљење	4
1.4.	Циљне групе	6
2.	ИЗДВАЈАЊЕ РЕПЕРА И ЗОНИРАЊЕ ЗА ПОТРЕБЕ ИЗРАДЕ МАСТЕРПЛАНА ОСВЕТЉЕЊА	9
2.1.	Градски репери, силуете и панорамске визуре	9
2.2.	Смернице за поделу града на целине (дефинисање граница)	14
2.3.	Критеријуми за избор и одређивање хијерархије репера	18
3.	АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА ЈАВНОГ ОСВЕТЉЕЊА	27
4.	ФУНКЦИОНАЛНО ОСВЕТЉЕЊЕ	29
4.1.	Комуникације	29
4.2.	Осветљење паркова	49
4.3.	Осветљење пејзажа	51
4.4.	LED извори светлости у уличном и амбијенталном осветљењу	65
5.	АРХИТЕКТОНСКО ОСВЕТЉЕЊЕ	70
5.1.	Опште о архитектонском осветљењу	70
5.2.	Препоруке за архитектонско осветљење зграда	80
5.3.	Препоруке за осветљење мостова	113
5.4.	Препоруке за осветљење споменика	122
5.5.	Препоруке за осветљење фонтана	134
6.	ОСВЕТЉЕЊЕ ЕНТЕРИЈЕРА КАО ЕФЕКАТ У СПОЉНОМ ОСВЕТЉЕЊУ	147
7.	СВЕТЛОСНЕ ИНСТАЛАЦИЈЕ И ОСВЕТЉЕЊЕ НАМЕЊЕНО ЕДУКАЦИЈИ ИЛИ ЗАБАВИ	150

8.	ДИНАМИЧНО ОСВЕТЉЕЊЕ И ПРОСТОРИ КОЈИ СУ АДЕКВАТНИ ЗА ЊЕГОВУ ПРИМЕНУ	154
8.1.	Увод	154
8.2.	Примена динамичног осветљења	155
8.3.	Примери примене динамичног осветљења (спектакла)	155
8.4.	Дефинисање карактеристика простора у којима би могло да се примени динамично осветљење (до нивоа спектакла)	178
8.5.	Примери простора у Београду у којима би могло да се примени динамично осветљење (до нивоа спектакла)	179
9.	СВЕТЛОСНО ЗАГАЂЕЊЕ	186
9.1.	Увод	186
9.2.	Облици светлосног загађења	187
9.3.	Утицај светлосног загађења на животињски свет	189
9.4.	Утицај светлосног загађења на астрономска посматрања	189
9.5.	Препоруке за смањење светлосног загађења	190
10.	ОСВЕТЉЕЊЕ РЕКЛАМНИХ ПАНЕЛА И БИЛБОРДА	196
11.	ФАЗНА РЕАЛИЗАЦИЈА МАСТЕРПЛАНА ОСВЕТЉЕЊА	201
12.	ОДРЖАВАЊЕ ЈАВНОГ ОСВЕТЉЕЊА	203
13.	ЕНЕРГЕТСКИ АСПЕКТ ЈАВНОГ ОСВЕТЉЕЊА	209
14.	УРЕЂАЈИ И СИСТЕМИ ЗА РЕГУЛАЦИЈУ СВЕТЛОСТИ У ЈАВНОМ ОСВЕТЉЕЊУ	216
14.1.	Увод	216
14.2.	Употреба двостепених баласта у уличном осветљењу	216
14.3.	Употреба уређаја за централну регулацију светлосног флуksа у уличном осветљењу	220
14.4.	Системи за појединачну континуалну регулацију светлосног флуksа и мониторинг у уличном осветљењу	231
14.5.	Економско поређење уређаја и система за регулацију светлосног флуksа у јавном осветљењу	248

15.	ЕКОНОМСКИ АСПЕКТ ЈАВНОГ ОСВЕТЉЕЊА	251
16.	СПОЉНО ОСВЕТЉЕЊЕ ОБЈЕКАТА У ПРИВАТНОМ ВЛАСНИШТВУ	260
17.	ДЕЛАТНОСТИ ГРАДСКЕ КОМИСИЈЕ ЗА ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ	263
18.	УМЕСТО ЗАКЉУЧКА (ИЛИ: ШТА СВЕ ТРЕБА ДА ОБУХВАТИ МАСТЕРПЛАН ОСВЕТЉЕЊА)	266
19.	ПРИЛОЗИ	268
19.1.	Мастерплан функционалног осветљења Обреновца	268
19.2.	Архитектонско осветљење значајних објеката у Обреновцу	290
19.3.	Архитектонско осветљење значајних објеката у Јужном Витлејему, САД	298

1. УВОД

1.1. Шта је мастерплан?

Термин *мастерплан* се користи за документ који садржи стратегију развоја или физичке обнове и ревитализације одређеног простора. Мастерпланом се анализирају многобројни фактори који се не односе само на физички аспект планирања, већ и на социјални и економски. Овакав документ је неопходан када се планирају значајне измене у већем градском простору.

Мастерпланови треба да допринесу физичком обликовању простора, локалној економији и социјалној динамици. Захваљујући њима локалне заједнице плански развијају своје окружење. Успешан мастерплан треба да постави основе за креативно пројектовање стамбеног, радног или рекреативног простора. Величине простора које обухватају мастерпланови могу да буду веома различите. Неки мастерпланови се фокусирају на појединачне урбане целине, као што су улице или блокови, док се други односе на веће просторе, насеља или целе градове. Најчешће их израђују локалне градске управе или државне институције. Мастерпланови могу да се раде за оживљавање одређених урбаних зона или за развој урбане инфраструктуре.

Процес израде мастерплана најчешће садржи три основне фазе:

- припрему,
- пројектовање, и
- имплементацију.

Уз помоћ успешних мастерпланова извршене су квалитетне трансформације урбаних простора у градовима широм света, као што су: Лион, Сингапур, Ванкувер и Мелбурн. У Аустралији је мастерплан део редовне легалне процедуре планирања, који локалној самоуправи даје флексибилан алат за стварање нових заједница и амбијената.

Последњих деценија поједине градске управе израђују мастерпланове осветљења који значајно доприносе квалитету ноћног урбаног амбијента. Њихова израда се свакако препоручује приликом израде урбанистичке планске документације. О могућностима које нуди плански замишљено јавно осветљење довољно говори пример града Jyväskylä у Финској, чија је управа од малог и незанимљивог места са само 130.000 становника направила „град светлости” и тиме обезбедила приходе од туризма који значајно учествују у буџету града.

1.2. Циљеви мастерплана осветљења

Планирање ноћне презентације урбаног простора подразумева свеобухватан концепт, који има за циљ квалитативни допринос свим аспектима урбаног живота. Првенствени циљ представљају добра оријентација, безбедност и

сигурност учесника у саобраћају (безбедност је резултат примене низа објективних мера, док сигурност представља психолошки осећај безбедности и посебно је значајна за пешаке; прегледно и јасно окружење у спољном простору, коме значајно доприноси квалитетно осветљење, омогућава удобност и осећај сигурности, односно осећај да постоји довољно времена да се избегну потенцијалне претње). Мастерплан треба да омогући и формирање јасних и пријатних импресија о визуелним целинама (које могу да се разликују од дневних импресија о њима), јер оне остају у меморији и задржавају становнике и посетиоце, чиме се утиче на стварање успешне ноћне економије. У том циљу, препоручују се и светлосна изненађења, односно креирање светлосних инсталација различите намене, као и светлосно-звучног спектакла. На крају, мастерплан треба да обезбеди економски оправдана инвестициона и остала улагања, ефикасно коришћење енергије, као и максималну редукцију светлосног загађења и употребе супстанци штетних по животну средину. Мастерплан осветљења треба да представља и неопходан водич за појединачне пројекте који ће се реализовати у будућности.

Приликом израде пројекта архитектонског осветљења неког објекта, пројектанти ретко воде рачуна о вредносној хијерархији која постоји између њега и осталих објеката у ближем и даљем окружењу. Честа последица оваквог приступа је да комбинација таквих светлосних реализација представља хаотичну визуелну сцену која је далеко од привлачне. Такође смо сведоци „светлосних ратова“, који обично почну тако што фасаду неке зграде, а у жељи да је истакне у односу на суседне, власник непотребно интензивно осветли. Понекад је одговор комшије још интензивније осветљење фасаде његовог објекта. У оваквом рату, у коме број учесника и дужина трајања нису ограничени, сви губе, укључујући и посетиоце. Независно од наведеног, треба увек имати на уму да сјајније није увек боље. Превише светлости умањује драматичан ефекат и доприноси светлосном загађењу и расипању енергије.

Иако мастерплан осветљења пре свега треба да буде фокусиран на јавне објекте, он треба да третира и све историјски, архитектонски или урбанистички значајне објекте који припадају приватном сектору.

Идентитет је појам који потиче из латинског језика и значи јединствен, особен карактер неког ентитета, изражен кроз карактеристике и квалитете помоћу којих се он разликује од других сродних ентитета и тако постаје препознатљив. Хијерархија је појам који потиче из грчког језика и означава систем за рангирање елемената у коме је сваки елемент (изузев оног на врху) подређен неком елементу (референца 3). Квалитетан мастерплан осветљења може да се изради само ако се води рачуна о идентитету града (неког његовог дела), али и о хијерархији урбаних елемената у њему.

Постоје покушаји да се у оквиру мастерплана осветљења град третира на јединствен начин. Тако су у референци 4 представљене следеће могућности за третирање урбаног простора са аспекта осветљења:

- град као кулисе,

- град као музеј, и
- град као пројекционо платно.

У оквиру приступа „град као кулисе” град се посматра као физички променљива урбана структура чије осветљење треба да изрази савремене трендове и естетику тренутка. Као пример се наводи Токио, у коме су крајем XX века обављене значајне реконструкције, без икакве повезаности са претходним урбаним структурама и традицијом.

Приступ „град као музеј” је дијаметрално супротан претходном, јер је заснован на становишту да осветљењем треба да се истакну историја и континуитет развоја града. Примере представљају бројни европски градови који се доживљавају као трајни музеји објеката и простора. Овакво схватање представља природну последицу огромног архитектонског наслеђа. Наведени приступ неминовно доводи до нејединственог третирања ноћног изгледа старих и нових урбаних елемената и целина.

Приступ „град као пројекционо платно” заснива се на схватању да урбане елементе треба третирати као позадину за светлосне креације у којима доминирају боје и контрасти. При томе, сматра се да боје треба доживљавати не само као особине површина, него и као њихове физичке компоненте.

Наш став је да ниједан од наведених појединачних приступа не треба да буде примењен као једини. Водећи рачуна о идентитету и јединственом имиџу града (и његових делова), могућа је комбинација сва три приступа, а у зависности од урбаних специфичности. Савремени објекти релативно кратког трајања могу да буду третирани као кулисе за примену савремених технологија осветљења и естетских трендова, док на историјске објекте (градске целине) треба применити музејски приступ, који промовише особености локалне историје и културе и представља реакцију на процес глобализације (ипак, треба нагласити да архитектонско осветљење објекта зависи и од тога како пројектант осветљења субјективно доживљава објекат). Објекти са неутралним површинама и без посебних архитектонских вредности лако могу да се искористе за примену принципа „град као пројекционо платно”. Међутим, најновије технологије омогућавају да се и архитектонски богате фасаде искористе у наведену сврху (видети поглавље 8.3.7).

У урбаним центрима широм света, уз комерцијалну добит, све више се води рачуна и о квалитету живота који се нуди грађанима. Важно је да сви естетски и технички параметри који утичу на ноћно осветљење града буду правилно вредновани.

Циљ овог документа је разрада основних принципа мастерплана осветљења са естетског и техничког гледишта. Он треба да се користи и када се пројектује ново и када се реконструише осветљење урбаног простора.

1.3. Урбано осветљење

Урбано осветљење, које треба да обезбеди да важне улице, чворишта и видни репери остану препознатљиви и током ноћи, може да се подели на:

- функционално осветљење, и
- архитектонско (декоративно) осветљење.

Осветљење код кога су најзначајнији технички и фотометријски параметри, а од кога се очекује да задовољи потребе оријентације, безбедности и сигурности учесника у саобраћају, потребе рекреативних спортских активности, као и потребе трговине и угоститељства који се одвијају у градским улицама, представља функционално осветљење. Ипак, оно треба да буде у складу са окружењем како би допринело вредности амбијента. Функционално осветљење свакако обухвата осветљење:

- улица за моторни, мешовити и пешачки саобраћај,
- комерцијалних зона,
- спортских терена, и
- рекламних паноа.

Посебан вид функционалног осветљења представља амбијентално осветљење, које укључује осветљење тргова, пешачких зона и пејзажне архитектуре (и то како природних структура (брда, речних обала,...), тако и уређених зелених зона, као што су паркови, баште и дрвореди).

Осветљење урбаних елемената који поседују функционалне, историјске, архитектонске или естетске вредности представља архитектонско осветљење, у које спадају:

- осветљење историјских објеката, као што су дворови, палате, конаци, цркве, манастирски комплекси, итд.,
- осветљење савремених и осталих архитектонски значајних објеката, као што су комерцијални, пословни, индустријски и образовни, затим објекти културе, итд.,
- осветљење грађевинских конструкција, као што су мостови, куле, фабрички димњаци, итд.,
- осветљење уметничких дела, као што су споменици, скулптуре, статуе, фонтане, павиљони, итд., и
- осветљење простора забаве или спектакла, као што су фестивалско осветљење или светлосни (и звучни) шоу програми који привлаче посматраче.

Иако се очекује да се одређени циљеви мастерплана, као што су лака оријентација у простору, безбедност и сигурност, првенствено реализују кроз улично, а естетске вредности кроз архитектонско осветљење, треба увек имати на уму да важи и обрнуто. Утисак о урбаном амбијенту увек је резултат заједничког доприноса функционалног и архитектонског осветљења. Тако је, с обзиром на масовну заступљеност у урбаном простору, улично осветљење значајан фактор естетске вредности

амбијента, због чега стратегија осветљења градских улица треба да буде део шире стратегије оживљавања града. Исто тако, оријентација у простору, безбедност и сигурност не би могли да се постигну само уличним осветљењем, јер је битан и допринос осветљених објеката, као и амбијенталног осветљења.

Мастерплан осветљења доприноси:

- наглашавању структуре и идентитета одређеног насеља и побољшању његовог изгледа,
- привлачности урбаног окружења за грађане, посетиоце и инвеститоре, и
- забави и рекреацији после заласка сунца, уз побољшање квалитета живота у урбаном простору.

Допринос осветљења урбаном окружењу реализује се кроз (референца 11):

- субјективни осећај сигурности и заштићености, који доприноси ведрој атмосфери и животу у граду (јер смањује страх од криминала и вандализма),
- истицање градских репера и важних саобраћајница, које побољшава безбедност и оријентацију у граду,
- наглашавање идентитета града или његовог одређеног дела, како би се потенцирали одређени квалитети урбаног простора (природне структуре, архитектонско наслеђе или колорит),
- ефектне, узбудљиве или префињене светлосне креације које имају за циљ да привуку туристе или пословни свет (осветљење које ствара имиџ), јер се ради о успешном медијуму за промоцију и рекламирање,
- откривање лепоте ноћног амбијента и стварање ефеката који су најчешће различити од дневних доживљаја,
- креирање светлосних инсталација и/или спектакла, који привлаче туристе или истичу културни живот града,
- мотивисаност власника да боље одржавају и чешће чисте фасаде осветљених објеката,
- стварање пријатног амбијента који утиче на грађане, јер генерише осећај добродошлице, тоpline, интимности, итд., и
- креирање атмосфере која поспешује социјализацију и људске интеракције.

Циљ мастерплана је да укаже на приоритете у урбаном осветљењу и у том смислу је користан за пројектанте, иако не нуди детаљна решења. Она спадају у делокруг конкретних пројеката осветљења. У оквиру изложених принципа и препорука истиче се неколико иницијатива:

- ограничен број типова квалитетних уличних светиљки које се примењују у граду, да би се изразило јединство простора, истакла хијерархија улица и осталих пешачких комуникација, као и олакшало одржавање,
- истицање значаја примене извора беле светлости веома добре репродукције боја (пре свега, метал-халогених извора), који доприносе не само визуелном комфору, него и безбедности и осећају сигурности,

- примена светиљки адекватних фотометријских карактеристика које сијање неба, расипање светлости и бљештање своде на минимум,
- примена стубова који поред техничких задовољавају амбијенталне и естетске захтеве простора у коме се налазе, а својом локацијом најмање ометају изглед амбијента, и
- енергетски аспект комплетне инсталације јавног осветљења и заштита животне средине (за сваки произведени kWh електричне енергије, термоелектрана емитује у атмосферу око 0.5 kg угљен-диоксида).

Понављамо да мастерплан осветљења треба да обезбеди да простори који су дању привлачни остану безбедни, удобни и интересантни и током ноћи, да се енергија одговорно користи и да се светлосно загађење сведе на минимум. Пошто су наведени захтеви најчешће противречни, приоритети конкретне локације одређују меру до које се они уважавају да би се добио оптималан резултат.

Све напред наведено се односи и на јавни и на приватни сектор, који морају бити усклађени у циљу што боље презентације имиџа града. Наглашавамо да при избору урбаних елемената које треба истаћи осветљењем не сме да се води рачуна о приватном интересу, него их треба искључиво бирати у зависности од њиховог доприноса ноћном изгледу града или неког његовог дела.

На крају треба имати у виду да мастерпланови осветљења морају периодично да се ревидују (на пример, сваких 5 година). Иако се градови физички релативно споро мењају, извори светлости, светиљке и регулатива у овој области доживљавају много брже промене, што утиче на потребу за кориговањем стратешких планова.

Да би мастерплан остварио своју функцију, неопходно је да се на нивоу града формира стручна комисија за његову реализацију, са јасно дефинисаним задужењима и овлашћењима.

1.4. Циљне групе

Циљне групе које представљају потенцијалне кориснике мастерплана осветљења су:

Владине организације (релевантна министарства), које су одговорне за:

- урбанизам,
- грађевинарство,
- саобраћај,
- енергетику,
- културу,
- туризам, и
- заштиту животне средине;

Локална самоуправа:

- градска управа, и
- општинска управа;

Власници објеката:

- државне институције, и
- приватни сектор;

Пројектанти осветљења;

Произвођачи:

- произвођачи сијалица, светиљки, стубова и друге опреме за осветљење, и
- произвођачи реклама;

Професионална удружења:

- друштво за осветљење,
- друштво архитеката,
- друштво урбаниста, и
- инжењерска комора.

Крајњи корисници реализованог мастерплана су:

- грађани,
- посетиоци,
- социјалне и културне институције,
- власници радњи,
- компаније,
- градска управа и локална самоуправа.

Референце

- [1] L. Fellin, P. Fiorentin, E. Tognon, M. Vio and A. Vivona, "Guidelines for a master plan for urban lighting in Venezia", Proceedings of Lux Europa 2009, Vol. 2, pp. 1099-1106, Istanbul, 2009.
- [2] Brinjac Engineering, "Highlighting South Bethlehem – an architectural lighting plan", 2002
- [3] S. Horn, "Identity of urbanity – urban identification", Proceedings of Urban nightscape 2006, pp.112-114, Athens, 2006.
- [4] Z. Razis, "An aesthetic and sociocultural approach to urban lighting", Proceedings of Urban nightscape 2006, pp. 116-119, Athens, 2006.
- [5] K. J. Zoh, "Urban lighting master plan: from Seoul city to new multi – functional administrative city", Proceedings of Urban nightscape 2006, pp. 132-134, Athens, 2006.
- [6] G. Miknevičienė, "Master plan for Vilnius historic centre lighting (concept and proposals for regulations)", Proceedings of Urban nightscape 2006, pp. 152-155, Athens, 2006.
- [7] www.jyvaskyla.fi/cityoflight, "Jyväskylä – the city of light", 2009.
- [8] S. Lettner, "Illumination master plan for Vienna", 2008.
- [9] City of Melbourne, "Lighting strategy", 2002.
- [10] IESNA, "Lighting handbook – reference and application" (9th edition), New York, 2000.
- [11] CIE Division 5, TC 5.21, "A guide to masterplanning urban lighting" (draft report – 7a.1), July 2007.

2. ИЗДВАЈАЊЕ РЕПЕРА И ЗОНИРАЊЕ ЗА ПОТРЕБЕ ИЗРАДЕ МАСТЕРПЛАНА ОСВЕТЉЕЊА

2.1. Градски репери, силуете и панорамске визуре

Простор града је, пре свега, одређен географским положајем и топографијом. Рељеф са својим узвишењима, долинама и воденим површинама (најчешће речним током), увек је утицао на развој урбаних структура. Разноликост урбане структуре нуди различиту перцепцију града у свакој визури, као и у панорамском сагледавању.

Доживљај града почиње од првог погледа. Ако се град налази на брдовитом терену, први поглед обухвата већи део урбаног простора (понекад и цео град) из удаљене визуре. Објекти који се истичу у панорамском сагледавању представљају градске репере. То могу бити високе зграде, споменици, симболи (знакови), елементи пејзажне архитектуре, брда, итд. При заласку сунца, из удаљених визура град постаје тамнији, боје прелазе у сиве тонове који се изједначавају у тамној нијанси, да би јединствена урбана структура постала јединствена силуета на којој могу да се препознају значајни репери. Визуелни утисак који пружа силуета остаје у сећању. На сликама 2.1 и 2.2 приказане су препознатљиве силуете Истанбула и Лондона.

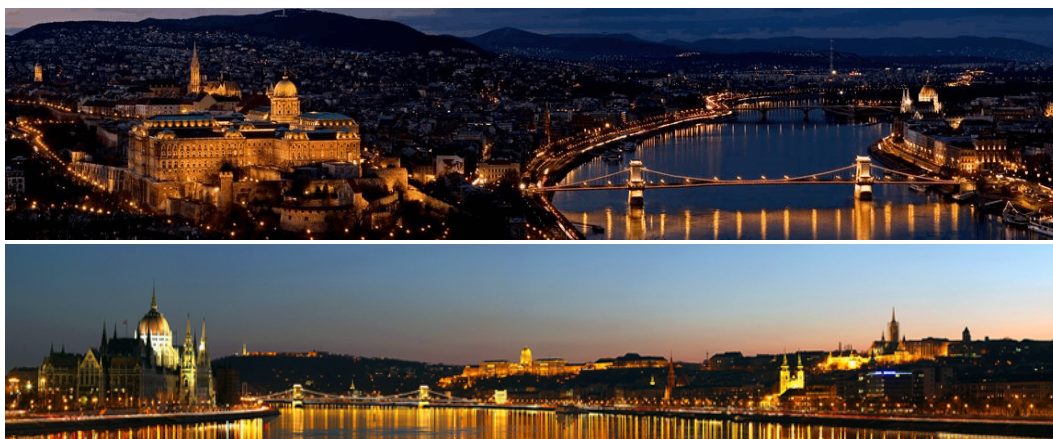


Слика 2.1 Силуета старог дела Истанбула (поглед са Босфора)



Слика 2.2 Силуета Лондона (поглед са Темзе)

Током ноћи, адекватним осветљењем градски репери треба да се учине препознатљивим, живим и привлачним. Ноћни утисак је важан за идентитет града. Из даљине, панорамска визура треба да наговести атмосферу и амбијент који дочекују посетиоце. Објекти који су истакнути у односу на своје окружење могу бити сагледиви у неколико панорамских визура. Са променом правца посматрања, исти објекти се сагледавају у различитом урбаном контексту, због чега се мења и њихов значај у оквиру различитих визура (слика 2.3).



Слика 2.3 Две визуре Будимпеште

Репери у дневним условима доприносе оријентацији у простору, а та њихова функција је још значајнија ноћу. Издвајање репера значи избор урбаних елемената који ће, осветљени, најбоље представити град визуелно и амбијентално. У анализи града важно је издвојити објекте који су значајни за његов идентитет. Уколико град садржи урбани елемент који представља његов симбол, као што су Ајфелова кула, криви торањ у Пизи или Кип слободе, свакако да пуно пажње треба посветити осветљењу тог елемента. Уколико нема таквог елемента, осветљењем може да се креира интересантан имиџ физички значајног елемента (најбоље високог), тако да он постане атрактиван и препознатљив. Постоје и репери изван града који

својом формом и позицијом омогућавају лаку оријентацију у простору, због чега их треба осветлити. У такве репере спадају усамљене куле, торњеви или брда.

На почетку процеса пројектовања осветљења градских репера важно је одредити и анализирати све панорамске визуре из којих се ти репери сагледавају. Ако постоје делови објекта који се не могу сагледати или су визуре малог значаја, онда се ти делови не морају осветљавати или се могу осветлити мање интензивно, што ће допринети и уштеди енергије. Централни објекат на слици 2.4 има различито осветљене фасаде. Фасада која је паралелна са реком интензивно је осветљена, док је бочна фасада, која је архитектонски мање вредна, само назначена осветљењем. Иако се, као што је напред речено, различито третирање фасада објекта понекад препоручује, у наведеном примеру то није адекватно учињено, јер је бочна фасада такође сагледива са реке. Постигнути ефекат збуњује посматраче и ствара осећај да те две фасаде не припадају истом објекту. Овакав ефекат је адекватно применити само онда када се две различито третиране фасаде сагледавају у оквиру различитих визура.

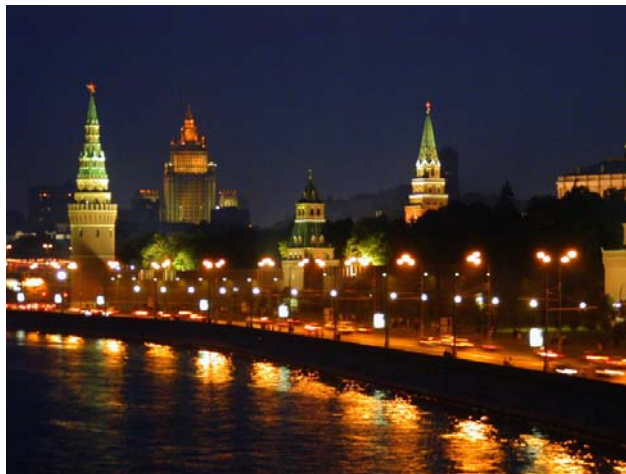


Слика 2.4 Панорама Ливерпула

Када се издвоје значајни репери на нивоу града за који се израђује мастерплан осветљења, потребно је одлучити у ком стилу ће они бити осветљени. Стил у коме се неки објекат осветљава треба да буде у складу са његовом архитектуром, као и са архитектуром окружења. Тако осветљење може тематски бити у историјском стилу, модерно, активно (променљиво, динамично) или пригушено.

Уколико град садржи бројне високе урбане елементе (зграде, торњеве, димњаке), а поготово ако су они густо распоређени, не треба их све осветљавати. Добро је изабрати и адекватно осветлити оне објекте који ће у довољној мери олакшати оријентацију и визуре учинити привлачним. Интересантан је пример Москве у којој је одлучено да се осветљењем

црквених звоника, купола, торњева и кула ноћу истакне карактеристична и препознатљива историјска панорама града, док су савремени кутијасти објекти остали неосветљени (слика 2.5).



Слика 2.5 Ноћни изглед једног дела Москве

Осветљавањем на исти или сличан начин великог броја објеката лоцираних на релативно малом простору изазива се монотонија и не постиже изражајност. Уз то, оријентација постаје отежана. На слици 2.6 приказана је панорама Хонг Конга која показује да је велики део града осветљен на исти начин (леви део слике). У том делу града не постоје репери, нити хијерархија осветљених објеката. Фокуси би допринели панорамском изразу и олакшали оријентацију.



Слика 2.6 Панорама Хонг Конга

Репери не морају да буду јавни објекти. Сваки објекат треба да се третира према својој вредности и значају, независно од тога да ли је јавни или приватни. Ипак, треба водити рачуна о томе да се истицањем објекта осветљењем не промовише приватни интерес, већ да то представља значајан допринос презентацији града.

Да би постао градски репер, урбани елемент треба да испуњава један или више следећих услова:

- да се налази на локацији која обезбеђује сагледивост у оквиру значајних градских визура,
- да има изузетну архитектонску, историјску или симболичку вредност,
- да представља седиште важне јавне институције, и
- да је изузетно великих димензија или јединствене форме.

Захтеви за рационалним коришћењем енергије и минималним светлосним загађењем намећу потребу за искључивањем архитектонског осветљења у касним ноћним сатима (у градовима Европе и Аустралије уобичајено после 01^h, а у градовима САД после поноћи). Међутим, осветљење кључних градских репера треба да буде укључено целе ноћи, јер треба да обезбеди основну оријентацију у граду, који, уз то, треба увек да буде препознатљив, чак и за малобројне посетиоце.

Понеки од објеката који представљају градске репере могу да се осветле тако да се осветљење њихових одређених делова укључује у одређеном временском интервалу или интермитентно, чија је карактеристика смењивање интервала рада и паузе одређеног трајања.

Високи објекти превазилазе контекст свог непосредног окружења и учествују у панорами града, где је њихов профил јасно изражен у оквиру градских визура. Превише интензивно осветљење врхова таквих објеката је непотребно и углавном демонстрира неодговорност при коришћењу енергије.

Мостови најчешће представљају градске репере и увек могу да се истакну осветљењем, јер се ради о објектима код којих, због чињенице да премошћавају реку, водена површина представља позадину. Због тога мостови могу да буду третирани као скулптуре у простору (слике 2.7 и 2.8). Код израде мастерплана осветљења који укључује мостове, треба имати у виду да перцепција мостова у низу треба да остави утисак хармоније.



Слика 2.7 Мост у Глазгову, као скулптура у простору



Слика 2.8 Мост у Малезији, као скулптура у простору

Градске капије представљају места одакле посетиоци имају први визуелни контакт са градом. С обзиром на то да иницијалне визуре обезбеђују утиске који остају у памћењу, важно је у оквиру мастерплана осветљења сагледати оваква места. Ако се у град улази приступним путевима, у зависности од конфигурације терена могу бити значајни панорамска визура, силуета или градски репери (уколико је већи део урбаног простора сагледив) или локални репери (ако се ради о равном терену и нема могућности за шире сагледавање града). Насупрот томе, путници који стижу железницом улазе у град са железничке станице, изнутра. Због тога тргови око железничких станица представљају важна чворишта и треба да буду атрактивно осветљени у знак поздрава гостима.

2.2. Смернице за поделу града на целине (дефинисање граница)

Величина простора који обухвата мастерплан осветљења може да буде веома различита. Ако се ради о простору велике површине, он може да се подели на мање целине, с обзиром на то да сигурно садржи зоне које се разликују по архитектури, функцији, густини пешачког саобраћаја, итд. У оквиру мастерплана осветљења који обухвата малу површину (неколико градских блокова) мора да се анализира однос између простора и објеката које обухвата мастерплан, и ширег градског окружења.

Најчешће се, у оквиру града, могу издвојити три нивоа зонирања. Први је макро зонирање, које подразумева цео град или његов велики део. У оквиру мастерплана којим се реализује макро зонирање дефинишу се полазне поставке за концепт осветљења града и општи циљеви. У овом кораку важно је сагледавање града као целине, односно издвајање најзначајнијих градских репера који се истичу у панорамској визури и силуети града. У овој фази се доносе стратешке одлуке о томе која боја светлости ће се

примењивати на главним градским улицама (на слици 2.9 дат је пример који се односи на град Хановер). Такве одлуке нису неопходне за осветљење пешачких улица, тргова, комерцијалних зона, паркова и елемената пејзажне архитектуре, јер се они осветљавају светлошћу беле боје и одличне репродукције боја.



Слика 2.9 Графички приказ боје светлости у улицама Хановера
(извод из мастерплана)

Следећа подела је на зоне другог нивоа, за које се такође израђују мастерпланови. У оквиру ње се издвајају градски центар, стамбена насеља, индустријске зоне и друге функционалне целине и дефинише хијерархија урбаних елемената и основа за концепцију њиховог осветљења. Трећи ниво је микро зонирање, односно издвајање најмањих просторних целина. У оквиру микро зонирања дефинишу се решења за функционално осветљење и одређују значајни објекти и основна концепција или идејна решења за њихово архитектонско осветљење. У мањим градовима други ниво зонирања често представља микро зонирање.

Одређивање граница између различитих зона мастерплана треба урадити тако да прелази из једне зоне у другу не буду нагли и непријатни. Границе могу бити природни елементи (водене површине, брда, шуме, стене, итд.) или изграђени урбани елементи (улице, градски зидови, итд.).

Постоје три основна критеријума за одређивање граница зона у оквиру мастерплана осветљења града. То су:

- конфигурација терена,
- архитектура, и
- функција.

На структуру и развој градова пре свега утичу топографија и природни услови. Тако се разликују градови на каналима, као што су Венеција и Амстердам, градови на рекама, као што су Београд и Будимпешта, градови на морским обалама, као што су Истанбул и Сиднеј, итд. Природни услови су важни за креирање градског идентитета, јер утичу на сагледивост, визуре, уличну матрицу, панорамски утисак и силуете. За поделу града на зоне које треба третирати у оквиру посебних мастерпланова осветљења, границе створене природним условима најчешће могу да се примене. Ипак, овај став не треба схватити буквално. Велика водена површина у градском простору, као што је широко речно корито, углавном представља границу између различитих делова града, а то није случај са ужим речним коритом или каналима у граду, дуж којих је квалитет урбаног простора сличан или исти са обе стране. У другом случају река или канал представљају осовину која са урбаном структуром на обе обале чини целину. Ипак, ако је квалитет урбане структуре на обалама различит (архитектонски, стилски, волуметријски или урбанистички), очекује се различит приступ њиховом осветљењу. Тада река уског корита или градски канал могу да представљају границу између различитих зона.

Разлике у конфигурацији терена (на пример, брдо опкољено релативно равним тереном) намећу разлике између урбаног контекста на терену у паду и урбане структуре на равном терену. Границу између различитих урбаних зона у оваквом случају представљаће улице или велике водене или зелене површине.

Други критеријум значајан за одвајање зона, а врло изражен код европских градова, је разлика у архитектури. Европски градови углавном садрже стара градска језгра у којима доминира архитектура прошлости, као и новије делове града у којима преовлађује или је искључиво заступљена савремена архитектура. У оваквим случајевима, мастерпланови осветљења могу посебно да се раде за сваки део града, јер су њихове карактеристике и израз потпуно различити.

У градовима који обилују архитектуром прошлости потребно је да објекти који се истичу немају у непосредном окружењу урбане елементе који ће својим осветљењем да им конкуришу јаким интензитетом светлости, светлошћу у боји или динамичним осветљењем.

После одвајања зона које намеће конфигурација терена или архитектура, треба анализирати функционалну организацију простора, у оквиру које се најчешће могу издвојити следеће зоне: историјски део града, зона културе и забаве, комерцијално-пословна зона, стамбена зона, зелене оазе, индустријска зона, итд. Свака од ових зона захтева различит третман по питању осветљења и у оквиру мастерплана могу се одвојено решавати, уз истицање њихових специфичности. При томе треба водити рачуна да прелаз из једне у другу зону буде пријатан и да улице које пролазе кроз више од једне зоне буду осветљене на јединствен начин дуж целог свог тока (подразумева се да је њихов попречни профил исти дуж целог тока).

Улице представљају комуникационе коридоре који, осим функционалних, треба да обезбеде и амбијентални квалитет. Оне представљају линије кретања са којих свакодневно велики број људи доживљава град и на којима се налазе чворишта која представљају капије или улазно подручје за сваки правац. Простор улице свакако обухвата и фасаде објеката који се налазе са обе њене стране. С обзиром на то да улица са бочним фасадама представља амбијенталну целину, зона треба да обухвати целу граничну улицу и фасаде са обе њене стране. На слици 2.10 приказано је осветљење уске пешачке улице у градићу Албуфеира, у Португалији, реализовано помоћу светиљки лоцираних на зидовима дуж улице. На тај начин су довољно назначени и сами објекти, чиме је постигнута пријатна и интимна атмосфера у целом амбијенту.



Слика 2.10 Пример амбијенталног осветљења пешачке улице

Иако разлике у величини објеката, архитектури и уличном растеру на месту где се сударају две функционално различите зоне могу дању да буду шармантне, ноћу могу да збуне пролазнике. Осветљење треба да ублажи те разлике.

2.3. Критеријуми за избор и одређивање хијерархије репера

Репери могу бити градског значаја ако представљају опште познате објекте у граду или ако су доминантни у градској панорами. Прометни тргови и важне улице такође могу бити значајни градски репери, независно од тога да ли учествују у градској панорами. Слика 2.11 јасно показује да главне улице у центру Париза представљају градске репере у ноћним условима, што је постигнуто њиховим интензивним осветљењем. Постоје и локални репери (сагледиви у оквиру ужег дела урбаног простора), који су значајни за одређени део града или одређени правац кретања. Поред историјски или архитектонски вредних зграда, споменика, фонтана и паркова, репере на локалном нивоу могу да представљају и одређене радње, капије или други урбани детаљи који привлаче поглед посматрача. Сваки део града има своје репере, иако је понекад њихов значај познат само локалном становништву.



Слика 2.11 Интензивно осветљене главне улице у Паризу у функцији градских репера

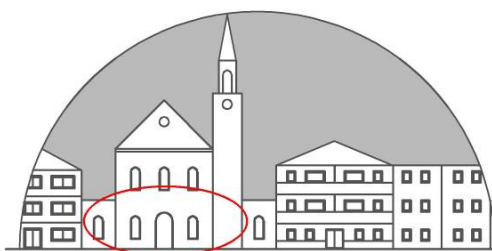
Растојања са којих се репери сагледавају важна су за избор концепта њиховог осветљења. Ако се објекат сагледава са већег растојања, на њему нису уочљиви детаљи, већ форма, тако да се велике разлике у сјајности на таквом објекту доживљавају као јаки контрасти који деградирају форму. Код објеката који су једино видљиви са мањих растојања сагледавају се и детаљи, због чега има смисла њихово наглашавање. На сликама 2.12-2.15 приказане су разлике у сагледавању објекта и његовог окружења у зависности од удаљености посматрача.



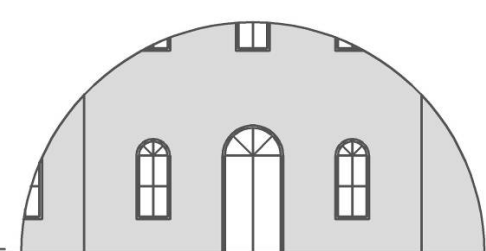
Слика 2.12 Сагледавање из даљине



Слика 2.13 Сагледавање са средње удаљености



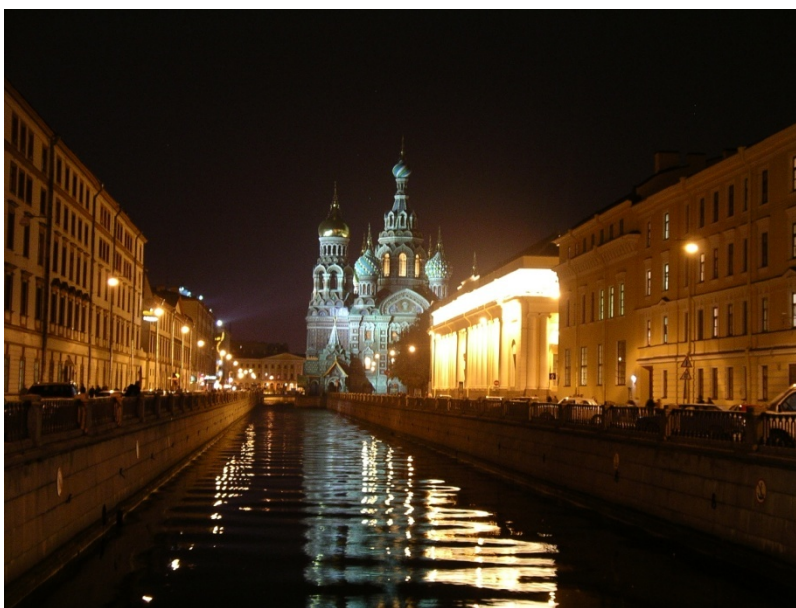
Слика 2.14 Сагледавање из близине



Слика 2.15 Сагледавање из непосредне близине

На слици 2.12 види се да велика удаљеност посматрача обезбеђује да се на објекту једино препозна форма, без детаља. Међутим, обезбеђује се да се објекат сагледава у оквиру ширег градског окружења (панорама или силуете града). Слика 2.13 приказује сагледавање са средње удаљености, одакле је објекат јаснији. У овом случају се сагледава ужа панорама или силуета, али су урбани контекст и непосредно окружење објекта видљиви и јасни. Блиско сагледавање, приказано на слици 2.14, обезбеђује видљивост целог објекта са свим детаљима. Објекат се сагледава у окружењу суседних објеката, а панорама или силуета немају посебан значај. Сагледавање из непосредне близине (слика 2.15) омогућава да се добро уоче сви видљиви детаљи и квалитет осветљене површине. Из ове визуре се не сагледава форма објекта, нити његова целина, а ни непосредно окружење нема значаја.

Осветљењем треба нагласити само оне елементе урбаног простора који имају већи значај и који остају у сећању. Интензивно осветљени објекти угрожавају префињено осветљење других објеката у њиховом непосредном окружењу и негативно утичу на доживљај амбијента као хармоничне целине. На слици 2.16 приказана је улична визија у Санкт Петербургу, на којој се јасно види неадекватно успостављена хијерархија осветљених објеката, јер је прелепа црква запостављена у односу на објекат који својим осветљењем непотребно доминира у посматраном простору. Интензитет осветљења овог објекта био би прејак чак и да се у његовој близини не налази тако важан репер који је сагледив у истој визири, јер његово осветљење угрожава и остале објекте у окружењу.



Слика 2.16 Пример лоше успостављене хијерархије осветљених објеката

На слици 2.17 приказана је панорама Дрездена на којој се уочавају објекти који су осветљењем издвојени у односу на окружење. Међутим, хијерархија осветљења је неадекватна. На то јасно указује чињеница да су две куле објекта који је осветљен зеленом бојом светлости остављене у мраку, док је прејакосветљен објекат на десној страни слике, који се каскадно спушта према реци. Свакако су куле као урбани елементи много значајније и интересантније за панораму града од објекта са косим кровом. Диференцијација у осветљењу је остварена и бојом, што представља један од начина који, уколико се адекватно примени, може да представља добро решење.



Слика 2.17 Пример лоше успостављене хијерархије осветљених репера

Мастерпланом треба свакако спречити појаву „светлосних ратова“, који настају када један власник објекта помисли да би било добро да свој објекат осветли интензивније од комшије, да би био примећен. Онда трећи власник удвостручи интензитет светлости на свом објекту, итд. У оваквом рату сви губе, укључујући и посетиоце на које град претендује да остави добар утисак.

Пажљива анализа треба да резултује издвајањем објеката који ће бити осветљени и оних који неће, или ће бити скромније осветљени. Треба сагледати са којих удаљења су видљиви објекти који се осветљавају и коју боју и интензитет светлости треба на њима применити.

Иако вештим осветљавањем може да се истакне и најбаналнији објекат, превише наглашених урбаних елемената разводњава вредност сваког појединачног елемента. Овакав утисак може да буде визуелно напоран, а уз то демонстрира неодговорно расипање енергије. Због тога највећи део урбане структуре треба да представља позадину за неколико стварно посебних објеката и простора. Треба истаћи оне урбане елементе који су препознатљиви у делу града за који се израђује мастерплан. Сваки део града треба да има своја обележја, која су локалног значаја.

Да би постао локални репер, урбани елемент треба да испуњава један или више следећих услова:

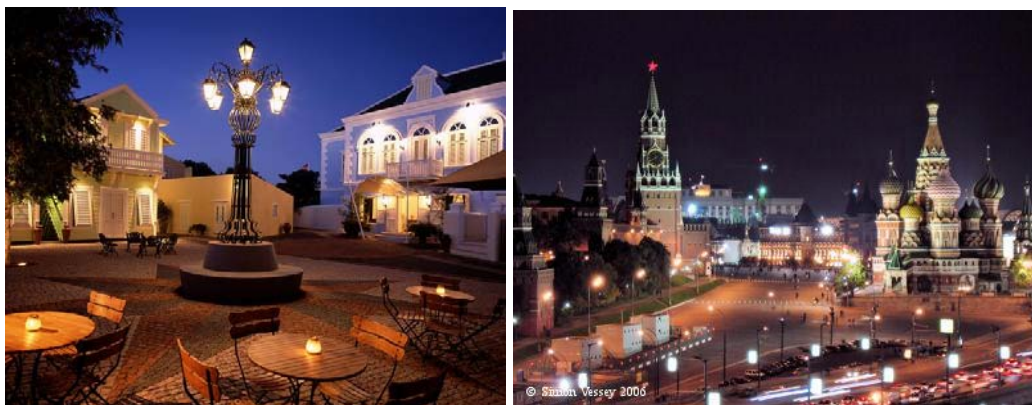
- да се налази на локацији која обезбеђује сагледивост у оквиру значајних локалних визура,
- да се налази на прометној локацији која је директно повезана са другим значајним елементима градске структуре,
- да има архитектонску, историјску или симболичку вредност,
- да представља седиште важне јавне институције,
- да привлачи велики број посетилаца,

- да га окружује простор у коме могу да се одрже скупови са великим бројем учесника, и
- да је великих димензија или јединствене форме, или да су на њему примењени материјали и детаљи изузетног квалитета.

Да би се издвојио као репер, објекат мора да буде лако уочљив. Зато треба обратити пажњу на то да ли је објекат повучен у односу на регулациону линију, да ли се ради о слободностојећем објекту на парцели, да ли се ради о објекту који се налази на углу важног уличног коридора или о објекту који је оријентисан према парку, башти или другој већој отвореној површини. У сваком од наведених случајева сагледивост објекта може да буде један од разлога за његово издвајање. Довољан простор испред или око објекта омогућава да се већи објекат удобно посматра. Слободностојећи објекти имају већи урбанистички значај од зграда у оквиру блоковске организације, због чега све њихове сагледиве фасаде треба осветлити. Могуће је да сагледивост свих фасада није иста, и у том случају ни осветљење не мора имати јединствену концепцију. Уколико је објекат сагледив са свих страна, осветљење само једне фасаде створило би ефекат осветљене равни, који би деградирало изглед објекта.

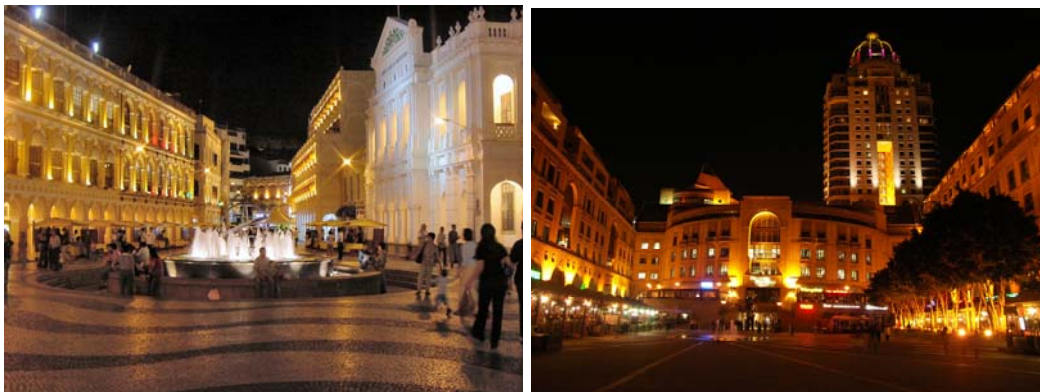
Репери најчешће нису равномерно распоређени. Уобичајено је да се у старом градском језгру налази више значајних објеката него у новим насељима. Такође, више репера може се очекивати у историјском делу града него у стамбеним насељима. Интензивно улично или амбијентално осветљење може значајно да умањи ефекат осветљених репера, због чега паркови и други слабије осветљени простори представљају боље окружење за осветљене репере.

На трговима, у парковима и другим већим отвореним просторима треба осветлити структуре и објекте који су сагледиви из главних приступних праваца или доминантних визура. На слици 2.18 приказана су два примера доброг осветљења трга, од којих је први мале, а други велике површине.



Слика 2.18 Примери добро осветљених тргова

На левој фотографији приказаној на слици 2.19 представљен је трг са објектима чијем је осветљењу посвећена велика пажња. Јасно се уочава предност примене беле у односу на жуту боју светлости. Десна фотографија приказује лоше осветљен трг, јер су неадекватна боја светлости, лоша расподела сјајности и прејаки контрасти деградирани изглед објеката.



Слика 2.19 Пример прихватљивог и неприхватљивог осветљења трга

На слици 2.20 приказана је анимација изузетно допадљивог и ефектног осветљења парка, које задовољава амбијенталне и функционалне захтеве обрађене у поглављу 4.2.



Слика 2.20 Пример ефектног осветљења парка

Лева фотографија на слици 2.21 приказује осветљење парка у коме су крошње дрвећа и водена површина добро приказани, и то како са аспекта интензитета светлости, тако и са аспекта боје. Нажалост, пешачке стазе и доњи делови стабала остали су у мраку. Десна слика приказује лоше

решење парковског осветљења, јер су искључиво примењени натријумови извори светлости и то углавном превеликог интензитета.



Слика 2.21 Пример прихватљивог и неприхватљивог осветљења парка

Наглашавамо да у одређеним просторима, као што су велики паркови, ботаничке баште или шуме, пројектант мора да буде рестриктиван по питању осветљења. Не треба осветљавати просторе у којима се људи ноћу не крећу, а поготово не просторе који представљају станиште за биљни и животињски свет. Требало би да министарство задужено за екологију одреди рестриктивне зоне.

Наглашавање значајних објеката осветљењем уз пригушено осветљење мање важних објеката доприноси истицању издвојених тачака од интереса. Осветљавањем групе сродних објеката и простора који их повезују, може да се створи утисак јединствене целине. Ако се, уз то, адекватно осветле улице и пејзажни елементи, даје се огроман допринос урбаној структури. Треба имати у виду да ако се одређени објекат или амбијент осветли превише интензивно, његово непосредно окружење, иако довољно добро осветљено, аутоматски постаје визуелно тамније.

Хармонији ноћног урбаног амбијента доприноси хијерархија успостављена између архитектонског осветљења истовремено сагледивих објеката. У њеном одређивању, поред представника локалне самоуправе, значајну улогу треба да имају представници Завода за заштиту споменика културе. Критеријуми које треба узети у обзир приликом одређивања хијерархије истовремено сагледивих објеката обухватају њихов историјски, урбанистички, архитектонски, културни, функционални и симболички значај, као и визуре из којих се сагледавају и могућност постизања престижног решења. Постоје покушаји (један од њих је представљен и у референци 8 – нацрту СІЕ препоруке која ће се бавити изработом мастерпланова осветљења) да се репери у граду квантитативно вреднују тако што се дефинишу параметри на основу којих се одређује значај објекта и сваком од њих

субјективно додељују бодови. Међутим, сабирањем бодова добија се број који не мора да буде у корелацији са значајем који објекат има у хијерархијској структури истовремено сагледивих објеката, због чега сматрамо да овакав приступ са бодовањем не треба примењивати.

Реке (а и друге веће водене површине) треба искористити за постизање интересантних и атрактивних ефеката који настају када се осветљени објекти или пејзажни елементи огледају у воденој површини (слика 2.22).



Слика 2.22 Пример ефектног огледања у води

Ако се уз речне обале налази простор који представља место јавних окупљања, ту се могу постављати привремене светлосне инсталације које симболишу разлог окупљања. Уз речне обале се најчешће налазе шеталишта, која имају посебно функционално осветљење. Оно треба да буде такво да се што мање осветљава водена површина и да стубови и светиљке не ометају погледе пролазника на реку и градску силуету.

Референце

- [1] L. Fellin, P. Fiorentin, E. Tognon, M. Vio and A. Vivona, "Guidelines for a master plan for urban lighting in Venezia", Proceedings of Lux Europa 2009, Vol. 2, pp. 1099-1106, Istanbul, 2009.
- [2] Brinjac Engineering, "Highlighting South Bethlehem – an architectural lighting plan", 2002.
- [3] N. Shchepetkov, "Lighting master plan", Proceedings of Urban nightscape 2006, pp.124-126, Athens, 2006.
- [4] R. Haolei, "Urban lighting master plans in China", Proceedings of Urban nightscape 2006, pp. 148-150, Athens, 2006.
- [5] S. Lettner, "Illumination master plan for Vienna", 2008.
- [6] City of Melbourne, "Lighting strategy", 2002.
- [7] IESNA, "Lighting handbook – reference and application" (9th edition), New York, 2000.
- [8] CIE Division 5, TC 5.21, "A guide to masterplanning urban lighting" (draft report – 7a.1), July 2007.
- [9] <http://www.hungary-travel.org/en/system/files/images/>
- [10] <http://sensuscommunissociety.com/assets/images/>
- [11] <http://www.nwpirates.com/MAR/Liverpool/>
- [12] <http://www.aboutalltravel.com/wp-content/uploads/>
- [13] <http://famouswonders.com/victoria-harbor-in-hong-kong/>
- [14] <http://www.edwud.com/category/night-photography/>
- [15] <http://www.ppj.gov.my/portal/page>
- [16] <http://samples.gmapify.fr/heatmap/>
- [17] <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/>
- [18] <http://www.vikingrivercruises.com/regions/europe/destinations/dresden/>
- [19] <http://www.go4lessvacations.com/static/properties/photos/>
- [20] <http://cache.virtualtourist.com/>
- [21] <http://www.nt-songpu.com/songpu/en/>
- [22] <http://www.illuminationslighting.com/>
- [23] <http://www.landscapeonline.com/research/>
- [24] [http://www.cities-in-brazil.com/brasilia/](http://www.cities-in-brazil.com/brasil/brasil/brasilia/)

3. АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋЕГ СТАЊА ЈАВНОГ ОСВЕТЉЕЊА

Мастерплан треба да садржи детаљну анализу постојећег стања инсталације осветљења улица и пешачких стаза, као и амбијенталног осветљења. Она је неопходна да би се донела одлука о потреби за интервенцијом и предложили њени могући облици. Пре свега је потребно прибавити информацију о старости изведене инсталације. Уколико је она старија од 25 година, треба предвидети потпуно нову инсталацију осветљења. У осталим случајевима треба извршити анализу која ће обухватити не само стање опреме за осветљење, него и адекватност типа извора светлости (пре свега у смислу боје светлости, способности репродукције боја, светлосне искористивости и животног века), типа светиљке (пре свега са аспекта фотометријске карактеристике и степена механичке заштите) и материјала, облика и висине стуба. Анализа треба да обухвати и утицај дрвореда или другог растиња на осветљење улица и пешачких стаза.

Мерењем или фотометријским прорачунима треба установити постојеће нивое осветљености (сјајности). Напоменимо да се у бројним случајевима закључује да су нивои осветљености (сјајности) непотребно велики, што оставља простор за интервенције са значајним процентуалним уштедама електричне енергије. Финални резултат спроведене анализе треба да буде предлог интервенције: реконструкција или потпуно ново решење. Реконструкција углавном обухвата замену постојећих светиљки и извора светлости савременим и енергетски ефикасним светиљкама и изворима, уз задржавање постојећих стубова (које евентуално треба обојити) и постојеће електричне инсталације. Напомињемо да је на неким местима (најчешће у просторима у којима се окупљају људи или их карактерише већа густина пешачког саобраћаја) довољно само заменити изворе светлости (на пример, извршити просту замену натријумових метал-халогеним изворима са керамичким гориоником, која је могућа зато што извори оба типа користе исте предспојне справе). Други вид интервенције је предлог новог решења, које ни на који начин неће бити ограничено постојећом опремом (уз евентуалну могућност коришћења постојеће електричне инсталације). У појединим случајевима треба дати оба предлога и оставити инвеститору да донесе коначну одлуку.

Напомињемо да треба да се анализира и постојеће стање архитектонског осветљења градских објеката (зграда, мостова, споменика, фонтана,...). Квалитетна решења треба да се задрже, а она друга уклоне (скоро је немогуће извршити квалитетне корекције лоших решења).

Референце

- [1] R. P. Leslie, "A simple cost estimation technique for improving the appearance and security of outdoor lighting installations", *Building and Environment*, Vol. 33, pp. 79-95, 1998.
- [2] www.dorsetforyu.com, "Street lighting policy", 2003.
- [3] City of Melbourne, "Lighting strategy", 2002.
- [4] M. Kostic and L. Djokic, "Recommendations for energy efficient and visually acceptable street lighting", *Energy*, Vol. 34, pp. 1565-1572, 2009.

4. ФУНКЦИОНАЛНО ОСВЕТЉЕЊЕ

4.1. Комуникације

Улице (градске саобраћајнице), пешачке стазе, речни токови, канали и пруга представљају различите видове комуникација у граду. Пошто доминирају у урбаном простору, ово поглавље ће се првенствено бавити осветљењем улица и пешачких стаза. Најпре због обезбеђивања лаке оријентације, а затим и због изражавања идентитета и визуелне удобности, неопходно је да се хијерархија која постоји у значају комуникација подржи осветљењем. Такође је важно да се свака појединачна комуникација третира на исти начин целом својом дужином. Наравно, ако улица тангира трг или неки други значајнији елемент урбаног простора, онда осветљење улице на том месту треба да буде подређено осветљењу тог урбаног елемента. Код укрштања улица, препоручује се да осветљење улице вишег реда мало зађе у улицу нижег реда. Овако се задржава континуитет у улици вишег реда, а на улици нижег реда се јасно уочава место укрштања са значајнијим садржајем.

Разлике у значају саобраћајница првенствено су изражене помоћу разлика у нивоу осветљености или сјајности. Ипак, приликом израде мастерплана осветљења, хијерархија може и треба да се додатно истакне одређеном бојом светлости, као и адекватним избором неколико типова светиљки и стубова, јер се тако доприноси идентитету урбаног простора (слични простори се осветљавају применом светиљки и стубова истог типа). Хијерархију градских улица не одређују искључиво њихове физичке карактеристике (ширина и дужина), већ и интензитет моторног и пешачког саобраћаја, ширина тротоара, присуство трамвајских шина и улога улице у повезивању елемената урбаног простора. Међутим, значај улица најчешће је пропорционалан њиховим димензијама. Од ширине улице зависи и распоред стубова и светиљки. На широким улицама светиљке се постављају на веће висине. Међутим, увек треба водити рачуна о томе да стубови својом висином не доминирају у уличној визури (нижи објекти дуж улице „захтевају” ниже стубове). Светиљке које се позиционирају изнад средине коловоза, а монтиране су на кабловима, погодне су у ситуацији када улица има дрворед (његове крошње би заклањале светлост уколико би се светиљке налазиле на стубовима уз уличне ивице).

Иако се ноћу пређе само четвртина укупног броја километара, тада се догађа скоро половина свих удеса са смртним последицама. Мада су за то одговорни многобројни фактори (на пример, умор и алкохолизам, који су много израженији у ноћним сатима), неосветљене или лоше осветљене

улице томе изузетно доприносе. Адекватно улично осветљење значајно смањује вероватноћу настанка удеса, уз напомену да се ово нарочито односи на бициклисте и пешаке.

Напоменимо да се критеријуми који се примењују на осветљење улица за моторни и мешовити саобраћај разликују од критеријума који важе за осветљење пешачких улица.

4.1.1. Осветљење улица за моторни и мешовити саобраћај

Осветљење улица за моторни и мешовити саобраћај треба да обезбеди и добру видљивост и задовољавајући видни комфор.

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 улице, 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 ће у том случају 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, односно средња сјајност коловоза. Овај светлотехнички параметар уважава чињеницу да видне перформансе возача не зависе само од осветљености коловоза (количине светлости која падне на његову површину), него и од рефлексивних својстава његовог површинског слоја. Јер, међу светлосним зрацима који стигну до очију возача доминирају они који су настали рефлексijом од коловоза, односно они који „носе” информацију о његовој сјајности. Зато повећан ниво сјајности коловоза значи и повећане контрасти препрека на путу (које се појављују као тамне силуете на осветљеној позадини), односно повећану моћ уочавања. Такође је познато да осветљеност непосредне околине улице утиче на потребан ниво сјајности коловоза. Осветљено улично окружење смањује контрастну осетљивост ока, што се може компензовати повећањем нивоа сјајности коловоза. Обрнуто, тамном уличном окружењу 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 уличног окружења, из којих може да се појави опасна препрека. Да би се избегла ова опасност, потребно је осветлити и непосредно окружење улице.

Поред нивоа сјајности коловоза, на добру видљивост веома утичу општа равномерност сјајности и физиолошко бљештање (њего треба свести у границе прихватљивог у целокупном јавном осветљењу).

Постизање доброг видног комфора

На видни комфор одлучујуће утичу ниво сјајности, подужна равномерност сјајности и визуелно вођење. Визуелно (оптичко) вођење представља скуп мера које учесницима у саобраћају треба да омогуће јасну представу о току саобраћајнице, односно брзо уочавање наилазке 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 улице омогућава извођење безбедног маневра. Значајним проширењем видног поља возача у односу на оно које је одређено фаровима возила, као и пружањем правилне информације о траси саобраћајнице, визуелно вођење не само да повећава безбедност и сигурност возача, него и смањује његово напрезање и замор.

Са аспекта визуелног вођења, при пројектовању осветљења улица потребно је да се посебна пажња посвети примени следећих мера:

- на улицама са посебним коловозним површинама за сваки смер вожње и уским невозним раздвојним појасом, потребно је да стубови буду постављени у оси раздвојног појаса,
- у кривини стубове треба поставити дуж њене спољне ивице, и
- за усмеравање саобраћаја на појединим деловима улице (нпр. код прикључака и одвојака) препоручује се примена извора светлости различитих боја (тада боје извора светлости делују као путокази). На пример, ако се главна улица осветљава применом натријумових извора, прикључци (одвојци) могу да се осветле употребом метал-халогених извора.

Мастерпланом осветљења све улице за моторни и мешовити саобраћај треба да се разврстају у пет светлотехничких класа (M1-M5), а у складу са приложеном табелом 4.1 и пратећим напоменама. Табела 4.2 садржи светлотехничке захтеве које свака од тих светлотехничких класа треба да испуни.

Табела 4.1 Светлотехничке класе различитих типова путева и улица
за моторни и мешовити саобраћај (према CIE 115)

Опис пута (улице)	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 (1. напомена): Велика Средња Мала	M1 M2 M3
Путеви великих брзина са коловозом за два смера вожње. Управљање саобраћајем (2. напомена) и одвајање (3. напомена) разних учесника у саобраћају (4. напомена): Лоше Добро	M1 M2
Важне градске саобраћајнице: градске артерије и главни обласни путеви. Управљање саобраћајем и одвајање разних учесника у саобраћају: Лоше Добро	M2 M3
Сабирне улице мањег значаја, локалне саобраћајнице, главни путеви за прилаз насељу. Улице које обезбеђују директан приступ поседима и излазе на сабирне улице. Управљање саобраћајем и одвајање појединих учесника у саобраћају: Лоше Добро	M4 M5

НАПОМЕНА 1: Сложеност трасе пута се односи на инфраструктуру, кретање саобраћаја и визуелно окружење.

Фактори које треба разматрати су:

- број трака и нагиби, и
- знаци и семафори.

Улазне и излазне рампе, уливање саобраћајних токова, троугаона острва и томе слично, такође се морају узети у обзир.

НАПОМЕНА 2: Управљање саобраћајем се односи на постојање семафора, саобраћајних знакова, ознака на коловозу и саобраћајних прописа. Када их нема или су ретки, управљање саобраћајем се сматра лошим и обрнуто.

НАПОМЕНА 3: Одвајање појединих учесника у саобраћају обавља се возним тракама посебне намене или ограничавањем једног или више видова саобраћаја.

НАПОМЕНА 4: Разни корисници (учесници у саобраћају) су возачи аутомобила, камиона, аутобуса и спорих возила, као и мотоциклисти, бициклисти и пешаци.

Табела 4.2 Светлотехнички захтеви за путеве и улице за моторни и мешовити саобраћај (НЗ значи: нема захтева)

Светлотехничка класа	Подручје примене			
	Сви путеви (улице)	Сви путеви (улице)	Сви путеви (улице)	Путеви (улице) са мало раскрсница или без њих
	L_{sr} (cd/m ²) мин. (погонска вредност)	U_o мин.	TI (%) макс. (почетна вредност)	U_l мин.
M1	2.0	0.4	10	0.7
M2	1.5	0.4	10	0.7
M3	1.0	0.4	10	0.5

M4	0.75	0.4	15	H3
M5	0.5	0.4	15	H3

У табели 4.2 за сваку светлотехничку класу дате су минималне захтеване вредности нивоа, односно средње сјајности коловоза (L_{sr}), опште и подужне равномерности сјајности (редом U_o и U_l), као и максимална дозвољена вредност релативног пораста прага (TI), помоћу кога се врши провера сношљивости физиолошког бљештања. 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.

4.1.2. Осветљење пешачких улица

У пешачке улице спадају саобраћајнице које су намењене било искључиво пешачком саобраћају, било комбинованом саобраћају пешака и спорих возила без моторног погона или моторних возила са веома малом брзином вожње. Због тога су за овакве саобраћајнице дефинисани посебни светлотехнички критеријуми, који се пре свега заснивају на потребама пешака.

Као што је познато, видни задаци и потребе пешака у много чему се разликују од оних које имају возачи. Брзина кретања пешака је много мања и они су усредсређени на објекте који су у њиховој непосредној близини. Док возачи објекте на улици виде као тамне силуете, дотле пешаци обраћају пажњу како на текстуру, тако и на изглед површине сваког од објеката које сусрећу на улици или пешачкој стази.

Што се тиче улица у стамбеним насељима и другим пешачким зонама, њиховим правилним осветљавањем треба постићи пријатан осећај пешака и истовремено обесхрабрити извршиоце криминалних дела. Бројне студије су показале да је након инсталирања или реконструкције, односно побољшања осветљења улица у стамбеним насељима, долазило до приметног смањења криминалних радњи уперених против људи и њихове имовине. Треба нагласити и да добро осветљене улице смањују страх од криминала, који може да буде погубан као и сам криминал. Такав страх негативно утиче на морал становника неког краја и одвраћа их да ноћу излазе из својих кућа. Уз то, мањи број људи на улицама пружа криминалцима више повољних прилика, јер има мање особа које могу да их виде или спрече.

Сходно напред реченом, осветљење улица за пешачки саобраћај треба да омогући пешацима да уоче препреке и друге опасности, као и да буду свесни кретања осталих пешака у њиховој близини. Због тога је потребно

обезбедити довољну средњу вредност и равномерност хоризонталне осветљености, које се рачунају на нивоу тла. Табела 4.3 садржи описе свих светлотехничких класа за пешачке улице (P1-P7), а табела 4.4 светлотехничке захтеве које оне треба да испуне (обе табеле су преузете из CIE препоруке 115).

Табела 4.3 Светлотехничке класе за различите типове улица у пешачким зонама

Опис пута	Светлотехничка класа
Улице са атрактивним стамбеним и другим садржајима.	P1
Велики број пешака или бициклиста у ноћним сатима.	P2
Умерен број пешака или бициклиста ноћу.	P3
Малобројни пешаци или бициклисти ноћу, искључиво са суседних имања.	P4
Малобројни пешаци или бициклисти ноћу, искључиво са суседних имања. Важно је сачувати сеоски или архитектонски карактер амбијента.	P5
Веома мали број пешака или бициклиста ноћу, искључиво са суседних имања. Важно је сачувати сеоски или архитектонски карактер амбијента.	P6
Путеви на којима се захтева само визуелно вођење које потиче од директне светлости светиљки.	P7

Табела 4.4 Светлотехнички захтеви за улице са пешачким саобраћајем

Светлотехничка класа	Хоризонтална осветљеност (lx) на целој површини (погонска вредност)	
	Средња	Минимална
P1	20	7.5
P2	10	3
P3	7.5	1.5
P4	5	1
P5	3	0.6
P6	1.5	0.2
P7	Не примењује се	Не примењује се

Потребно је постићи и такву расподелу вертикалне осветљености која ће омогућити да околни пешаци могу да се препознају (за шта је потребно добро моделовање њихових лица). Процена се заснива на вредности полуцилиндричне осветљености. Користи се критеријум да минимална вредност полуцилиндричне осветљености у тачкама које су у висини лица пешака не треба да буде мања од 1 lx за области у којима се пешаци не осећају сигурно (тада се лице другог пешака може препознати са растојања од око 5 m, које се сматра довољним за избегавање напада или предузимање одбрамбене акције). У осталим областима минимална вредност полуцилиндричне осветљености може да буде мања (0.5 lx за улице са већом густином пешака, односно 0.3 lx за улице у мирнијим крајевима).

Иако је физиолошко бљештање много мање критично за пешаке него за возаче (пешаци се крећу много спорије, па имају много више времена да се адаптирају на евентуалне промене сјајности, услед чега се смањује вероватноћа да буду тако заслепљени да дође до судара са неком препреком), о њему свакако треба водити рачуна.

Може се генерално рећи да светиљке уличног осветљења не треба да осветљавају вертикалне површине (фасаде) околних објеката изнад нивоа приземља (осветљавање виших етажа с једне стране би представљало непотребно расипање енергије, а с друге облик светлосног загађења (може узроковати непотребан и нежељен продор светлости у околне станове, а у појединим случајевима и бљештање које станари могу да осете гледајући кроз прозор)).

Рецимо нешто и о препорукама у вези са бојом извора светлости који се користе за осветљавање пешачких улица и стаза. Препоручују се или метал-халогени извори са керамичким гориоником или компактни флуо извори конструисани за примену у спољном простору, и једни и други топло беле или неутрално беле боје светлости. Компактни флуо извори се препоручују за уже улице са нижом захтеваном осветљеношћу, а веома су погодни због одсуства проблема са бљештањем.

Светиљке које се користе за осветљавање улица за пешачки саобраћај и шеталишних зона израђују се у најразноврснијим облицима и припадају веома различитим стиловима. Неке од њих се „насађују“ на стубове, неке се монтирају помоћу конзола, има их које се причвршћују на фасаде објеката, као и оних које висе обешене о сајле, разапете између фасада наспрамних зграда.

Висина монтаже светиљки углавном зависи од ширине улице или стазе коју треба осветлити. Независно од тога да ли су савременог дизајна или по изгледу подсећају на старе гасне светиљке, уколико је неопходно да једино осветле путању кретања, висина њихове монтаже треба да износи 3-5 m. Ако је потребно осветлити улицу или стазу веће ширине, висина вешања светиљки може да износи до 8 m.

Када се бирају светиљке које ће се користити у спољном простору, треба водити рачуна о томе да је и стуб „део светиљке“ и да је, с обзиром на значајне димензије, од великог утицаја на естетски изглед светиљке и амбијента у коме се налази. На слици 4.1 представљена је атрактивна конструкција чија је специфичност јединство светиљке и стуба.



Слика 4.1 Пример атрактивног амбијенталног осветљења

Светиљке које су конструисане тако да могу да се монтирају на фасаде објеката представљају решење у случајевима када треба осветлити релативно уске улице у којима нема места за постављање стубова или улице у којима би стубови нарушили постојећи амбијент, који најчешће чине историјски и/или архитектонски вредни објекти. За потребе ових других конструисане су најразноврсније светиљке у облику фењера, тако да је релативно једноставно изабрати ону која се хармонично уклапа у окружење. У оваквим случајевима важно је сагледати конструкцију фасада у низу, због могућности монтаже светиљки (на стакленим фасадама то није могуће), као и могућност прикључења светиљки на дистрибутивну мрежу.

У случајевима када треба избећи постављање стубова (уске улице, улице са дрворедом), а ни фасадне светиљке не би представљале одговарајуће решење, треба размотрити употребу viseћих светиљки, обешених о одговарајуће сајле. Оне могу да створе утисак светлећег крова и да допринесу стварању интимног амбијента.

Квалитетно јавно осветљење изузетно је значајно за хендикепиране особе. Добро осветљене степенице, препреке на путу, денивелације и друга опасна места лако се уочавају. Уз то, неопходно је предвидети посебну уличну

светлосну сигнализацију која кретање хендикепираних особа олакшава и чини безбеднијим. Ако се у том циљу предвиде светиљке уграђене у тле, њихова светлост треба да буде у боји и таквог интензитета да не изазива бљештање.

4.1.3. Светиљке и стубови

За осветљење улица треба изабрати минималан број типова квалитетних и енергетски ефикасних светиљки са оптималном фотометријском карактеристиком, које су једноставне за одржавање (степен механичке заштите најмање IP65), неутралне боје и елегантне форме. Као и за светиљке, препоручује се минималан број типова стубова, који треба да буду отпорни на корозију, неутралне боје, једноставне форме (изузев у случају када амбијент захтева другачије) и што мањег попречног пресека (да би били што мање приметни у видном пољу). Тип стуба и светиљке треба да се стилски ускладе са архитектуром непосредног окружења (сл. 4.2), као и са осталим елементима урбаног мобилијара (клупе, канте за смеће, надстрешнице аутобуских станица, итд.). Савремени дизајн нуди решења за осветљење пешачких стаза у којима светиљка није видљива. Оптички блок је постављен унутар стуба, на коме се налазе отвори (протектори светиљке) који емитују светлост. Овакви стубови понекад садрже више оптичких блокова (на различитим висинама), који уз то могу да буду различито усмерени. Напоменимо да стубови уличног осветљења могу да се искористе као носачи рефлектора за архитектонско осветљење. Такође напомињемо да примена стандардне опреме увек резултује мањим иницијалним трошковима, као и мањим трошковима одржавања. Уз то, обавеза да се користе светиљке и стубови дефинисани мастерпланом спречава неодговарајуће личне преференције пројектаната и инвеститора.



Слика 4.2 Примери складног уклапања стубова и светиљки у непосредно окружење

Један од важних задатака мастерплана осветљења је усклађивање функционалног и архитектонског осветљења у циљу постизања што бољег визуелног утиска. Осветљење саобраћајница је доминантно у урбаном простору и велики квалитативни допринос представља избор извора светлости адекватне боје (топле или неутрално беле) и одговарајуће репродукције боја ($R_a \geq 80$), која је значајна и за препознавање извршилаца криминалних дела. Примена натријумових извора светлости, жуте боје и лоше репродукције боја, креира амбијент који је одбојан за пешаке. Напоменимо да живини извори високог притиска (масовно коришћени последњих деценија), иако прихватљиве, неутрално беле боје светлости, нису прихватљиви због чињенице да су енергетски неефикасни и недовољно добре репродукције боја. Последњих година пројектанти све чешће примењују комбинацију NaVP и MH извора, при чему се први користе

за осветљење коловоза, а други за осветљење тротоара. Међутим, у оваквим случајевима белу светлост МН извора неутралише жута светлост NaVP извора која досеже до тротоара, значајно редукујући репродукцију боја. У оваквим ситуацијама крошње стабала која расту на тротоару уз сам коловоз имају нарочито неприродан изглед, јер део сваке крошње изгледа зелено, а остатак жуто (наранџасто) - видети сл. 4.3. Због наведених разлога не треба примењивати оваква решења, него се препоручује употреба МН извора са керамичким гориоником или CosmoWhite извора који би се користили како за осветљење тротоара, тако и за осветљење коловоза.



Слика 4.3 Дрворед осветљен применом комбинације NaVP и МН извора светлости

У урбаном простору осветљење улица не може да се решава без осветљења пешачких стаза, трамвајских траса и аутобуских и трамвајских станица које се пружају дуж тих улица. Ово је посебно изражено на широким булеварима, где је брзина кретања возила већа него на улицама нижег реда, простор за кретање пешака много ужи од коловоза, а неопходно је да возачи лако уоче пешаке. Линија која одваја коловоз од тротоара треба да буде уочљива и јасна.

Од посебног значаја је осветљење улица којима се улази у град или излази из њега, поготово ако се из тих улица пружају визуре којима је омогућено панорамско сагледавање града, као што је случај уласка у Београд аутопутем из оба правца (Ниша и Шида).

Пешачке улице (стазе) сугеришу спорије кретање, застајање, окупљање и задржавање, тако да су овакве комуникације често оплемене клупама, фонтанама, чесмама или зеленим површинама (које могу бити посебно наглашене осветљењем), а њихов оквир представљају фасаде зграда. Локација стубова и светиљки треба да обезбеди и осветљење најнижих делова фасада дуж улице (тима се обезбеђује утисак тродимензионалности).

Кад год је то могуће, пројектовање уличног осветљења треба да се ради истовремено са пројектовањем осталих елемената улице (најчешће дрвореда), како би се ускладиле позиције дрвећа и стубова за осветљење. Напомињемо да дрвореди представљају значајну вредност урбане структуре Београда и других српских градова, а осим у булеварима и улицама веће ширине, често се налазе и у улицама нижег реда.

У функционалном смислу улице не представљају само коридоре за моторни и пешачки саобраћај, већ се пружају и даље од грађевинске линије, укључујући колонаде, нише и приземља објекта који се налазе уз њих. Током ноћи, осветљење ентеријера омогућава да поглед продре дубоко унутар објекта. Управо ови погледи проширују границе улице. Због осећаја сигурности и реалних безбедносних разлога, као и из естетских разлога, важно је осветлити мрачне делове објекта који се налазе уз улицу, као што су повучени улази, нише или колонаде. Пошто су власници или корисници објекта уз улицу ти који одлучују о осветљењу управо у граничној зони, они треба да се подстакну да обезбеде адекватан квалитет светлости. У том циљу, значајно би им се помогло ако би се мастерпланом одредио опсег температуре боје извора светлости који ће се користити у наведене сврхе. Због уштеде енергије, треба препоручити да се осветљење у ентеријерима смањи после поноћи (или један сат ујутро).

Осветљење пешачких стаза које се налазе уз веће водене површине (реке, језера, канали,...) подлеже свим напред изнетим принципима који важе за осветљење уобичајених пешачких стаза. Уколико се у непосредној близини водене површине налазе осветљени објекти, важно је да светлост намењена пешачкој стази што мање залази у водену површину, да не би деградирала изузетно атрактиван ефекат огледања објекта у води. Уз то, приликом избора типа светиљке и стуба треба водити рачуна о томе да се по изгледу усагласе са изгледом околних објекта.

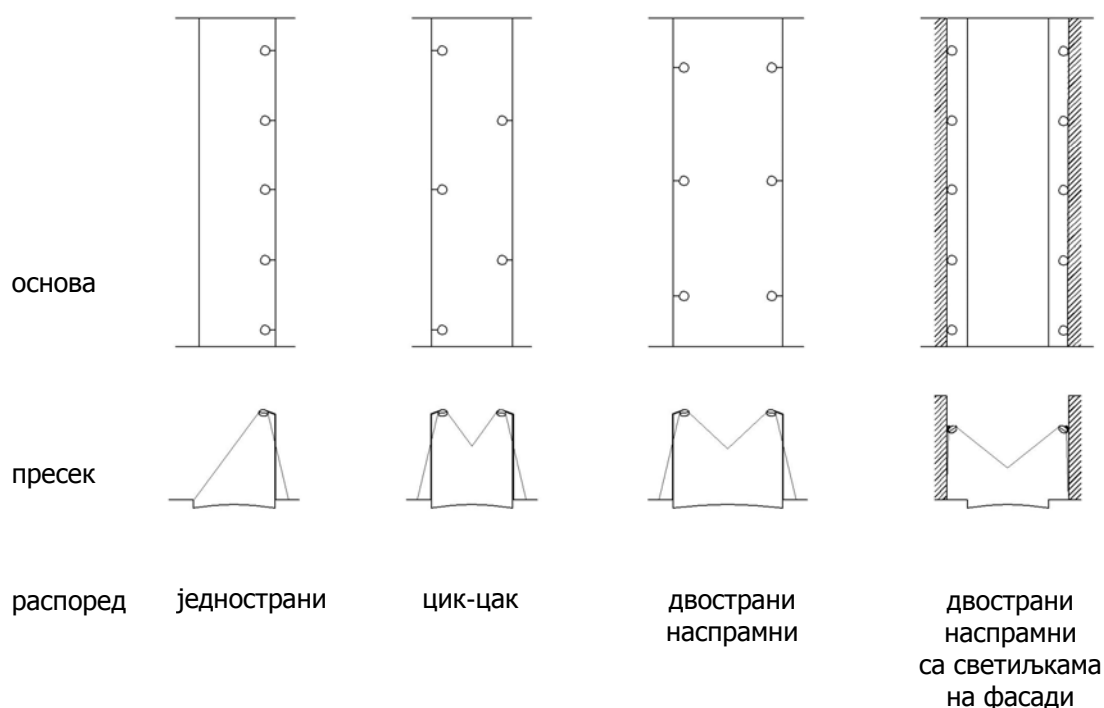
Поједини пројектанти уличног осветљења, дајући предност игри светлости и сенки, остављају мрачне делове или пројектују алтернативно смењивање светлих и тамних делова улице или тротоара. Међутим, такве шеме се не

могу сматрати прихватљивим за пешаке, зато што они избегавају мрачне просторе, јер се у њима не осећају безбедно.

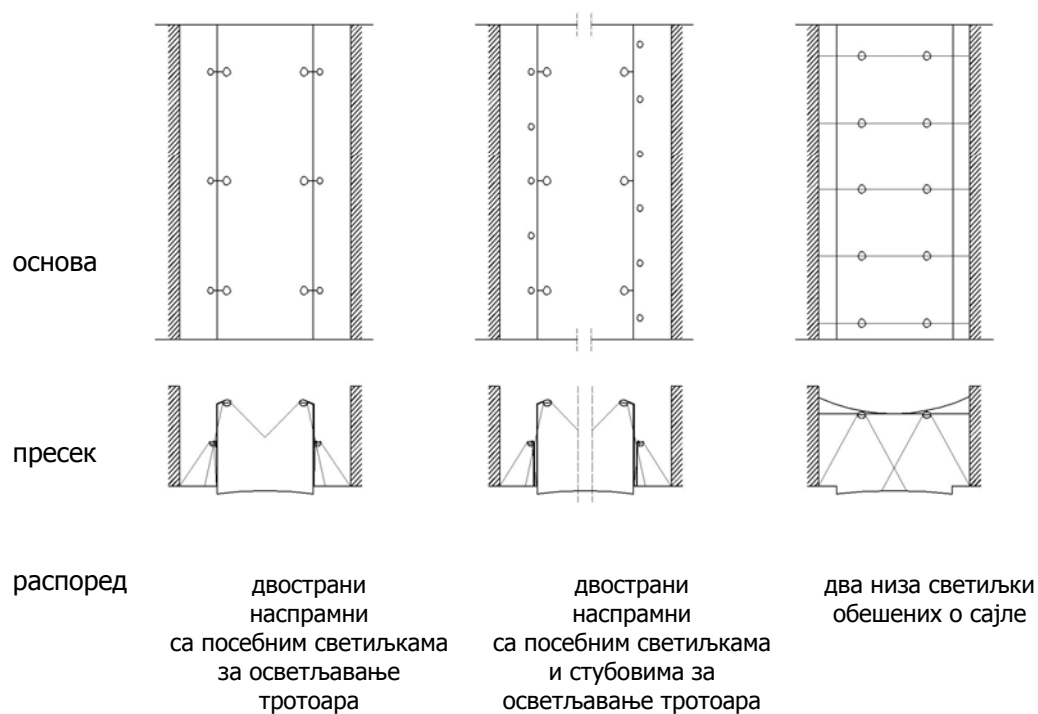
Последњих година поједини произвођачи светиљки за улично осветљење промовишу употребу веома ниских стубова (висине око 1m). Оваква решења увек карактерише веома лоша равномерност осветљености (сјајности) и тзв. „цик-цак” ефекат (наизменично смењивање светлих и тамних површина коловоза), који веома неповољно делује и на возаче, и на пешаке. Уз то, лица пешака су веома лоше осветљена.

4.1.4. Типска решења уличног осветљења

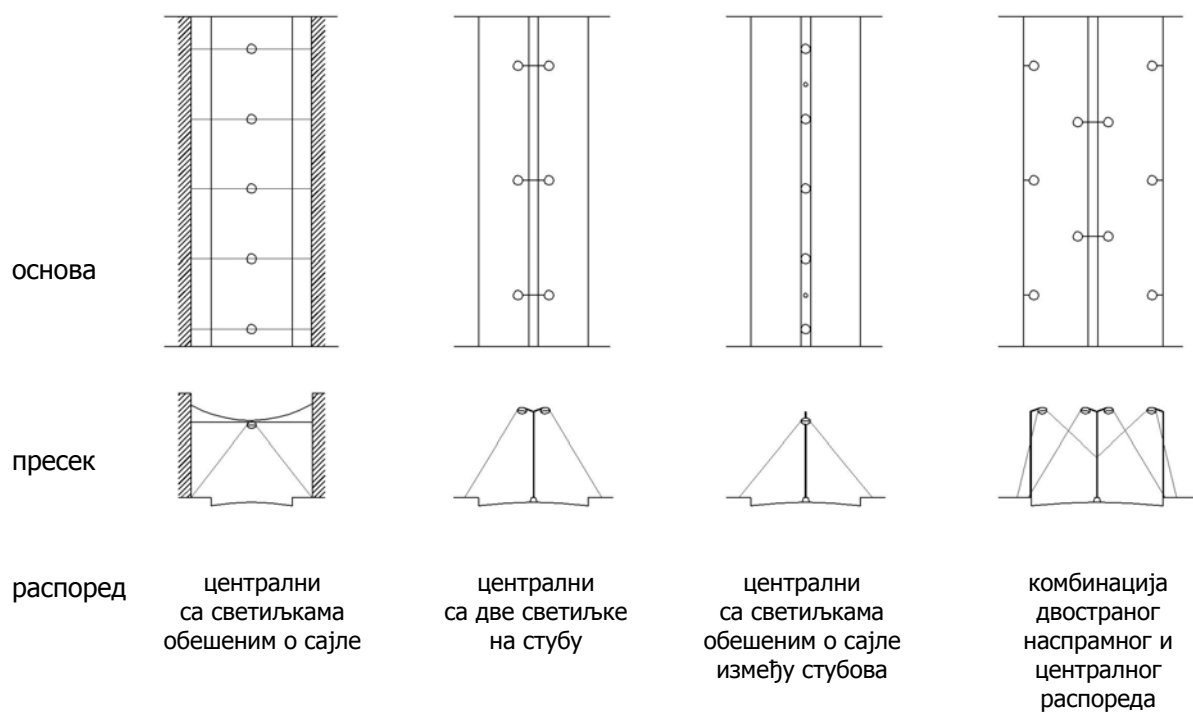
Препоручује се да се, водећи рачуна о светлотехничким класама улица, мастерпланом дефинише одређен (не велики) број типских решења уличног осветљења (за која треба приложити фотометријски прорачун) – видети извод из мастерплана Обреновца (поглавље 19.1). Корисно је да се, због визуелне прегледности, типска решења прикажу и шематски (на пример, коришћењем шема из референце 26 (слике 4.4а-в), које треба употпунити релевантним геометријским подацима). Погодно је да се, због сагледавања уклапања стубова (светиљки) у улични амбијент, за важније улице да и шематски приказ решења који ће садржати и висине објеката који ограничавају улицу (видети слику 4.5, преузету из референце 24).



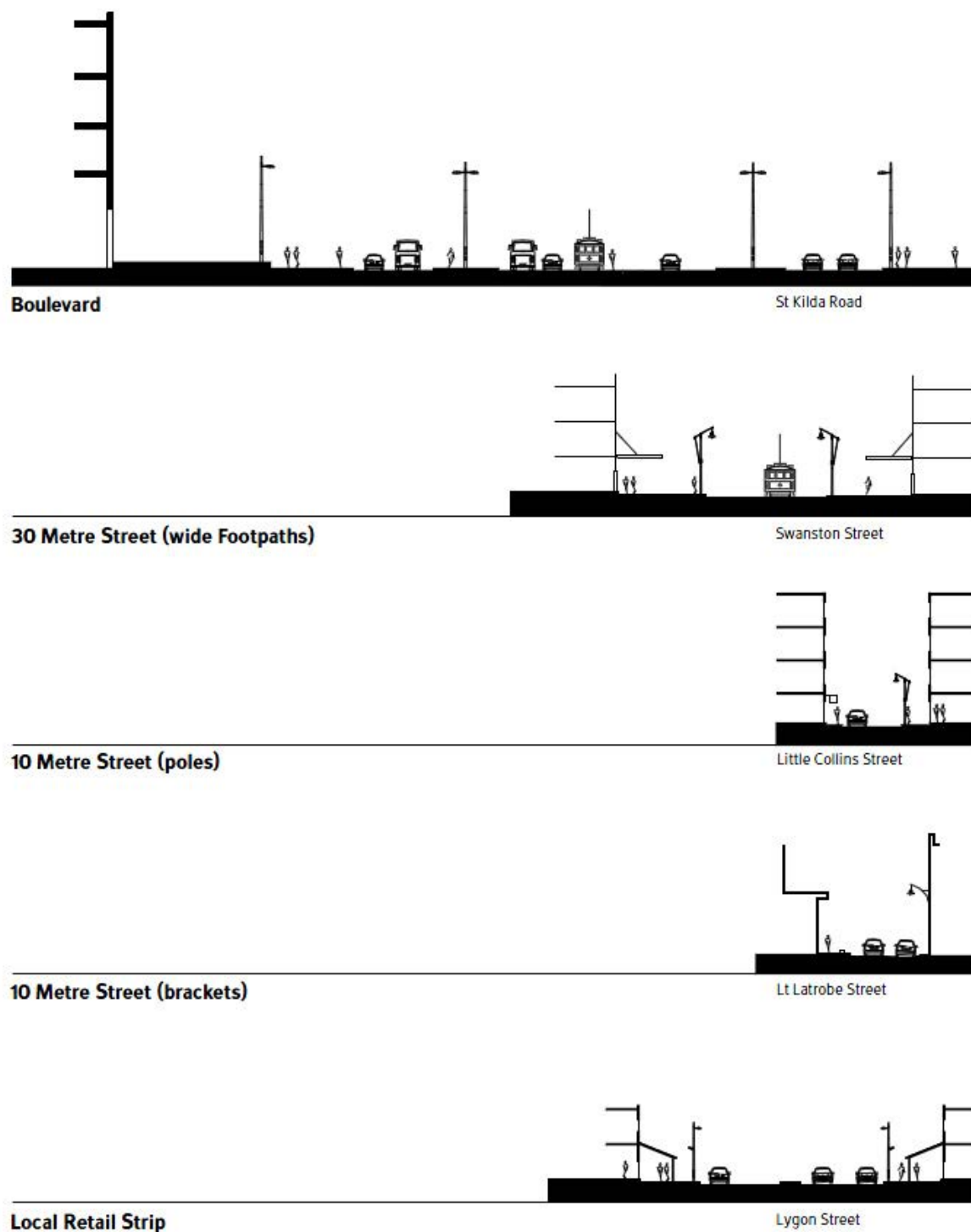
Слика 4.4а Могући распореди стубова (светиљки) у градским улицама



Слика 4.46 Могући распореди стубова (светиљки) у градским улицама



Слика 4.4в Могући распореди стубова (светиљки) у градским улицама



Слика 4.5 Пресеци карактеристичних улица (са приказаном опремом за осветљење)
– извод из мастерплана Мелбурна

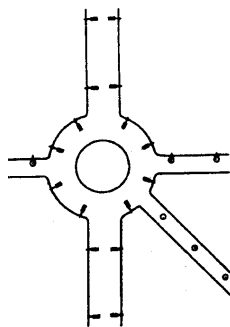
4.1.5. Комерцијалне зоне, тргови, раскрснице и спортски терени

Комерцијална зона представља део урбаног простора у коме доминирају функције пословања, трговине и угоститељства. Овакве зоне су најчешће формиране уз улице са пешачким или мешовитим саобраћајем, или на трговима. У оба случаја их карактеришу нивои објеката у чијим приземљима доминирају стаклене фасаде. Иако осветљавање просторија у приземљу врше њихови власници, било би добро да градска Комисија за јавно осветљење донесе препоруке које се односе на максимални дозвољени ниво осветљености и употребу боје светлости, да би се спречили „светлосни ратови” (видети уводно поглавље) и деградација амбијента. За улично осветљење у комерцијалној зони важи све што је напред речено о осветљавању саобраћајница за пешачки и мешовити саобраћај. Што се тиче осветљења тргова, оно треба да истакне идентитет тих важних урбаних елемената. Важно је да на тргу постоји хармонија свих елемената урбаног мобилијара, у које спадају и стубови и светиљке, који су на тргу још уочљивији него на улици. Иако се пешаци највише крећу уз објекте који уоквирују трг, потребно је да се цела површина трга тако осветли да се омогући сигурно и комфортно кретање и задржавање становника и туриста. Проблем осветљавања тргова састоји се у конфликту између потребе да се осветли што већи део површине трга и чињенице да то захтева постављање стубова који нарушавају изглед слободног простора трга. Због тога је потребно да се мастерпланом захтева израда посебног пројекта, уз сугерисање могућих концепција, у које спада употреба веома ниских стубова, светиљки у оквиру попличања трга и светиљки скривених у оквиру елемената мобилијара. Уколико трг садржи скулптуре, чесме, фонтане и зелена острва, онда њихово осветљење може да допринесе општем осветљењу трга. Наглашавамо да су тргови најпогоднија места за представљање необичних светлосних ефеката, светлосних инсталација (које могу да буду пратећи елемент културних догађања) и светлосних (и звучних) шоу програма. С обзиром на то да тргове често уоквирују историјски/архитектонски вредни објекти, њихово осветљење, које може и треба да представља значајан допринос ноћном изгледу трга, треба ускладити (пре свега бојом светлости) са осветљењем трга.

Тргови представљају вид градских чворишта, које карактерише интензивно окупљање или кретање. Чворишта могу да буду и делови улица у којима се због атрактивности садржаја окупља већи број људи који се дуже задржавају. Примери чворишта су и укрштања или конвергенција важних праваца кретања, због чега таква места могу да постану центри и симболи појединих градских зона. Међутим, поред тргова, најистакнутији вид чворишта представљају раскрснице, које се одликују великом концентрацијом возила и потребом да се брзо реагује како би се кретање наставило у жељеном правцу. Због тога осветљење раскрснице треба да

омогући да она издалека буде јасно уочљива и да помогне возачу да тачно изабере наставак пута. У том циљу се препоручују већи ниво сјајности од највећег нивоа сјајности прикључних улица или примена другачије боје светлости на раскрсници.

Што се тиче осветљења раскрсница са кружним током саобраћаја (слика 4.6), пракса је показала да најбоље решење представљају стубови постављени уз спољни обим раскрснице. На тај начин се цела површина раскрснице и улице које се у њу уливају много боље сагледавају него у случају примене стуба (стубова) на централном острву, а значајно је боље и 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, који се примењује за осветљење путева.



Слика 4.6 Раскрсница са кружним током
са стубовима уз њен спољни обим

Адекватно осветљење раскрснице и доминантни осветљени урбани елементи представљају светлосне репере града, битне за организацију саобраћаја. Мастерпланом осветљења треба захтевати израду посебних пројеката за осветљење раскрсница.

У функционално јавно осветљење спада и осветљење јавних рекреативних спортских терена. Мастерпланом треба захтевати израду пројекта осветљења за сваки од њих, уз напомену да треба водити рачуна о боји светлости и ограничењу бљештања, као и о испуњавању фотометријских захтева који зависе од спортских активности које се одвијају на терену.

Паркинг простори такође треба да буду адекватно осветљени, као и приступи тим просторима. Осветљење пешачких стаза које повезују паркинг просторе са улицама, трговима или комерцијалним градским зонама треба да буде безбедно, сигурно и привлачно за кретање пешака.

Треба нагласити да одређене просторне карактеристике могу да допринесу значају улица. Врло широке или врло уске улице свакако привлаче пажњу. Наравно, није за потцењивање ни архитектонски садржај који се дуж улица налази, јер је то често најважнији критеријум за одређивање значаја комуникација у урбаном простору.

4.2. Осветљење паркова

Паркови су урбани простори који омогућавају предах од брзог животног темпа у „асфалтној џунгли”. Они пружају могућност да се буде сам, али и бројне могућности за социјална окупљања. Неосветљени, они се ноћу претварају у мрачна острва окружена осветљеним улицама. Због тога паркове треба осветлити, и то не само пешачке стазе, него и поједине природне и вештачке структуре у њима. При томе треба тежити испуњењу свих релевантних захтева, међу којима се издвајају безбедност и сигурност, истицање естетских квалитета структура и постизање жељеног имиџа целог простора.

Осветљењем пешачких стаза у парку треба постићи да се посетиоци осећају безбедно и сигурно, као и да се лако оријентишу. У том циљу, у већим парковима је могуће увести хијерархију стаза, у оквиру које ће се посебно истаћи оне које воде до места окупљања и до парковских излаза. Не морају све стазе ни да се осветле (поготово „слепе” стазе). Наглашавамо да за избор светилки и стубова за осветљење парковских стаза не постоје захтеви уклапања у окружење какви су неминовни у градским пешачким зонама. Међутим, због разлога изнетих у поглављу 4.1, број типова светилки и стубова треба свести на минимум, уз разматрање могућности коришћења истих типова у различитим парковима.

Пошто осветљење парковских стаза није довољно за постизање потребног осећаја сигурности, неопходно је местимично осветлити њихово непосредно окружење, које углавном чине следећи елементи: дрвеће, жбуње, цветне површине, степеништа, стене, скулптуре, чесме, фонтане, павиљони, простори за деčју игру и спортски терени. Нити је потребно, нити пожељно, осветлити целу површину парка. Најчешће већи део слободних парковских површина треба да остане у мраку како се не би реметио природни животни циклус биљака. Додатни позитивни ефекти су већи контрасти, односно ефекат драме.

Уколико се у парку налази зоолошки врт, светлост у његовом непосредном окружењу мора да буде тако ниског интензитета да се избегну негативни ефекти по животиње.

За осветљење паркова препоручују се практично неуништиве светиљке са протекторима од UV стабилизованог поликарбоната, који не мења боју под утицајем сунчевих UV зрака. Оне су најотпорније на вандализам.

Пошто су паркови углавном празни у каснијим ноћним сатима, препоручује се (на пример, после 1^h) употреба тајмера и/или димера, од којих први треба да искључе све сем осветљења стаза, а други да редукују њихове

осветљености (употреба двостепених баласта није погодна, јер се они користе са NaVP изворима, који нису адекватни за парковско осветљење).

Пројектом осветљења парка треба предвидети да се на местима где се повремено одвијају манифестације (представе, концерти,...) изведе потребан број монофазних и трофазних прикључака, као и неопходне телекомуникационе инсталације. Оне треба да буду сакривене од погледа и адекватно механички заштићене.

4.2.1. Осветљење парковских базена и језера

Окружење базена и језера свакако треба осветлити из безбедносних разлога. При томе, треба свести на минимум количину светлости која осветљава водену површину. Кад је тамна и мирна, она обезбеђује најатрактивније огледање објеката који се налазе у њеном непосредном окружењу. Директно осветљавање воде има смисла само ако је она у покрету (фонтане, водопади, каскаде,...).

4.3. Осветљење пејзажа

4.3.1. Увод

Осветљење пејзажа обухвата осветљење веома разноврсних зелених површина, које уз природне могу да садрже и разнолике изграђене елементе. Његова улога је да истакне лепоте посматраног простора и продужи време његовог коришћења, водећи рачуна и о безбедности, сигурности и свођењу ометајуће светлости на минимум. При томе, морају да се узму у обзир и захтеви за енергетски ефикасном инсталацијом осветљења.

Да би креативност пројектанта у потпуности дошла до изражаја, поред талента и искуства, он мора да поседује и бројне информације о предметном пејзажу, које треба да добије:

- од инвеститора,
- од пејзажног архитекте и особе која руководи одржавањем пејзажа,
- од надлежних јавних и комуналних предузећа, и
- обиласком, фотографисањем и детаљном анализом посматраног пејзажа.

У разговору са инвеститором (клијентом) пројектант осветљења не само да треба да добије информацију о намераваном коришћењу посматраног пејзажа у ноћним сатима, него треба и да стекне представу о томе какве су жеље клијента у вези са атмосфером коју пројектант осветљења треба да постигне.

Клијента свакако треба питати да ли жели употребу лепо обликованих светилки, које би биле видљиве, или сматра да је боље да светилке буду сакривене од погледа посетилаца. Да ли преферира креирање сцене коју карактерише драматика или постизање романтичне атмосфере, са мањим нивоима сјајности и слабијим контрастима. Да ли дозвољава да ноћни изглед пејзажа карактеришу и боје којих нема у дневном изгледу, итд. Клијента свакако треба питати и о предвиђеном буџету, јер финансијска страна пројекта често утиче на квалитет понуђеног решења. У случају недостатка финансијских средстава за реализацију целог пројекта, треба размотрити могућност његовог фазног извођења.

Пејзаж представља простор који се непрекидно мења. Један од његових главних елемената чине биљке, које не само што непрекидно расту, него, са изузетком зимзеленог дрвећа, доживљавају значајне промене при преласку из једног годишњег доба у друго. При томе, на истој површини може да се развија веома разноврсно дрвеће – различите висине, облика, густине грања и лишћа, текстуре стабла, дубине корена, боје листова и цветова. Због свега овога, пројектант осветљења свакако треба да консултује пејзажног архитекту, јер од информација које од њега добије значајно зависи избор типа извора светлости, као и избор, локација и начин монтаже светилки. Пејзажни архитекта треба да пружи и информацију о

евентуалном присуству примерака ретких биљних врста, које треба посебно истаћи. Пошто и биљке имају потребу за мраком, у сарадњи са пејзажним архитектором треба одредити време рада посматраног пејзажног осветљења.

Пројектант осветљења треба да консултује и особу која руководи одржавањем пејзажа (на пример, уколико се део пејзажа окопава или се дрвеће орезује, потребно је да се то узме у обзир приликом одређивања локације и начина монтаже (фиксирања) светиљки). Особи која руководи одржавањем пејзажа треба објаснити да светиљке не смеју да се померају, нити сме да се мења њихова усмереност, јер би у противном дошло до нежељене промене светлосних ефеката.

Како раст, тако и сушење дрвећа изазива сталне промене пејзажа. Клијенту треба објаснити да је због тога потребан периодичан обилазак пејзажа, после кога би се донела одлука о неопходним интервенцијама на инсталацији осветљења, које треба да обезбеде одржавање жељених светлосних ефеката (на пример, због значајног увећања крошње неког дрвета мораће да се инсталирају додатне светиљке, или ће постојеће ускоснопне морати да се замене широкоснопним, или ће локација постојећих светиљки морати да се мења, или ће морати да се предложи инсталирање извора светлости веће снаге од снаге постојећих).

Веома је важна и информација о врсти, односно корозионим својствима земљишта на предметној локацији, нарочито у случају полагања светиљки у околну тле.

Обилазак пејзажа представља императив. Он треба не само да омогући одређивање свих релевантних праваца сагледавања пејзажа, него и да пружи јасну представу о границама пејзажа и околним поседима, чији становници треба да буду поштеђени ометајуће (расуте) светлости и непријатног бљештања.

Обилазак пејзажа, у коме поред пројектанта осветљења треба да учествују и клијент и пејзажни архитекта, треба искористити да би се издвојили главни елементи пејзажа или репери (кандидати су дрвеће, жбуње, цвеће, стене, клупе, скулптуре, фонтане, водопади,...), да би се добиле идеје за постизање интересантних светлосних ефеката, као и да би се креирале атрактивне светлосне композиције.

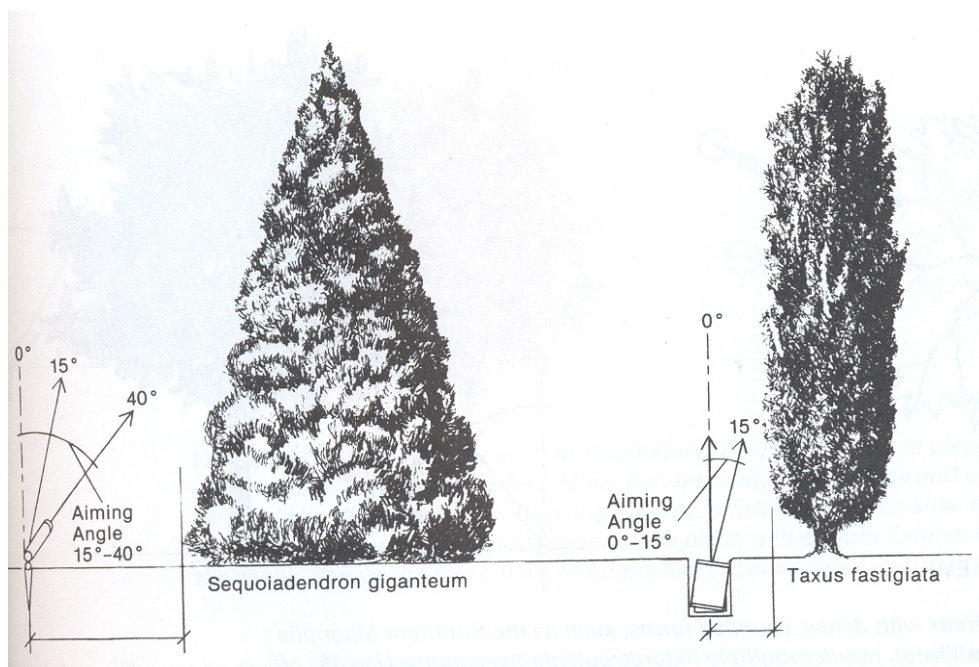
Постојећа и потенцијална опасна места, каква, на пример, представљају ивице базена, фонтана или других водених површина, промене нивоа тла или степенице, једино се могу уочити приликом обиласка терена. Осветљење оваквих места захтева посебну пажњу при изради пројекта осветљења пејзажа.

4.3.2. Како осветлити дрво?

Да би у ноћним сатима дрво изгледало привлачно докле год траје и независно од годишњег доба, потребно је да пројектант осветљења од пејзажног архитекте добије информације о:

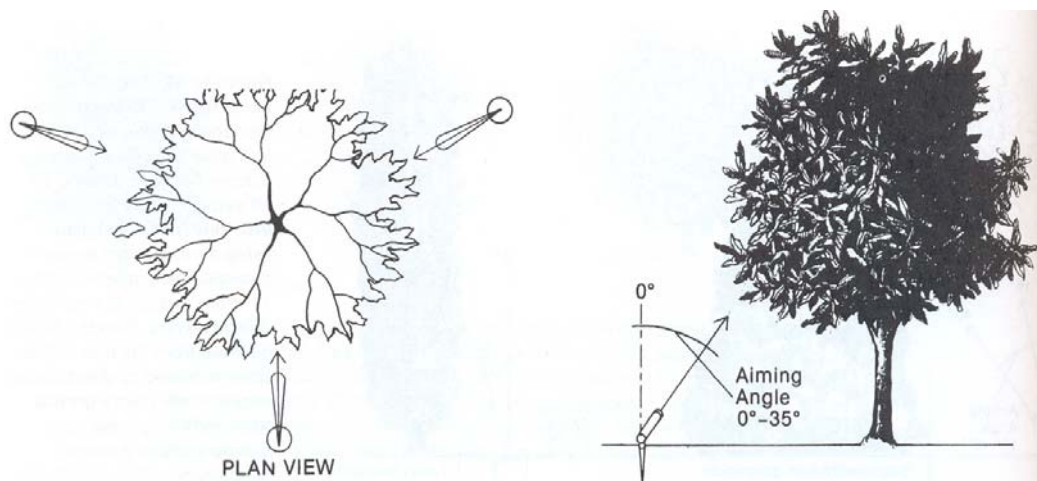
- облику, висини и ширини развијеног дрвета,
- изгледу коре стабла (глатка, испуцала, љуспаста, бодљаста, светла, тамна, вишебојна,...),
- изгледу и особинама лишћа (облик, боја, рефлектујуће особине, текстура, прозрачност,...),
- структури и расту грана (ретко или густо грање, оно које расте навише или је повијено (као код жалосне врбе, на пример)),
- дубини и ширењу корена,
- брзини раста,
- типу (зимзелено или листопадно), и
- променама које настају са променом годишњег доба.

На сл. 4.7, чији леви део приказује џиновску секвоју, а десни ирску тисовину, показано је како облик и висина дрвета утичу на локацију светиљке и усмеравање њеног светлосног снопа. Укопана ускоснопна светиљка која осветљава тисовину усмерена је под углом од око 15° у односу на вертикалу, док широкоснопна светиљка која осветљава секвоју, постављена изнад тла, треба да се усмери под углом од 15° до 40° . Приликом одређивања растојања светиљке од стабла треба водити рачуна како о постојећим, тако и о очекиваним димензијама дрвета.



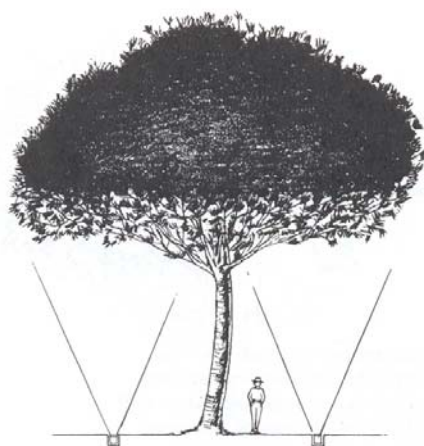
Слика 4.7 Утицај облика и висине дрвета на локацију светиљке и усмеравање њеног светлосног снопа

У највећем броју случајева осветљење комплетног дрвета не може квалитетно да се изведе помоћу само једне светиљке. За осветљење дрвета са густом и широком крошњом најчешће су неопходне три светиљке, постављене изван простора крошње (као на сл. 4.8). Напоменимо да није увек потребно осветлити цело дрво, него само оне његове делове који се виде са пешачких стаза и осталих релевантних тачака посматрања.

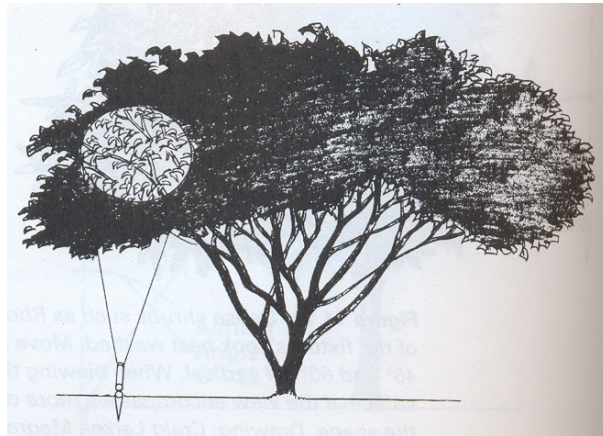


Слика 4.8 Осветљење магнолије, изведено помоћу три широкоснопне светиљке, монтиране изнад земље и изван простора који покрива крошња

Јасно је да би светиљке које би биле постављене испод крошње дрвета са густим гранама и лишћем једино осветлиле дно крошње, јер светлост не би успела да продре кроз олистале и испреплетене гране (видети сл. 4.9). Врло често овакво решење не обезбеђује атрактиван изглед осветљене крошње. Примена ускоснопних рефлектора у оваквим ситуацијама произвела би још лошији светлосни ефекат (сл. 4.10).



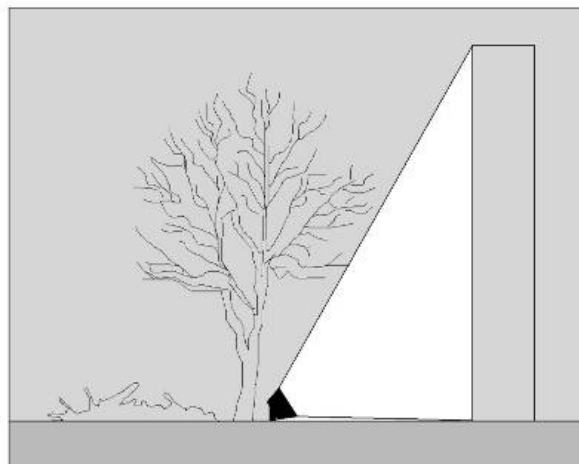
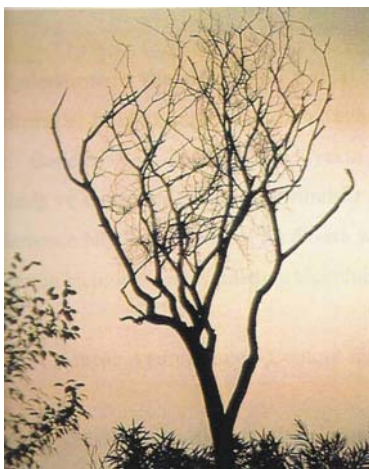
Слика 4.9 Осветљавање густе крошње одоздо применом широкоснопних светиљки



Слика 4.10 Осветљавање густе крошње одоздо применом усконопних рефлектора (осветљен је само мали део крошње, док је њен преостали део остао у мраку)

Ако се осветљава дрво са ретком крошњом, постављањем светилки испод дрвета постиже се осветљавање целе крошње.

Уколико се дрво налази испред зида који не пропушта светлост, могуће је да се примени техника контра-светла, која се састоји у томе да се неосветљено дрво појави као силуета (таман објекат) на осветљеном зиду (слика 4.11).

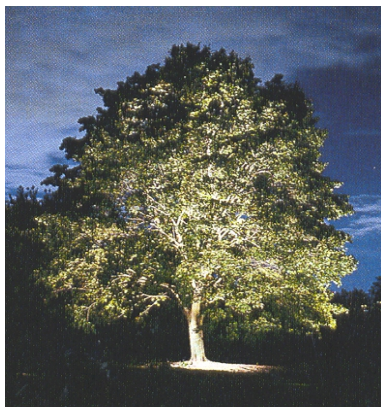


Слика 4.11 Ефекат силуете, постигнут осветљавањем зида који се налази иза дрвета

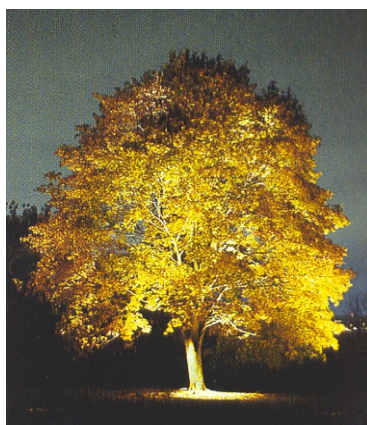
Промене које у току године настају код листопадног дрвећа представљају изазов за пројектанта пејзажног осветљења, који треба да обезбеди да дрво изгледа атрактивно током сваког годишњег доба. Пример једног таквог решења приказан је на сл. 4.12-4.17.



Слика 4.12 Развијено јаворово дрво са густом крошњом током лета



Слика 4.13 Јаворово дрво у летњој ноћи (да би се осветлио врх крошње, светиљке усмерене навише монтиране су и на вишим гранама)



Слика 4.14 Јаворово дрво у јесен (спектакуларан изглед јесењих боја)



Слика 4.15 Разгранато голо јаворово дрво у зимској ноћи

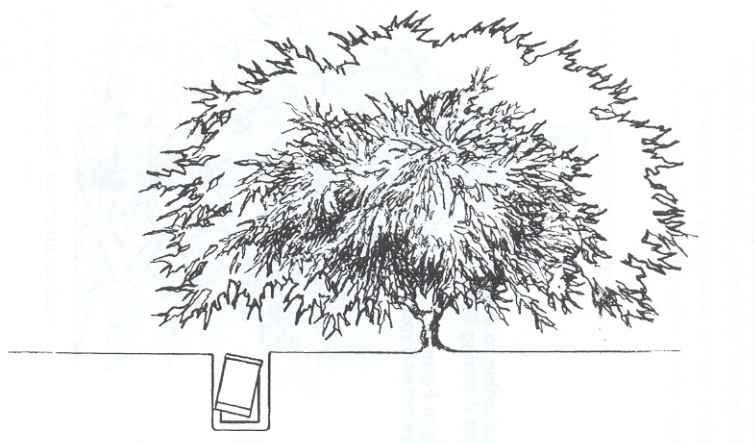


Слика 4.16 Хоризонталне гране јавора задржавају снег и креирају ефекат крошње посуте белим прахом



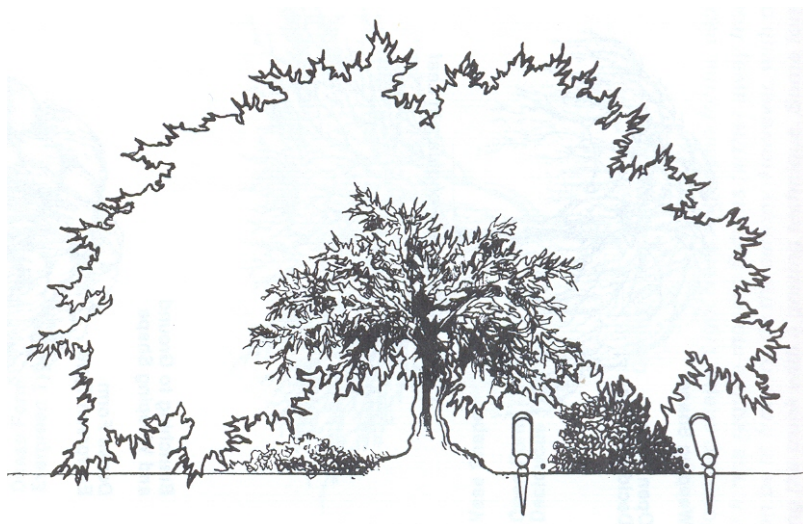
Слика 4.17 Ноћни изглед јавора који је процветао у пролеће

На сл. 4.18 приказан је патуљаста јапанска јавора, који веома споро расте. Због тога је повољно да се његово осветљење изведе тако што ће се светиљке фиксирати (сакрити) испод нивоа тла, чиме би се с једне стране постигло осветљавање највећег дела површине дна крошње, а с друге смањила могућност да топлота сијалице упали лишће на најнижим гранама.



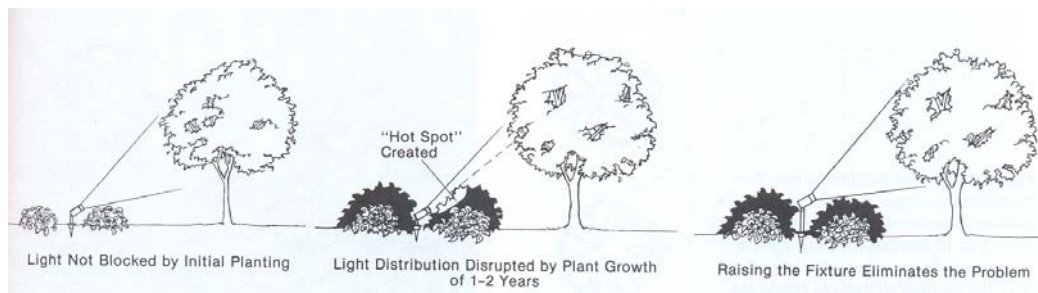
Слика 4.18 Осветљење крошње патуљастог јапанског јавора, чији годишњи раст износи само неколико см

Флексибилност представља императив при осветљавању дрвета чија је крошња по завршетку раста вишеструко већа него на почетку. Слика 4.19 приказује како треба поступати у оваквим ситуацијама: треба инсталирати надземну светиљку са довољно резервног кабла, који ће омогућити да се она помера са повећањем крошње.



Слика 4.19 Флексибилно осветљење дрвета са брзим растом и значајним повећањем крошње: неопходност промене локације светиљки

Приликом избора локације надземно монтиране светиљке потребно је да се обрати пажња на околно растиње. На сл. 4.20 показано је како раст околног жбуња може да блокира део светлосног снопа и редукује осветљени део крошње. Да би осветљена крошња изгледала као на почетку, неопходно је или да се промени локација светиљке, или да се она постави на већој висини, што подразумева употребу носача светиљке чија дужина може да се подешава, као и постојање резерве у каблу.



Слика 4.20 Иницијално осветљење (лево), блокада дела светлосног снопа (средиња) и решавање проблема повећањем висине монтаже светиљке (десно)

Основне одлуке које треба да донесе пројектант који осветљава дрво тичу се смера упада светлости, типа и локације сваке светиљке, као и типа и снаге извора светлости.

Смер упада светлости (одозго или одоздо) значајно утиче на изглед осветљеног дрвета. Пројектант осветљења, уствари, бира између изгледа сличног дневном и оног који се од њега битно разликује. Осветљење одозго чини да доња страна листова остане неосветљена, чиме се имитирају ефекти које креира дневна светлост. Значајно другачије ефекте производи осветљење одоздо: лишће сија док се светлост пробија навише, а неосветљена горња страна листова истиче њихову текстуру и креира драматичан визуелни утисак.

Ако се дрво осветљава одоздо, треба узети у обзир следеће препоруке:

- У случају разгранате (широке), али ретке крошње, светиљке треба поставити на или у тле, на $1/3$ до $1/2$ растојања између стабла и граничне линије крошње (гледано од стабла). Ширина снопа зависи од ширине крошње.
- У случају уске (вертикалне) и ретке крошње, светиљке треба поставити близу стабла и усмерити вертикално. Обично су погодни ускоснопни рефлектори.
- У случају густе крошње, независно од тога да ли је разграната или уска, светиљке треба поставити изван пројекције крошње на тле.

Основни недостаци осветљења одоздо су изложеност рефлектора вандализму, њихово веће запрљање и повећана корозиона дејства.

Код осветљења одозго светлост пролази кроз лишће и грање и производи пријатне сенке на тлу. Светиљке треба да се поставе или на неку околну структуру, на висини већој од висине дрвета, или на највише гране самог дрвета. Ако су позициониране близу центра дрвета, обично производе тамније сенке, а ако су постављене ближе ивицама крошње, због ређећг лишћа обезбеђују бољу осветљеност тла.

Водећи рачуна о расту дрвета и околног жбуња, често треба бирати флексибилне држаче и остале елементе за монтажу, помоћу којих се може подешавати локација светиљке. Подразумевају се и флексибилне дужине каблова, чија је боја слична боји стабла. Да би се избегло бљештање које могу да изазову рефлектори инсталирани на гранама и високим околним структурама, препоручује се употреба штитника.

Алуминијумске светиљке су јефтине и могу да буду у најразноврснијим бојама, али не поседују повољна антикорозиона својства. Због тога се препоручују светиљке израђене од алуминијумске легуре која садржи мали проценат бакра. Површина такве светиљке треба да буде третирана полиестерским прахом или подвргнута поступку анодизације, чиме се њена корозиона отпорност вишеструко повећава.

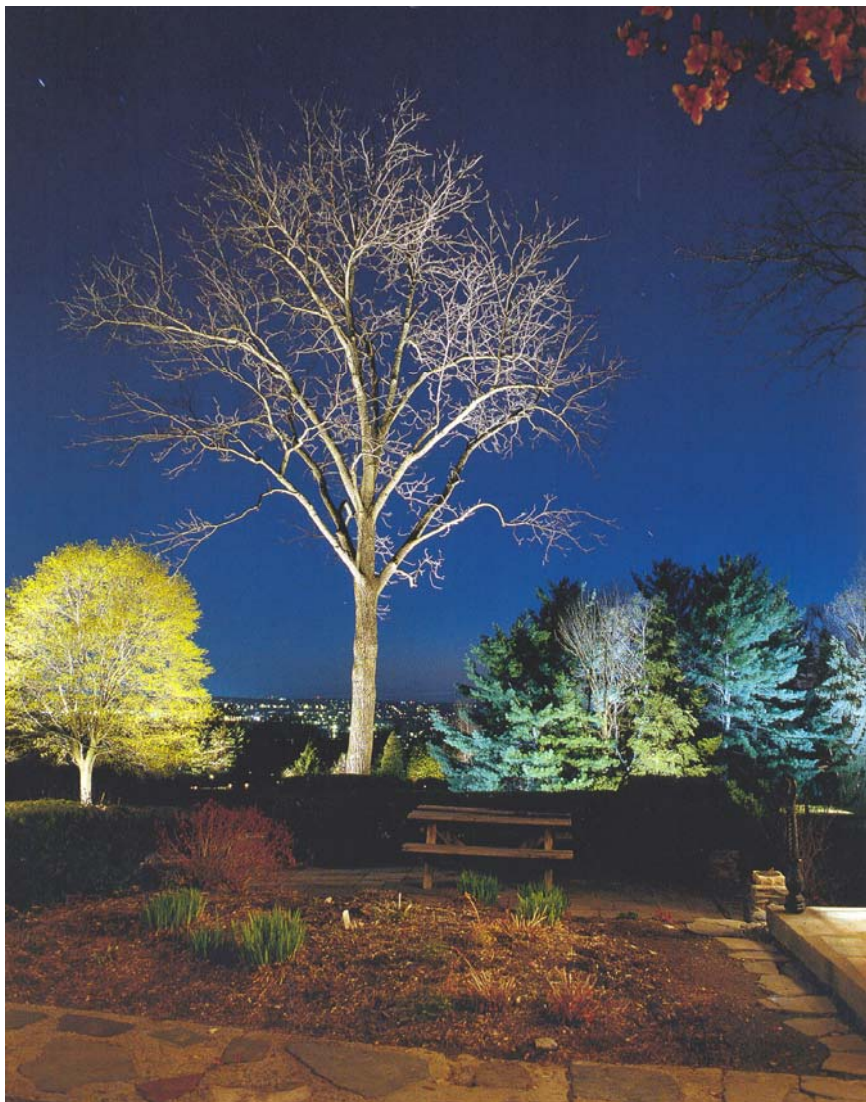
Препоручује се да степен механичке заштите оваквих светиљки усмерених наниже износи најмање IP65, а усмерених навише најмање IP66 (чак IP67 ако су инсталиране испод земље, а није извршена неопходна дренажа светиљки).

За осветљење пејзажа најчешће се примењују извори светлости топле боје и веома добре или одличне репродукције боја (извори са ужареном нити и халогени извори, као и компакт флуо и метал-халогени извори температуре боје око 3000 K). Овакви извори обезбеђују адекватно осветљење расцветалих грана, људи, споменика и већине листова, мада има и листова (са бојама које су ближе левом крају спектра) којима више одговара светлост компакт флуо или метал-халогених извора неутралне беле боје. Натријумови извори високог притиска не треба да се користе, јер их карактерише лоша репродукција боја, која не доприноси изгледу дрвећа и осталог растиња.

Пошто су им последњих година све релевантне карактеристике значајно побољшане, треба размотрити и примену LED извора светлости, чије светиљке пружају највише могућности за постизање динамичних светлосних ефеката, чија су главна одлика промене светлосних интензитета и боја. Пошто овакве промене могу да шкоде биљном свету, примену динамичног осветљења треба да одобри пејзажни архитекта.

Употреба различитих типова извора светлости, помоћу којих се производе контрасти сјајности или боја, доприноси дубини и текстури. Уз то, контрасти привлаче поглед посматрача. Пошто различите боје утичу на креирање различитих расположења или емоција, пројектанти осветљења понекад користе и филтере у боји, чија примена, слично примени LED извора, омогућава креирање светлосних ефеката какви не постоје при дневној

светлости. Међутим, не треба претеривати са употребом филтера или LED извора различитих боја. На сл. 4.21 приказана је светлосна композиција коју карактеришу пажљиво одабране боје које доприносе њеном атрактивном изгледу.



Слика 4.21 Атрактивна композиција са хармонично усклађеним бојама

Пројектант осветљења пејзажа мора да води рачуна и о падовима напона. Да се количина светлости коју производе светиљке које су близу извора напајања не би значајно разликовала од оне коју производе најудаљеније светиљке (прикључене на крајевима струјних кола), што је нарочито изражено код светиљки са изворима са ужареном нити, потребно је максимално редуковати падове напона. То се постиже избором каблова већег пресека, извођењем већег броја струјних кола, итд.

Из безбедносних разлога треба размотрити и употребу извора светлости номиналног напона до 50 V.

4.3.3. Светлосне композиције

Улога светлосне композиције је не само креирање облика и емоција, него и стварање „нове реалности“ у познатом простору.

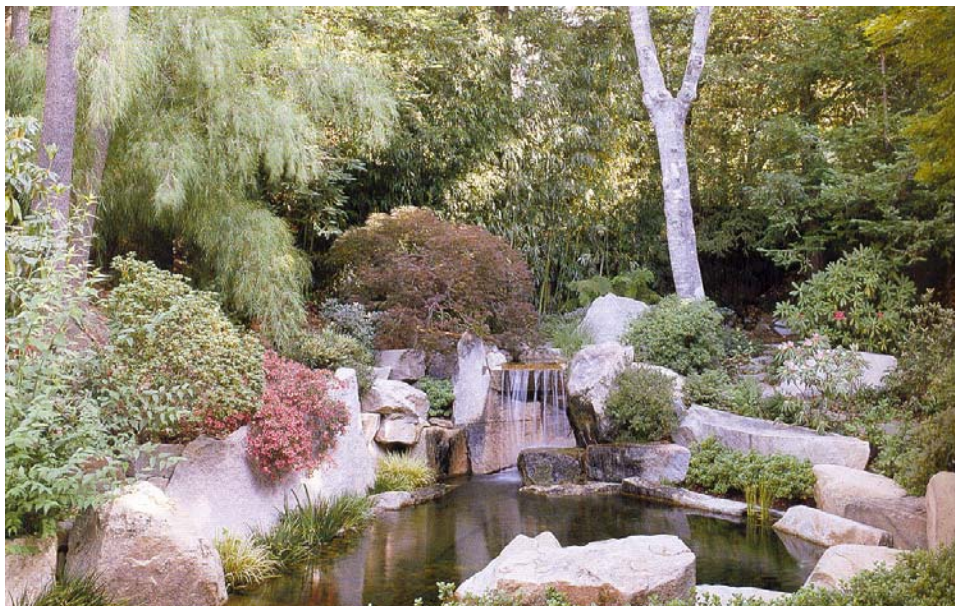
Креирање светлосне композиције започиње обиласком пејзажа у дневним условима и анализом постојеће организације његових елемената. Издвајањем неких од њих могуће је креирање не само нових сцена, него и светлосних илузија, које најчешће настају акцентовањем елемената који нису доминантни у посматраном простору. Утисак који се постиже оваквим креацијама пре свега зависи од маште пројектанта.

После утврђивања елемената који чине композицију, утврђују се репери и одређује визуелни значај сваког од њих. Не препоручују се два репера, јер тада сцена не изгледа стабилно - око непрекидно „скаче“ са једног репера на други. Од атмосфере коју пројектант жели да креира зависе разлике сјајности поједних репера. Ако се жели креирање драматичних сцена, неопходни су већи контрасти.

Репере треба потенцирати, али они не треба да се појаве одвојено од осталих елемената сцене. Дакле, неопходно је применити принцип кохезије који треба да повеже све елементе композиције. На сл. 4.22 приказана је изузетно успешна реализација, са благим прелазима од једног репера до другог. Да би се добило на драматици, део позадине (приказан на сл. 4.23) остављен је у мраку.



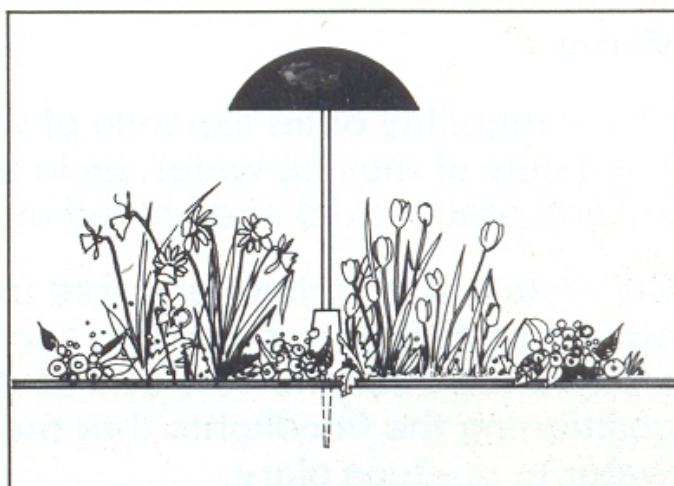
Слика 4.22 Драматично и хармонично осветљен пејзаж



Слика 4.23 Природни изглед сцене са слике 4.22

4.3.4. Осветљење цветних вртова

Осветљење цветних вртова изводи се помоћу светилки инсталираних на стубу, стаблу или грани дрвета, зиду,... Уколико не може да се примени ниједна од ових могућности, најбоље је да се употребе декоративне светилке постављене на ниским држачима (које су, на пример, у облику цвета или печурке - сл. 4.24), снабдеване са по 3-4 извора светлости. Док у току дана имају декоративну улогу, оне у ноћним сатима треба да прикажу богатство боја цвећа које осветљавају. То се углавном постиже применом обичних, рефлекторских или пресованих сијалица са ужаленом нити (ове последње су нарочито погодне због механичке и термичке издржљивости).



Слика 4.24 Типична декоративна светилка (у облику печурке) намењена осветљењу цветних вртова

Пошто цвеће обично цвета само неколико месеци, овакво декоративно осветљење је најчешће привремено, па је добро да се изведе помоћу преносних уређаја за осветљење. Препоручује се употреба светилки са држачима заштићеним на другом крају и флексибилним кабловима, који се завршавају утикачем. Веза између утикача и стално положених утичница мора да буде заштићена од продора воде и механичких оштећења. Када се сезона заврши, светилке и каблови се демонтирају и односе у складиште.

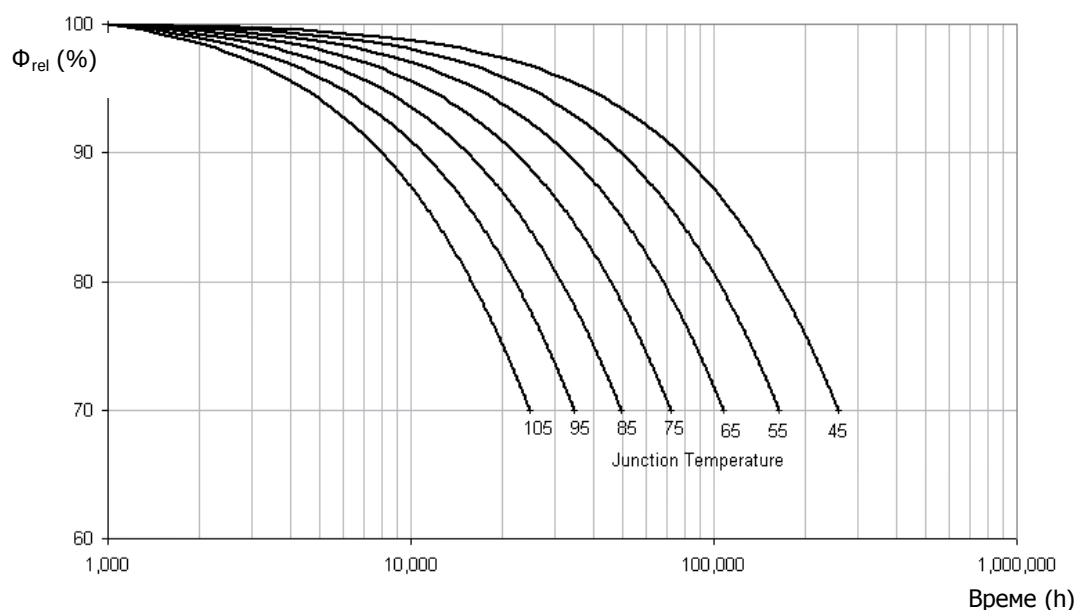
4.4. LED извори светлости у уличном и амбијенталном осветљењу

LED извори светлости су засновани на полупроводничкој (solid state) технологији. Иако су истраживања у овој области започета још пре пола века, тек 1990. године учињен је одлучујући напредак, који је омогућио масовнију примену LED технологије, и то како у унутрашњем, тако и у спољном осветљењу. Тада је конструисан LED чип плаве боје (blue - B), који је, са до тада развијеним чиповима црвене (red - R) и зелене боје (green - G), употпунио скуп три основне боје чијом се комбинацијом могу добити скоро све боје спектра. Комбинацијом ова три чипа (RGB) добијена је и бела боја, која је била неопходна за масовнију примену LED технологије у унутрашњем и спољном осветљењу. Уз то, LED чип плаве боје представљао је основни елемент за добијање LED чипа беле боје, коме се од почетка тежило. Наиме, премазом LED чипа плаве боје специјалним флуоресцентним супстанцама које обезбеђују добијање преосталих боја спектра, произведен је LED чип беле боје, одличне репродукције боја. У почетку га је карактерисала висока температура боје (чип хладне боје). Међутим, убрзо су реализовани и чипови неутралне беле ($T = 4000\text{K}$) и топло беле боје ($T = 3000\text{K}$).

Последњих година водећи светски произвођачи LED светиљки (пре свих Philips Lighting, Schreder и бројни кинески произвођачи) агресивно промовишу LED технологију у уличном и амбијенталном осветљењу. Ово поглавље има за циљ да пројектантима јавног осветљења пружи битне информације о LED технологији које су неопходне за доношење релевантних одлука.

Ако се настави постојећи тренд драматичног повећања светлосне искористивости LED чипова беле боје, ускоро ће се достићи 200lm/W , колико се верује да износи максимум који се може „извући“ из полупроводничке технологије. Међутим, светлост великог интензитета коју емитује сићушни извор карактеришу веома велике сјајности које могу да доведу до појаве ометајућег физиолошког бљештања.

Чињеница да се при раду LED чипова (укључујући и LED чипове беле боје) производи значајна количина топлоте, представља узрок једног од главних проблема са којима се сусрећу конструктори LED светиљки – то је проблем њеног одвођења. Недовољно одвођење топлоте доводи до повећања температуре p-n споја (junction temperature) од које веома зависи брзина опадања светлосног флукса LED чипа, а самим тим и његов животни век. Водећи произвођачи LED светиљки генерално декларишу животни век LED чипа као време за које његов светлосни флукс опадне на 80% почетне вредности. Слика 4.25 показује да се животни век од 50.000h, који произвођачи најчешће декларишу, може постићи само ако температура споја није већа од 70°C .



Слика 4.25 Типичан животни век LED чипова у зависности од температуре p-n споја ($^{\circ}\text{C}$)

Треба нагласити да светлосни флуks LED чипа сталне радне струје значајно опада са повећањем температуре споја, на коју битно утиче и температура амбијента. Декларисане вредности светлосног флуksа LED светиљки за спољно осветљење најчешће се односе на температуру амбијента од 15°C , због чега се у практичној примени постижу резултати који су лошији од декларисаних. Због тога су неке од водећих светских компанија (нпр. Schreder) почеле да декларишу светлосни флуks за много неповољнији случај температуре амбијента од 35°C .

Недавно је кинеска компанија Kangrong Fine Ceramic Co представила нов и јефтин керамички материјал, чија је ознака K9-H, намењен изради хладњака LED светиљки, који се конвенционално израђују од алуминијума. Пошто количина топлоте која се одводи помоћу хладњака зависи како од топлотне проводности материјала, тако и од његовог коефицијента зрачења, прорачуни показују да примена таквог керамичког материјала може да смањи температуру споја за 5-10%, што никако није од малог значаја.

Недавно је Philips Lumileds објавио да LED чипови беле боје последње генерације обезбеђују 125lm/W при уобичајеној (оптималној) радној струји од 350mA (температура боје: $3500\text{-}4500\text{K}$).

Иако се највећа светлосна искористивост постиже са LED чиповима хладне боје (температуре боје $5000\text{-}6000\text{K}$), они нису адекватни за осветљење улица и пешачких стаза. Евентуално могу да се користе за осветљење пешачких прелаза и раскрсница, уз напомену да светиљке треба да обезбеде довољне вредности вертикалне и полуцилиндричне осветљености (да би пешаци и возила били добро видљиви). Такве захтеве могу да испуне само специјално конструисане LED светиљке, јер фотометријске

карактеристике бројних LED светиљки показују да је емитовање светлости оштро прекинуто за углове веће од одређеног угла зрачења.

Обавезан део сваке LED светиљке представља LED драјвер чија је улога слична улози електронских баласта који се користе код класичних светиљки са натријумовим и метал-халогеним изворима светлости. Квалитетан LED драјвер је неопходан, јер он најчешће одређује животни век LED светиљке, а утиче и на температуру p-n споја. Када се говори о ефикасности LED светиљке, поред светлосне искористивости LED чипа са сочивом, треба узети у обзир оптичке губитке на рефлектору и протектору, као и потрошњу драјвера.

Напоменимо да су конструисани и драјвери који обезбеђују сталан светлосни флуks током целог животног века LED светиљке. Код таквих светиљки фактор одржавања је практично једнак фактору запрљања.

Такође треба напоменути да се температура боје LED чипова беле боје мења током њиховог животног века. Водећи произвођачи тврде да опсег промена није велики.

Компаративне анализе показују да већ сада инсталације осветљења изведене помоћу LED светиљки (са чиповима снаге 1-1.5W) и класичних светиљки са метал-халогеним изворима карактерише слична енергетска ефикасност. Међутим, врло високе цене LED светиљки захтевају да се за сваки појединачни случај изврши техно-економска анализа, која треба да уважи и чињеницу да је век трајања LED светиљки (12-15 година) око два пута краћи од века трајања класичних светиљки (25-30 година).

Посебно наглашавамо да треба куповати једино LED светиљке поузданих произвођача, јер је веома важно да стварне вредности радне струје и температуре амбијента буду једнаке (блиске) декларисаним, као и да светиљке садрже квалитетан драјвер (мале потрошње, а дугог века трајања).

Референце

- [1] R. P. Leslie, "A simple cost estimation technique for improving the appearance and security of outdoor lighting installations", *Building and Environment*, Vol. 33, pp. 79-95, 1998.
- [2] www.dorsetforyu.com, "Street lighting policy", 2003.
- [3] www.midwestlighting.com, "EU Green Light logo for Salzburg", 2003.
- [4] www.cityofsydney.nsw.gov.au, "The city of Sydney exterior lighting strategy", 2005.
- [5] City of Melbourne, "Lighting strategy", 2002.
- [6] CEN publication 13201, "Road lighting", 2003.
- [7] Philips lighting B.V., "Lighting manual" (fifth edition), Eindhoven, Holland, 1993.
- [8] P. Boyce and M. Rea, "Security lighting: effects of illuminance and light source on the capabilities of guards and intruders", *Lighting Res. Technol*, Vol. 22, pp. 57-59, 1990.
- [9] М. Костић, „Релевантни аспекти квалитета, енергетске ефикасности, економичности и одржавања функционалног јавног осветљења“ (студија), Наручилац: Град Београд, 2007.
- [10] CIE publication 115, "Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic", 1995.
- [11] М. Костић, Л. Ђокић и Н. Хаџефендић, „Техно-економско поређење анкерисаних фарбаних и топло поцинкованих челичних стубова који се користе у јавном осветљењу“ (студија), Наручилац: ЕДБ, 2005.
- [12] G. Archenhold, "Guangzhou: full of eastern promise", *Technology/LED*, pp. 82-88, 2010.
- [13] М. Б. Костић, „Водич кроз свет технике осветљења“, Minel-Schreder, Београд, 2000.
- [14] J. L. Moyer, "The landscape lighting" (2nd edition), John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- [15] М. Костић и Л. Ђокић са сарадницима, "Препоруке за пројектовање, извођење и одржавање функционалног и декоративног јавног осветљења у Београду" (студија), Наручилац: Град Београд, 2007.
- [16] М. Костић, Ј. Трифуновић, Ж. Ђуришић и М. Јечменица, "Техно–економска анализа употребе постојећих уређаја и система за уштеду електричне енергије у јавном осветљењу" (студија), Наручилац: ЈП за изградњу Обреновца, 2009.
- [17] М. Костић и Л. Ђокић, "Мастерплан јавног функционалног осветљења Обреновца" (студија), Наручилац: ЈП за изградњу Обреновца, 2009.
- [18] Institution of lighting engineers (ILE), "Understanding LEDs", 2009.
- [19] Brinjac Engineering, "Highlighting South Bethlehem – an architectural lighting plan", 2002.
- [20] Department of public works of the city of Minneapolis, "Minneapolis parks & recreation board street lighting policy" (draft), July 2004.

- [21] R. de Alessi, "Lighting design: lighting master plan for Downtown Memphis", 2001.
- [22] S. Lettner, "Illumination master plan for Vienna", 2008.
- [23] S. Kornis and L'Observatoire International, "Buffalo Bayou lighting and public art master plan", New York, 2001.
- [24] City of Melbourne, "Lighting strategy", 2002.
- [25] IESNA, "Lighting handbook – reference and application" (9th edition), New York, 2000.
- [26] CIE Division 5, TC 5.21, "A guide to masterplanning urban lighting" (draft report – 7a.1), July 2007.
- [27] N. Shchepetkov, "Lighting master plan", Proceedings of Urban nightscape 2006, pp.124-126, Athens, 2006.
- [28] М. Б. Костић, "Осветљење путева", Minel–Schreder, Београд, 2006.

5. АРХИТЕКТОНСКО ОСВЕТЉЕЊЕ

5.1. Опште о архитектонском осветљењу

Архитектонско осветљење треба да испуни већи број функција, међу којима се издвајају идентитет и симболика, а понекад и престиж.

Одговоран приступ изради пројекта осветљења архитектонски вредног објекта подразумева разумевање односа и анализу детаља, да би се, као резултат, истакло оно што објекат јесте, а не оно што би пројектант могао да пожели да објекат постане.

Кључ доброг осветљења је квалитет, а не квантитет светлости, јер се боље видне перформансе пре могу постићи мањим побољшањима у квалитету светлости, него повећањем њеног интензитета.

Треба нагласити да архитектонско осветљење објекта има смисла само ако на њему не постоје оштећења (њих би осветљење само нагласило). Такође треба избећи да се осветљењем потенцирају несавршености фасаде. Уколико оне постоје, не треба примењивати решење са рефлекторима који су лоцирани уз фасаду и чији је сноп паралелан са њеном равни.

Утисак о архитектонском осветљењу зависи од карактеристика извора светлости, броја, облика и величине светиљки, као и од њиховог положаја и оријентације у односу на:

- а) простор у коме се налазе,
- б) површине које осветљавају, и
- в) кориснике простора.

5.1.1. Фактори квалитета архитектонског осветљења

Ниво осветљености

У циљу квалитетнијег естетског утиска, нивои осветљености појединих делова простора морају бити у складу са њиховим архитектонским вредностима. Код спољног осветљења објеката ниво осветљености у великој мери зависи од сјајности окружења, рефлектујућих својстава

површина које се осветљавају и потребе за истицањем одређених елемената објекта.

Равномерност осветљености

На равномерност осветљености доминантно утичу светлотехничка карактеристика светиљке и растојање светиљке од површине која се осветљава.

Боја светлости

Само светлост која садржи таласне дужине које осветљене површине рефлектују може верно да прикаже боје. У случају примене погрешног извора светлости корекције су немогуће, јер никакви додаци извору (у смислу филтера или пригушивача) неће „поправити” боју.

Бела светлост може имати нижу температуру боје, када боље приказује топле тонове, или вишу температуру боје, када, богатија плавим и зеленим делом спектра, боље приказује хладније тонове.

Овде посебно издвајамо метал-халогене изворе који представљају побољшану варијанту живиних извора. У њиховом горионику, осим живе и аргона, налазе се и халогениди различитих метала (најчешће јодиди), који омогућавају стварање различитих емисионих спектра. Због тога придружена температура боје метал-халогених извора може бити од 2500 K до 6000 K. Даљим развојем оваквих извора произведени су метал-халогени извори са керамичким гориоником чија су побољшања: стабилност температуре боје светлости током целог животног века извора и већа светлосна искористивост (до 95 lm/W).

За посебне ефекте у спољном осветљењу користи се и ласерска техника (ласер је уређај који производи светлост изузетно уског снопа, чиме се веома појачава њен интензитет). Ласер се састоји из три основна дела:

- цевчице са гасом који емитује светлост,
- пројектора који формира веома узак сноп светлости, и
- компјутера којим се контролише перформанса.

Ласерска цевчица испуњена аргоном емитује светлост у деловима спектра плаве и зелене боје, док цевчица са криптоном емитује светлост црвене боје.

Ласере треба примењивати само у посебним и ретким приликама спектакла, независно од тога да ли се користе за пројектовање одређених слика или порука, или за производњу уских светлосних снопова, који се, усмерени према небу, крећу кроз простор.

Пошто енергија концентрисана у веома уском снопу светлости може да оштети мрежњачу ока, неопходно је да минимална растојања између снопа и људи износе:

- 3 m вертикално, и
- 2,5 m хоризонтално.

Последњих година све су актуелнији и LED извори. Спецификација боје LED извора одређује се према доминантној таласној дужини светлости коју извор емитује. LED рефлектори са чиповима беле боје светлости, релативно малих димензија и усмерених снопова светлости, све се чешће примењују у архитектонском осветљењу.

Монохроматска светлост оставља ефектан утисак само ако се примењује за осветљавање неутралних површина без значајних архитектонских вредности. Адекватна је и за осветљавање мањих површина, и то као акценат.

LED извори пружају најбоље могућности за креирање динамичних светлосних ефеката. При томе треба имати у виду да динамично осветљење углавном смета људима у непосредном окружењу, због чега га, ако је дуготрајно, треба примењивати на изолованим објектима. Међутим, уколико динамично осветљење карактеришу споре промене боје или интензитета светлости, оно може да буде прихватљиво и у гушће насељеним срединама.

Репродукција боја

Квалитет извора светлости описује се и помоћу индекса репродукције боја, који је показатељ способности извора светлости да верно приказује (репродукује) боје предмета које треба да буду што ближе природним (онима које видимо при дневној (подневној) светлости). Извори светлости блиских температура боје могу имати потпуно различит спектрални састав и због тога веома различите индексе репродукције боја. Када кажемо да је репродукција боја неког извора светлости *добра* или *лоша*, свесно или подсвесно изглед предмета поредимо са њиховим изгледом у условима природне светлости. Иако се температура боје дневне светлости непрекидно мења у току дана, при чему разлике износе и по неколико хиљада келвина, промене боја предмета осветљених дневном светлошћу једва се примећују, због способности хроматске адаптације ока посматрача.

Иако репродукција боја не зависи од боје светлости извора, предмете и површине код којих преовлађују топли тонови пожељно је осветљавати применом извора светлости топле боје, док је површине хладних боја пожељно осветљавати светлошћу више температуре боје. Разлог је у томе што извори топле боје емитују светлост богатијег спектра у опсегу већих таласних дужина (црвене, жуте, зелено-жуте боје), док су у спектру извора хладних боја више заступљена зрачења зелено-плаве, плаве и љубичасте боје.

Расподела сјајности

Сјајност је једина фотометријска величина коју око непосредно осећа, због чега представља мерило светлосног утиска.

Расподела сјајности у видном пољу је један од најважнијих фактора квалитета осветљења. За одређени ниво осветљености, разлике у сјајности резултат су разлика у способности рефлексije осветљених површина.

Расподела сјајности у простору треба да одговара хијерархији вредности коју имају површине или предмети који се осветљавају. Код спољног осветљења, а у циљу постизања одговарајућих контраста, неопходна сјајност осветљених површина зависи и од сјајности непосредног окружења (околних објеката или просторне целине у оквиру које се објекат налази).

У зависности од типа извора светлости који се у њој налази, као и од конструкције саме светиљке, расподела светлости коју светиљка емитује може бити различита (усмерена, дифузна, полудифузна). Усмереном светлошћу се наглашавају тачке од интереса и стварају контрасти, док дифузна или полудифузна светлост има улогу уједначавања сјајности и ублажавања сенки.

Ограничење директног бљештања и рефлектованих одраза

Бљештање изазива појава сјајности у видном пољу која је много већа од сјајности на коју је око било адаптирано.

Директно бљештање је резултат светлости која се креће директно од извора до ока. Ограничење директног бљештања од светиљке подразумева ограничење њене сјајности у правцу очију посматрача. Ипак, негативан ефекат који бљештање изазива не зависи само од сјајности у видном пољу,

већ и од сјајности непосредног окружења (ефекат је утолико мањи, уколико је она већа).

Једна од важних улога светилке је да смањи бљештање извора. На ограничење бљештања пре свега утиче повећана површина кроз коју се емитује светлост извора, а затим и делови светилке који на различите начине усмеравају светлост (рефрактори, дифузори, штитници,...). Адекватним позиционирањем светилке треба постићи да бљештање буде смањено или елиминисано у видном пољу посматрача.

Приликом осветљавања објеката са прозорима или другим усмерено рефлектујућим површинама, светилке треба тако позиционирати да не дође до појаве њихових рефлектованих одраза.

Смер упада светлости и сенке

На истицање објеката и површина у великој мери утичу смер упада светлости и сенке које зависе од положаја и карактеристика светилки. Природна светлост стиже одозго и, састављена од дифузне и усмерене компоненте, ствара идеалне сенке које нам омогућавају да јасно видимо и разликујемо предмете у окружењу. Ситуација са архитектонским осветљењем је битно другачија, јер је светлост рефлектора концентрисана и најчешће усмерена навише. У архитектонском осветљењу посебну пажњу треба посветити поништавању или ублажавању естетски неприхватљивих сенки.

Енергетска ефикасност

Глобално загревање планете довело је до тога да и у архитектонском осветљењу треба водити рачуна о енергетској ефикасности, која подразумева употребу енергетски ефикасних извора светлости, као и светилки са оптимално конструисаним оптичким деловима и високим степеном механичке заштите (најмање IP65). Треба размотрити и употребу уређаја за регулацију светлости, као и искључивање инсталације осветљења у касним ноћним сатима.

Естетски изглед светилке и њена компатибилност са окружењем

Утисак о неком простору стиче се на основу облика, материјализације и распореда елемената који се у њему налазе (канделабри, светилке, скулптуре и др.), као и на основу њихових међусобних односа. Сваки

елемент може да представља визуелни знак који олакшава оријентацију у простору. Важно је да су светиљке у складу са архитектуром и атмосфером која се жели постићи. Светиљке могу представљати и сметњу у видном пољу, посебно када непотребно одвлаче пажњу.

Естетски изглед светиљки је посебно значајан током обданице. Осим облика и величине, значајна је и боја њихових видљивих делова. Колико год да је бесмислено бирати светиљке искључиво на основу њиховог изгледа, једнако је бесмислено занемарити ефекат који ће њихов изглед произвести.

Светлосно загађење

Проблематика светлосног загађења детаљно је обрађена у поглављу 9.

5.1.2. Допринос осветљења истицању архитектонских вредности

Обавеза је пројектанта осветљења да подржи основну архитектонску концепцију објекта. То значи да је код објекта са архитектонским вредностима потребно разумети и решењем осветљења адекватно приказати вредности елемената, као и целине објекта. Вештачко осветљење нуди разноврсне приступе, отварајући и могућност остваривања бољег, ефектнијег или интересантнијег утиска од оног који се има у условима дневне светлости.

Могућности вештачког осветљења које могу да одговоре архитектонским захтевима су следеће:

1. Могућност истицања стилских елемената, детаља или орнамената, као и могућност наглашавања одређених делова објекта у много већој мери него што је то случај у условима дневне светлости.
2. Уколико је динамичност израза стилска вредност или квалитет који је у основи концепције објекта, могуће је то истаћи осветљењем, креирајући ефекте којих нема при дневној светлости. Једна од могућности је приказана на слици 5.1, на којој је представљено „негативно” осветљење објекта. Први план фасаде је остављен у мраку, а осветљен је други план (обрнуто него у условима дневне светлости). Негативно осветљење пружа могућност истицања површина које при дневној светлости остају у сенци и, пошто нема мрачних ниша, обезбеђује сигурност пролазницима у ноћним условима.



Слика 5.1 Пример „негативног” осветљења

3. Могућност наглашавања хијерархије вредности стилских елемената, чиме се доприноси истицању основне идеје и очувању духа објекта.
4. Могућност истицања пропорција или равнотеже фасаде у смислу јасног издвајања пуних и „празних” (стаклених) површина.
5. Могућност реализације утисака који су другачији од оних који се имају при природној светлости (примена светлости у боји или динамичног осветљења).
6. У условима природне светлости равна стаклена фасадна површина има могућност рефлексије околине, чиме се ствара атрактиван ефекат, нарочито због промена које током дана изазива природна светлост. У ноћним условима стаклене фасаде нису захвалне за спољно осветљење, али осветљење изнутра омогућава претварање фасаде у интересантну транспарентну површину са приказом ентеријера.

5.1.3. Архитектонски, урбанистички и стилски захтеви који утичу на квалитет осветљења

Током процеса пројектовања архитектонског осветљења могу се издвојити следећи архитектонски, урбанистички и стилски захтеви на које пројектант посебно треба да обрати пажњу:

- истицање објекта у контексту ширег градског окружења,
- сагледивост објекта из одређеног правца или праваца,
- доминација објекта у оквиру елемената градске структуре,
- препознатљивост или доминација објекта у ноћним условима која не постоји при дневној светлости,

- истицање ритмичности фасаде или динамичности израза,
- приказивање другог плана или претварање фасаде у транспарентну површину са приказом ентеријера, и
- истицање хијерархије вредности стилских елемената, детаља или орнамената.

Истицање објекта у контексту ширег градског окружења (панорамско сагледавање)

Да би се обезбедила видљивост објекта у контексту ширег градског окружења, важно је да његова сјајност буде већа од сјајности осталих објеката из његовог непосредног окружења и упоредива са сјајношћу истакнутих објеката из ширег градског окружења. Уколико није могуће постићи истицање помоћу разлике у сјајности, алтернатива је разлика у боји светлости, при чему се не препоручују превелике разлике у температури боје. Систем осветљења треба да обезбеди такву расподелу сјајности која ће омогућити да форма и израз објекта могу да се препознају и са веће удаљености. Због тога треба избегавати јаке контрасте, јер се утисак о њима појачава са повећањем удаљености посматрача, чија је последица губитак јасне представе о форми објекта. Посебну пажњу треба посветити елиминацији бљештања, нарочито ако рефлектори нису постављени на самом објекту.

Сагледивост објекта из одређеног правца или праваца (доминација објекта у оквиру уже градске визуре)

Ако је циљ осветљења истицање објекта у оквиру одређене визуре, неопходно је да његова сјајност у оквиру те визуре буде највећа. Уколико није могуће постићи истицање помоћу разлике у сјајности, алтернатива је разлика у боји светлости, при чему разлике у температури боје не треба да буду превелике. Правилан избор типа сваког рефлектора и његово адекватно позиционирање и усмеравање представљају кључ за елиминацију бљештања.

Светлост треба да обезбеди допадљиве сенке ако на објекту постоје орнаменти који захтевају добро моделовање. Контрасти не смеју да буду прејаки како се не би угрозила представа о форми објекта.

Доминација објекта у оквиру елемената градске структуре (улице, трга, блока)

Као и код претходног захтева, неопходно је обезбедити сјајност која је већа од сјајности околних објеката, а понекад је могуће применити и светлост у боји. С обзиром на то да се ради о сагледивости објекта у оквиру одређеног елемента градске структуре, као што је улица, трг или блок, растојање са ког се објекат посматра мање је него у претходна два случаја. Због тога су могући и већи контрасти да би се диференцирале површине различитих вредности. И у овом случају су важни правилан избор, позиционирање и усмеравање рефлектора да би се ограничили расута светлост и бљештање у видном пољу возача, пешака и корисника објекта.

Напоменимо и да добра репродукција боја доприноси привлачности објекта који се посматра са мање удаљености.

Препознатљивост или доминација објекта у ноћним условима која не постоји при дневној светлости

Понекад локација објекта, његова материјализација или непосредно окружење онемогућавају да архитектонски или историјски вредан објекат дође до изражаја у условима дневне светлости. Вештачко осветљење омогућава да се у ноћним условима ситуација промени и да се креирају другачији ефекти. Да би се постигла доминација објекта, неопходно је да његова сјајност буде већа од сјајности околних објеката или да се од њих разликује по боји. Равномерност сјајности је пожељна ако се објекат сагледава са веће удаљености, са које није могуће разазнати детаље. У супротном случају, разлике у сјајности појединих делова објекта допринеће његовој изражајности. И у овом случају посебну пажњу треба посветити елиминисању бљештања.

Истицање ритмичности фасаде или динамичности израза, ако је то квалитет који је део основне концепције објекта

Ритмичност фасаде или динамичност израза могу једноставно да се потенцирају осветљењем, наглашавањем ритма и постизањем одговарајућих контраста.

Приказивање другог плана или претварање фасаде у транспарентну површину са приказом ентеријера

Осветљавањем другог плана фасаде, при чему први план остаје неосветљен, ствара се утисак дубине простора између два плана фасаде, истичу детаљи на другом плану који током обданице углавном остају у мраку и појачава осећај сигурности при проласку поред објекта (други план фасаде је видљив и јасан). Осветљавање објеката са стакленом фасадом подразумева други тип негативног осветљења, код кога се осветљењем ентеријера омогућава да објекат буде видљив у спољном простору. Ниво осветљености ентеријера ноћу треба да буде значајно нижи од нивоа осветљености функционалног осветљења истог простора. Неопходна је равномерност осветљености у оквиру целог објекта или у оквиру сваке од његових осветљених целина.

Истицање хијерархије вредности стилских елемената, детаља или орнамената

Очувању духа објекта доприноси осветљење које обезбеђује такву расподелу сјајности која одговара хијерархији вредности елемената објекта или фасаде.

5.1.4. Смернице за пројектовање архитектонског осветљења појединачних објеката као део мастерплана

Мастерплан треба да садржи смернице за пројектовање архитектонског осветљења свих појединачних објеката који су у њему издвојени као значајни (зграде, мостови, фонтане, споменици,...). Оне треба да представљају основу за израду пројектног задатка. Поглавља 5.2-5.5 садрже детаљне и конкретне препоруке за осветљење зграда, мостова, споменика и фонтана. У прилозима студије (поглавља 19.2 и 19.3) дати су примери таквих смерница за различите типове објеката који су издвојени мастерпланом Обреновца, као и примери смерница за пројектовање архитектонског осветљења два објекта издвојена мастерпланом Јужног Витлејема у САД-у (референца 2).

5.2. Препоруке за архитектонско осветљење зграда

Потпуно свесни чињенице да препоруке у овој области могу бити схваћене као скуп правила која ограничавају креативност, аутори ове студије су уложили много напора у покушају да пројектантима архитектонског осветљења:

- укажу на многобројне релевантне факторе које треба узети у обзир приликом израде пројекта,
- скрену пажњу на поједина неприхватљива решења,
- сугеришу тимски рад, односно учешће представника свих неопходних струка, и
- укажу на значај вршења проба на лицу места.

5.2.1. Увод

Дневна светлост је усмерена, ако долази директно од Сунца, или дифузна, ако долази од облачног неба. Сунце представља велику површину у односу на „минијатурне“ димензије планете Земље, тако да је дневна светлост површински извор светлости истог интензитета у свим правцима. За разлику од дневне светлости, вештачко осветљење поседује могућност истицања значајних елемената зграде који при дневној светлости не морају да буду уочљиви. Осветљењем се могу акцентовати елементи стила, декоративни детаљи, рељефи и орнаменти, који могу да поседују историјске, архитектонске или уметничке вредности.

5.2.2. Приликом дефинисања концепције архитектонског осветљења објекта потребно је водити рачуна како о сагледавању објекта из близине, тако и о његовом панорамском сагледавању (ако оно постоји).

У густом уличном фронту, фасаде се најчешће сагледавају са растојања блиских ширине улице, односно са наспрамног тротоара. У оваквим случајевима нису неопходни високи нивои осветљености, али је неопходно потенцирање свих атрактивних делова, елемената и детаља. Ако објекти имају фасаде у бојама, треба користити изворе светлости одличне репродукције боја, који доприносе и приказу материјалности. Читаве градске четврти у земљама западне и северне Европе садрже куће разнобојних фасада. На сл. 5.2 је приказана трговачка улица са низом таквих кућа, чије осветљење адекватно приказује њихов прави изглед и материјализацију, чинећи их привлачним.



Слика 5.2 Трг у Свидници, Пољска

На сл. 5.3 је приказана перфектно осветљена зграда библиотеке, која је сагледива и са дистанце од око 100 m. Независно од тога, на њој су јасно истакнути сви важнији делови, елементи и детаљи. Осветљење је потенцирало хијерархију њихових вредности, која је јаснија него у условима природне светлости. Иако вештачко осветљење објекту даје умерену драматику, њиме је постигнута апсолутна хармонија. Коса равна крова је реално приказана, јер је осветљењем појачан утисак перспективе. Примењен је поступак за приказивање дубине простора који се користи у сликарству, а састоји се у слабијем осветљавању удаљенијих елемената. Треба напоменути да је и архитекта користио исту методу, смањивањем димензија удаљенијих елемената (кровних прозора).



Слика 5.3 Универзитетска библиотека, Лувен, Белгија

Да би се објекат истакао у панорами града, неопходно је анализирати како се он односи према непосредном и даљем окружењу. На сл. 5.4 је приказана панорама града Келна, у коме су применом различитих концепција осветљења акцентовани поједини значајни објекти, издвојени из масе других који такође поседују архитектонске и историјске вредности. При томе треба истаћи да величина и позиција објекта утичу на његов значај у панорамској визури. Пример са сл. 5.4 потврђује да објекат увек мора да се посматра у односу на град, а не изоловано.



Слика 5.4 Панорама Келна

Да би град и ноћу показао своје лепоте, потребно је да се осветљењем истакну објекти од значаја. Такви објекти могу грубо да се поделе на оне који поседују историјску вредност и на дела савремене архитектуре. При томе треба истаћи да се у панорамама многих европских градова издвајају објекти најразличитијих архитектонских стилова.

Објекти који поседују архитектонске, историјске и стилске вредности представљају наслеђе града. Они показују историју, развој и континуитет у времену, а тиме и одрживост и традицију једног народа. Декорације на фасадама нас уче о умећу и вештинама давних мајстора и уметника. Њихова вредност и лепота је често у орнаментици и украсима, због чега такве детаље треба истаћи вештачким осветљењем.

Светлост може да унапреди и град који не делује привлачно, али му исто тако може и штетити. На пример, светлосно загађење је честа појава у великим градским центрима. У свету новца и капитала све је оправдано у циљу привлачења нових клијената. Расипање светлости у великим пословним зонама користи се за истицање солитера у густом градском ткиву. Због пословног престижа сваки власник жели да његов објекат буде репер, па је такмичење у бљештању кровова облакодера неизбежно. Слика 5.5 приказује сиднејско небо великог сјаја који ствара светлост из најуже градске зоне. На таквом небу звезде се и не примећују, док град који бљешти делује заморно када се дуже посматра. Једна пословна зграда која подсећа на објекте чикашке школе архитектуре, приказана на сл. 5.6,

„оштећена” је превеликом осветљеношћу горњих етажа. Праве стилске вредности овог објекта, базиране на форми, одбачене су непотребним истицањем горњег дела објекта. Још је лошије осветљен објект на левој страни сл. 5.6, чији је већи, доњи део остао у потпуном мраку, чиме је створен утисак да највиши део зграде лебди у ваздуху.



Слика 5.5 Сиднеј, Аустралија



Слика 5.6 Сао Паоло, Бразил

5.2.3. Приликом пројектовања архитектонског осветљења, свакако треба извршити пробе на лицу места.

Инвеститори често захтевају и компјутерске симулације. Оне су свакако добродошле. Међутим, једино добро испланиране пробе на лицу места омогућавају уочавање свих негативних ефеката иницијалног решења (неодговарајући ниво сјајности, неадекватна боја светлости, истицање неравнина фасаде, прејаки контрасти, неприродне сенке, бљештање, ометајући одрази,...). Такође, једино се у оквиру оваквих проба могу пронаћи решења за поништавање набројаних негативних ефеката.

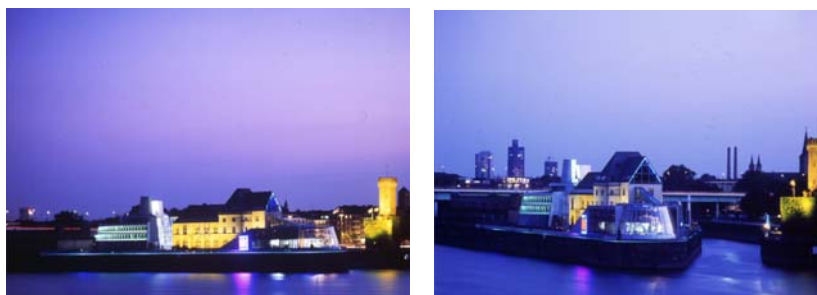
5.2.4. Ако се сјајношћу не може постићи дистинкција објекта у односу на околину, треба размотрити могућност да се он истакне применом светлости у боји.

Често се у ове сврхе примењују филтери или LED извори у боји. Увек треба пажљиво бирати боје, јер монохроматска светлост мења стварни изглед фасаде. На сл. 5.7 је приказан Амонов храм у Луксору, осветљен применом три различите боје светлости. Циљ је био да се главни део грађевине - Божански храм издвоји од помоћних зидина са стране и делова који су касније дограђени. Уместо тога, добијено је шаренило које не пружа јасну представу о хијерархији делова који су осветљени помоћу светлости различитих боја.



Слика 5.7 Луксор, Египат

На сл. 5.8 приказан је комплекс састављен од једног рестаурираног и два модерна, дограђена објекта. Помоћу светлости у боји постигнута је дистинкција старијег објекта у односу на нове, стаклене.



Слике 5.8 Истицање објекта помоћу разнобојне светлости

5.2.5. Приликом осветљавања тврђава и старих зидина треба узети у обзир препоруке и коментаре који следе.

Тврђаве и старе зидине обично представљају део градске панораме који се сагледава са већих удаљености (до 10 km). Због тога захтевају више нивое осветљености. На сл. 5.9 и 5.10 приказани су делови Калемегданске тврђаве које карактеришу превисоки нивои осветљености и велика неравномерност (прејаки контрасти). Овако високи нивои осветљености нису били неопходни, јер је околина у потпуном мраку. Уз то, они не само да умањују реалан приказ зидина и њихове материјалности, него и сметају шетачима. Изгледа да се равномерности није ни тежило, иако је њено постизање било неопходно, јер се ради о површинама истог квалитета и значаја.



Слика 5.9 Калемегданска тврђава, Београд



Слика 5.10 Калемегданска тврђава, Београд

Осветљење тврђаве на сл. 5.11 врло је ефектно. Адекватним нивоом осветљености и истицањем линије врха зидина, посматрачу се даје јасна информација о просторном плану зидина, односно јасно се показује шта је испред, а шта иза.



Слика 5.11 Тврђава у Колумбији

На сл.5.12 приказан је још један начин да се истакне просторни план зидина или тврђаве. То је постигнуто применом светлости различитих боја, чиме је локалитет приказан у својој пуној тродимензионалности.



Слика 5.12 Осветљење тврђаве применом светлости различитих боја

Неретко су тврђаве и зидине делови градског парка, чија се шеталишта понекад налазе поред зидова који су интензивно осветљени. Поред бљештања које изазивају рефлектори, и висок ниво осветљености зидова може да смета, изазивајући замор при дужем посматрању тако осветљених површина. У оваквим ситуацијама само пробе на лицу места могу да доведу до решења које неће карактерисати поменути негативни ефекти, а које ће, уз то, обезбедити атрактиван ноћни изглед тврђаве или зидина док се посматрају са већих удаљености.

Да би се избегле велике разлике у осветљености горњих и доњих делова зидина осветљених из близине, решење треба тражити или у употреби асиметричних рефлектора који интензивније осветљавају горње делове зида, или у употреби парова рефлектора, од којих би један, ужег снопа, осветљавао горње делове зида, а други, средњег или широког снопа, који карактеришу мањи светлосни интензитети, доње делове зида.

Када зидине, тврђаве или дворци нису у урбаној зони, или су издвојени из града, осветљење нема са чим да се такмичи. Како је позадина мрак, низак ниво осветљености је довољан да објекат изгледа атрактивно. На сл. 5.13 приказан је осветљени Акропољ, који се налази на узвишењу. Управо због тога је низак ниво осветљености испунио захтеве за његовим истицањем.



Слика 5.13 Акропољ, Атина

5.2.6. Ако се светиљке постављају изван објекта, треба избећи појаву неприродних и ружних сенки које могу да створе дрвеће и други елементи који се налазе између светиљки и фасаде.

Идеје и концепције осветљења су врло разноврсне, а ограничавају их једино техничко-просторне могућности. Положај рефлектора може одлучујуће да утиче на решење осветљења. Када се рефлектори постављају на фасаду, увек је проблем њихова величина, положај и боја. Не би требало

да у дневним условима светиљка буде уочљив детаљ на фасади. Због тога, боју рефлектора треба одабрати у тону дела фасаде на коме је рефлектор лоциран.

Ако се светиљке постављају изван објекта, проблем могу да представљају дрвеће, електрични каблови и други елементи који се налазе између светиљки и фасаде. Они могу да стварају непотребне и ружне сенке. Пројектант осветљења мора да узме у обзир (претпостављени) изглед олисталог дрвета.

На сл. 5.14 видимо средњовековну грађевину која је осветљена помоћу рефлектора са изворима светлости великих снага, постављених око објекта. Пошто се дрвеће налази између фасаде и светиљки, на фасади се уочавају ружне сенке, које изгледају као флеке. Решење осветљења овог објекта је врло лоше, јер нема тродимензионалности, која је поништена светлошћу нормално усмереном на фасаду, а ни кров објекта није осветљен.



Слика 5.14 Пример лоше постављених рефлектора

Ако се рефлектори постављају на кровове околних зграда, посебну пажњу треба посветити ограничењу бљештања. Овај проблем се најчешће решава повлачењем рефлектора уназад, према средини крова, са циљем да уопште не буду видљиви са простора улице или трга. Једино пробама на лицу места може да се дође до оптималног решења, које треба да карактеришу минимално бљештање и максимална осветљена површина наспрамне фасаде или крова.

5.2.7. Потребно је да се помоћу вештачког осветљења прикаже архитектонски или стилски израз, водећи рачуна о уравнотеженим контрастима и елиминацији естетски неприхватљивих сенки.

На сл. 5.15 истакнуте су и вертикална и хоризонтална подела фасаде, што је карактеристика приказаног објекта. Посебно је потенциран централни мотив. Прозори су превише осветљени, чиме су створени прејаки контрасти

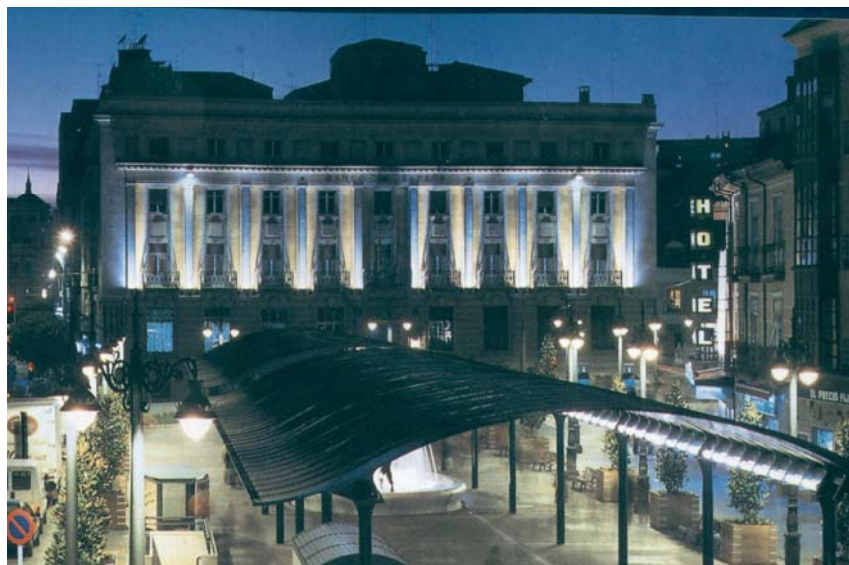
са неосветљеним деловима фасаде. Неоправдано су остали неосветљени тимпанон на врху објекта и аркаде са рељефима на нивоу прве етаже. Сцену улепшава дрвеће које није остављено у мраку.



Слика 5.15 Башта Музеја Викторије и Алберта, Лондон

Елементи фасаде, као што су рељефи, венци, пиластри и розете, углавном се појављују само на појединим њеним деловима. Ако се осветле само ови елементи, целина фасаде остаје недефинисана. Да би детаљи на фасади били схваћени у пуној вајарској замисли, морају да буду приказани онако како су и замишљени - као део објекта. Због тога је понекад потребно да се представа о целини објекта постигне „допунским” општим осветљењем, које треба да омогући и сагледавање контура, облика и пропорција објекта.

На сл. 5.16 видимо објекат на коме су осветљени само пиластри, и то применом чудног концепта са две симетричне бљештаве тачке!? Средњи појас са пиластрима заиста представља најлепши део ове зграде, али је он на овај начин изолован, односно одвојен од целине, па је објекат приказан „без главе и ногу”.

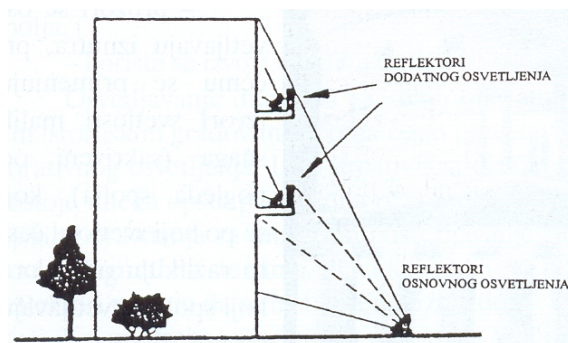


Слика 5.16 Шпански трг, Ваљадолид, Шпанија

Форма архитектонски вредног објекта треба да се истакне. То може да се постигне истицањем вертикалних ивица, венца крова, међуспратних конструкција, зидног платна, итд. На сл. 5.17 приказан је објект чија је концепција одређена решеткастим стакленим елементом и хоризонталним испустима балкона. Објект са таквом поделом тешко је осветлити из близине, јер нише и испади на фасади могу да створе дубоке, неприродне сенке. Да би се оне елиминисале, морали би да се предвиде и локални извори светлости који би осветљавали места која су остала у сенци (сл. 5.18). На сл. 5.17 видимо реализацију радикалне идеје прејаког истицања балкона помоћу две траке које испадају из површине фасаде.



Слика 5.17 Шведска кућа, Вашингтон



Слика 5.18 Комбинација основног и додатног (локалног) осветљења хоризонтално рашчлањене фасаде

На сл. 5.19 приказан је пример класичне зграде са хоризонталном поделом фасаде. Иако је ова подела осветљењем јасно назначена, решење је могло да буде много боље да нема непотребно јаких контраста на нивоу друге етаже и да је кров адекватно представљен. Уз то, с обзиром на тамно окружење зграде, ниво сјајности фасаде је превелик.



Слика 5.19 Хотел у Атини

На сл. 5.20 приказан је објекат са хоризонталном поделом фасаде која је истакнута осветљењем. Хоризонталне линије су истакнуте тако што су ограде балкона, које нису пуне, остале неосветљене (примењен је принцип „контра светла“). Недостатак овог решења је једнак ниво осветљености и на предњој и на бочним фасадама, чиме се поништава доживљај дубине простора. Било би боље да је предња фасада јаче осветљена од бочних и да је њен централни део посебно истакнут.



Слика 5.20 Пример фасаде чија је хоризонтална подела наглашена осветљењем

На сл. 5.21 приказан је део објекта који поседује декоративну пластику. Применом светлости беле боје, вертикалне ивице и декорација објекта су коректно представљене, иако је њихова сјајност требало да буде мања. Делови који су остављени у мраку су недовољно дефинисани и објекту дају непотребну драматику. Централни део фасаде чине стубови са капителима, осветљени плавом бојом, која апсолутно одудара од основне концепције осветљења и деградира стубове као нејепше елементе фасаде.



Слика 5.21 Градско позориште, Лувен, Белгија

5.2.8. Посебну пажњу треба посветити осветљењу крова.

Кров је саставни део зграде који учествује у равнотежи целе структуре, због чега се у оквиру решења осветљења никако не сме игнорисати. Обично се осветљењем третирају коси кровови, јер су они скоро увек видљиви. Ако се

рефлектори за осветљење крова постављају на сам кров, они се, због скривања од погледа посматрача, углавном лоцирају иза атике, кровних прозора, димњака и осталих погодних елемената крова. Тако лоцирани, прилично неравномерно осветљавају кров. Пошто он углавном представља површину без детаља, овакво неравномерно осветљење са јаким контрастима често није прихватљиво. У највећем броју случајева боље је да кров буде равномерно осветљен. То се најбоље постиже помоћу усконопних рефлектора смештених на растојању најмање једнаком двострукој висини фасаде. Кровне површине су обично израђене од материјала који су тамнији од материјала фасаде, тако да је при дневној светлости њихова сјајност нижа од сјајности фасаде. Природно је да се такав однос задржи и при вештачком осветљењу.

Кров са сл. 5.22 осветљен је помоћу рефлектора који су постављени изван објекта, што је добро решење. Овај објекат има кровне прозоре који стварају сенке на равномерно осветљеној површини крова. Иако то овде није случај, сенке које стварају баце или декоративни кровни елементи често могу да наруше изглед крова.



Слика 5.22 Кров осветљен помоћу рефлектора постављених изван објекта

Слика 5.23 приказује куполу која је тако јако осветљена да изгледа као да лебди изнад црнила необјашњивих грађевина које су у првом плану. Негативно осветљење колонада испред куполе представља покушај да се истакне дужина објекта. Најзначајнији и вероватно најбоље декорисан део објекта чине куле и предњи план, који су остављени у мраку. Лоцираност изнад воде као предност, због могућности постизања одсјаја, није нимало искоришћена.



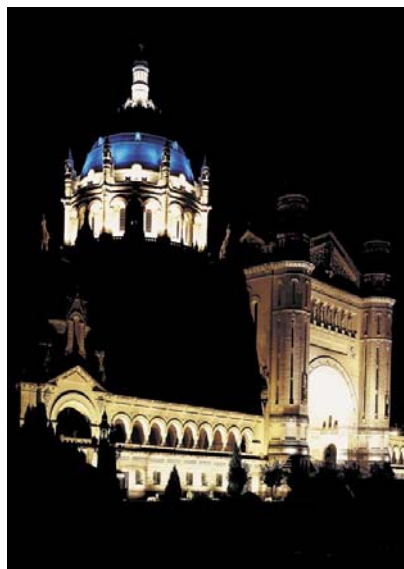
Слика 5.23 Катедрала у Будимпешти

Атрактивно решење осветљења крова приказано је на сл. 5.24. Тешкоће при постизању равномерне осветљености крова превазиђене су умереном разнобојношћу. Када је равномерност тешко постићи, решење треба тражити у примени ритмичног осветљења или светлости у боји.



Слика 5.24 Версајски дворца, Француска

Својим обликом и лепотом, куполе не доприносе само изгледу крова, него и целог објекта. Оне спадају у најтеже елементе за осветљавање, јер крива површина веома тешко може равномерно да се осветли. Рефлекторима смештеним иза венца куполе осветљава се њен доњи део, док врх обично остаје у мраку. Један такав пример приказан је на сл. 5.25.



Слика 5.25 Базилика Свете Терезе, Лисије, Шпанија

Боље решење је да се купола осветли помоћу усконопних рефлектора са изворима светлости веће снаге, постављених на суседним објектима чија је висина већа или приближно иста са висином врха куполе (сл. 5.26). За овакво решење неопходна су најмање три правца упада светлости, да би се приказала цела површина куполе.



Слика 5.26 Трг светаца, Нант, Француска

Код објеката модерне архитектуре, слобода је већа и решења могу да буду веома маштовита. Купола објекта приказаног на сл. 5.27 има отворе кроз које светлост излази из ентеријера. Ове светле тачке на полулопти реално приказују њен облик.



Слика 5.27 Међународни трговачки центар Јамагучи, Јапан

5.2.9. Светиљке за осветљавање прозора треба да се поставе или између дуплих прозорских окана, или на симсове прозора.

Веома атрактивна решења могу да се постигну помоћу светиљки са LED изворима температуре боје око 3000 K, које се постављају између дуплих прозорских окана (тада су оне сакривене од погледа споља).

Светиљке које се постављају на симсове прозора првенствено осветљавају прозорске оквири. Ово решење се препоручује ако оквири прозора поседују архитектонску или уметничку вредност.

Прозори, као и стубови и пиластри, учествују у подели фасаде, чиме или постижу њену смиреност, или је оживљавају. Оквири прозора варирају у својој декорацији и, ако су осветљени уским снопом светлости, могу маркантно да издвоје фасаду из низа других. На сл. 5.28 приказано је

решење у коме су ускоснопним рефлекторима истакнути бели оквири прозора на тамној фасади.



Слика 5.28 Хотел у Италији

Постојање непровидних завеса исте боје на свим прозорима (као на сл. 5.29) може да се искористи за постизање ефектног решења, односно приказивање комплетних прозорских површина.



Слика 5.29 Осветљење прозора са завесама

5.2.10. Колонаде треба истаћи осветљењем, и то било директно, било применом принципа „контра светла” (тада се стубови појављују као тамне силуете на светлој позадини).

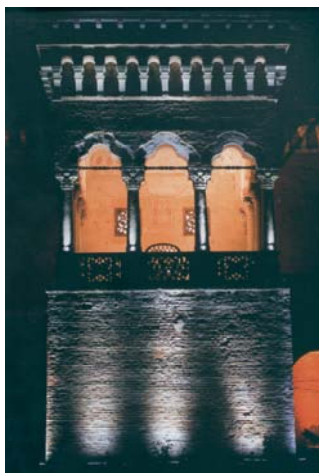
Улогу отвора у фасадном платну имају и колонаде. Оне чине растер на фасади и обезбеђују правилну (равномерну или ритмичну) поделу. Ако имају декорације, оне су углавном у првом плану и због тога се најчешће директно осветљавају. На сл. 5.30 приказан је објект са колонадом коју карактерише декорација на капителима и фризу. Осветљен је први план као

главни, док је дистинкција са позадином изведена применом светлости друге боје. Примећују се ружне сенке у подножју фриза и лоше приказане стопе стубова.



Слика 5.30 Пример осветљења колонаде

На сл. 5.31 приказана је кула палате изузетне архитектуре, декорације и материјализације. С обзиром на разлику у боји првог и другог плана фасаде, има смисла директно осветљење стубова. Нажалост, оно је превише дискретно, тако да декорације на стубовима и венцима нису довољно истакнуте.



Слика 5.31 Палата у Букурешту

Применом принципа „контра светла”, односно осветљавањем само другог плана фасаде, постиже се приказ дубине простора. Објект постаје привлачан пролазницима, јер се отклања подсвесни страх од непознате мрачне дубине коју обично одају објекти са два фасадна плана (сл. 5.32).



Слика 5.32 Зграда Министарства пољопривреде, Будимпешта

Напоменимо да је осветљавање колонаде са једног места неприхватљиво, јер се добијају неприродне сенке на унутрашњем фасадном плану.

5.2.11. Треба избегавати велике разлике у температури боје извора светлости који осветљавају делове исте фасаде. Боја извора светлости треба да је усклађена са доминантним бојама фасаде.

Пример на сл. 5.33 приказује ситуацију са прихватљивом комбинацијом светлости различитих боја. Танане декорације су дошле до изражаја, јер је различитом бојом светлости пажња усмерена на њих.



Слика 5.33 Палата у Шпанији

До појаве великих разлика у температури боје извора светлости помоћу којих се осветљава иста фасада понекад долази ненамерно. Током дужег времена рада поједини извори светлости (на пример, конвенционални метал-халогени) значајно мењају температуру боје, због чега се добијају нежељени ефекти (шаренило) на фасади (сл. 5.34). Због тога се не препоручује употреба обичних, него метал-халогених извора са керамичким гориоником, које карактерише стабилна температура боје.



Слика 5.34 Шаренило фасаде као последица промена температуре боје конвенционалних метал-халогених извора светлости

Боја светлости представља моћно средство за креирање разноврсних утисака. На сл. 5.35 и 5.36 приказана је Градска кућа у Бремену, са фасадом топлих боја и зеленим кровом. За осветљење овог објекта предвиђена су два система, од којих један одговара летњем (сл. 5.35), а други зимском режиму (сл. 5.36). Они стварају психолошки утисак хладног, односно топлог амбијента. За летњи режим су предвиђени извори светлости неутралне беле боје, помоћу којих је постигнут „хладнији ефекат”. Зимски режим предвиђа употребу натријумових извора високог притиска, који изазивају „топлији ефекат”. Негативна страна решења је што је средишњи ризалит, иако архитектонски најзначајнији, остао неосветљен. Приземље у виду трема је осветљено применом „контра светла”, што је у овом случају прихватљиво. Кров је коректно представљен: линије слемена и грбина су тако осветљене да је он приказан као целина.



Слика 5.35 Градска кућа, Бремен, Немачка („хладнији ефекат“)



Слика 5.36 Градска кућа, Бремен („топлији ефекат“)

5.2.12. Улаз у објекат представља прелаз између спољашњег и унутрашњег простора, због чега и осветљењем треба да буде посебно третиран. С обзиром на то да улаз у објекат треба да буде уочљив, неопходно је да његов ниво осветљености буде већи од оног на фасади.

Код објеката као што су хотели и ресторани, улаз се посебно истиче вишим нивоом осветљености и обично топлијом бојом светлости, јер она има психолошко дејство и привлачи људе да уђу унутра, што и представља циљ. На сл. 5.37 приказан је улаз једног екстравагантног објекта савремене архитектуре.



Слика 5.37 Пословни објекат у Мексику

На сл. 5.38 приказан је хотел класичне архитектуре, код кога су осветљењем истакнути горњи део улаза, декорација и конзоле. Топла боја светлости која допире из ентеријера додатно доприноси утиску при погледу споља.



Слика 5.38 Хотел у Лондону

5.2.13. Приликом израде пројекта осветљења фасаде посебну пажњу треба посветити како приказивању фактуре материјала од којих је израђена фасада, тако и приказивању орнамената и рељефа, чију хијерархију осветљење треба да потенцира.

Приликом планирања концепције осветљења треба водити рачуна о природи примењених материјала. Најбољи почетак је детаљна анализа површина објекта и њихових боја. Треба реално приказати и односе декорације и конструктивних елемената (као што су стубови, пиластри, конзоле, кров,...) или функционалних елемената (као што су улази, отвори, степеништа,...). Добро постављене односе елемената зграде треба испратити осветљењем, а у циљу очувања основне идеје аутора објекта.

Објекти модерне архитектуре најчешће не садрже детаље које би требало посебно истаћи. Индустријализација и префабрикација у служби задовољења нараслих потреба људи за животним простором донеле су монотонију и једноличје. Код таквих објеката идеје осветљења су понекад равне сликању на црном платну. Извлачење линија и површина из црнила ноћи често се изводи применом светлости у боји.

Ако је фасада грађена од материјала чију фактуру треба приказати, препоручују се рефлектори слабијег интензитета, које треба што више одмакнути од фасаде. На сл. 5.39 приказана је фасада од веома грубог камена. Осветљена је помоћу два ускоснопна рефлектора, постављена у нивоу терена близу фасаде. Не само да су добијени прејаки контрасти, него фасада ствара непријатан и одбојан утисак. Он би био повољнији да су примењени рефлектори слабијег интензитета и ширег снопа, постављени на

већем растојању од фасаде. С обзиром на величину, функцију и позицију овог објекта, било је примереније да је уместо зидова осветљен улаз.



Слика 5.39 Лоше осветљена фасада

Орнаменти и рељефи обично представљају најлепше делове фасаде, због чега их треба истаћи вишим нивоом осветљености. При томе треба бити веома пажљив, јер висок ниво осветљености може да угрози моделовање рељефа и доживљај дубине. На сл. 5.40 приказан је бели рељеф на тамнијој позадини. Рељеф је допадљиво представљен применом уског линијског рефлектора, иако је његов најнижи део прејакно осветљен. Мала дубина прозорске нише негативно је утицала на равномерност осветљености „чипке“. С обзиром на њихове мале димензије и усмерен сноп светлости, применом LED светиљки ублажили би се наведени недостаци.



Слика 5.40 Објект у Уједињеним Арапским Емиратима

Приликом осветљавања фасаде мора да се води рачуна о њеним материјалима. Њихова боја, фактура, особине рефлектовања или пропуштања светлости, смернице су за избор типа и снаге извора светлости. Осветљење треба да подржава реалне особине материјала. Погрешан избор извора светлости може да прикаже објекат потпуно другачије од природног изгледа, често деградирајући његову архитектонску вредност. На сл. 5.41 и 5.42 приказане су две романичке куле, грађене од камена. Док је боја фасаде са сл. 5.41 реално приказана, дотле је фасада са сл. 5.42 добила другу боју, која нереално приказује њен материјал, иако он помаже да се објекат постави у историјски контекст. Ове две слике потврђују да и равномерно и ритмично осветљење равне кровне површине представљају прихватљиво решење.



Слика 5.41 Романичка црква,
Тулуз, Француска



Слика 5.42 Неодговарајућа боја
светлости за романичку кулу

5.2.14. Фасаде на којима су присутне површине различитих боја треба да буду осветљене помоћу извора светлости одличне репродукције боја.

У оваквим случајевима најбоље решење представља опште осветљење са одговарајућим нивоом осветљености. На оваквим фасадама нема потребе за акцентима, јер боје дефинишу хијерархију вредности делова фасаде.

На сл. 5.43 приказана је Градска палата у Словачкој са „етно“ фасадом. Фасада је препуна детаља, али они нису у моделу, већ у боји. Зато боје треба реално приказати. Објекат је осветљен општим осветљењем, рефлекторима постављеним на одговарајућој дистанци.



Слика 5.43 Градска палата, Словачка

5.2.15. Треба размотрити и могућност примене нових технологија у овој области, а пре свега LED извора.

Вођени принципима који се користе у сликарству, пројектанти декоративног осветљења у новије време постижу изузетна и атрактивна решења. Употребом нових, пре свега LED технологија, открива се нови свет технике осветљења. LED извори пружају могућност неограниченог поигравања са структурама и површинама које су саме по себи монотоне и које се помоћу других извора светлости не би могле тако ефектно оживети (видети сл. 5.44). Додатна предност примене LED извора огледа се у томе да иста инсталација осветљења може да обезбеди бројне различите изгледе објекта.



Слика 5.44 Колосеум у Хонг Конгу

Треба бити обазрив са употребом монохроматске светлости, јер она мења стварни изглед фасаде и може да створи погрешну слику о материјалима и изворним бојама површина, што је један од важних фактора при сагледавању објекта и разумевању његових архитектонских вредности.

На сл. 5.45 приказан је објекат од грубог тамног камена. Монохроматска светлост примењена на овом објекту реално приказује хрпавост његове површине. С обзиром на то да се ради о тамном објекту, употреба светлости у боји допринела је његовој препознатљивости и изражајности, као и улози репера у простору. Комбинација плаве и црвене боје је у овом случају потпуно прихватљива. Индустијски димњаци (као на сл. 5.46), обично тамни, управо су објекти код којих је оправдана примена светлости у боји, јер се на такав начин они истичу као просторни репери. Жућкаста боја

зидова околних зграда и основе димњака осветљене изворима светлости неутралне беле боје целу композицију чине складном и када се посматра из близине.



Слика 5.45 Светионик, Ахеа, Грчка



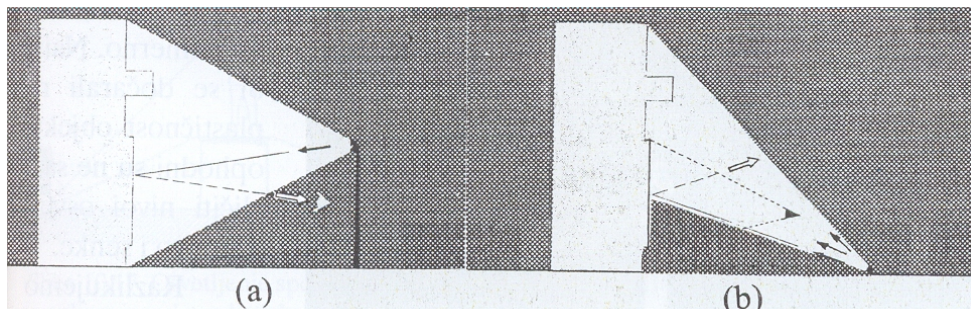
Слика 5.46 Технополис центар, Атина

5.2.16. Треба тежити да рефлектори буду што мање уочљиви током обданице.

Најбоље решење је да се рефлектори не виде у дневним сатима, што се постиже њиховим правилним лоцирањем. Уколико то није могуће, потребно је изабрати рефлекторе који се и по изгледу и по боји уклапају у архитектуру околине. Модернији приступи декоративном осветљењу зграда ублажили су раније строго правило да рефлектори постављени на фасади објекта не смеју да буду видљиви по дану. Адекватног облика и боје, све су чешћа појава на симсовима прозора или испустима фасаде. Увек треба избегавати груписање рефлектора на једном месту, јер рефлекторске батерије делују веома упадљиво током обданице.

5.2.17. Треба водити рачуна и о ограничењу (елиминисању) одраза.

На фасадама скоро увек постоје елементи који делују као огледало (прозори или друге површине израђене од усмерено рефлектујућих материјала). Ако су рефлектори смештени изнад очију посматрача, такви елементи могу узроковати појаву ометајућих одраза (сл. 5.47а). Вероватноћа да дође до појаве ометајућих одраза значајно се смањује ако су рефлектори усмерени навише и смештени испод нивоа очију посматрача, односно испод доњих ивица усмерено рефлектујућих елемената фасаде (сл. 5.47b).



Слика 5.47 Случај постојања (а) и елиминације одраза (b)

На сл. 5.48 приказан је пример одраза рефлектора на прозору.



Слика 5.48 Лик рефлектора настао као последица усмерене рефлексије од прозора

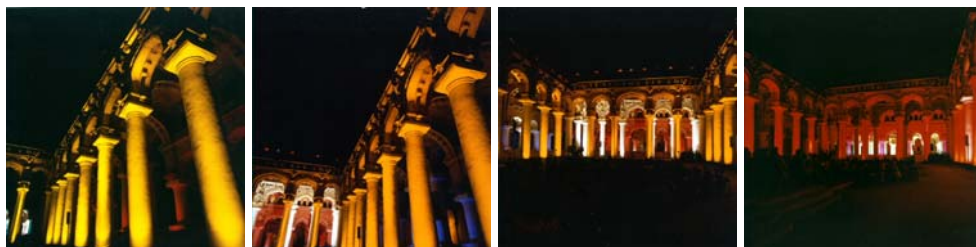
5.2.18. Приликом израде пројекта осветљења треба имати у виду да постоји и могућност примене динамичног осветљења.

Последњих година се примењује и динамично осветљење, које се изводи помоћу електронских уређаја и LED извора. Динамично осветљење се заснива на могућности промене интензитета и боје светлости LED извора. На објекту приказаном на сл. 5.49 фасадно платно је издељено на правоугаона поља, која су представљена помоћу различитих боја које се непрекидно мењају. Овај пример показује колико потреба за светлосним ефектима може негативно да утиче на ноћни изглед објекта као целине (у приземљу су продајни простори са адекватним функционалним осветљењем, шарена фасада је из неке друге приче, а целина објекта остаје недефинисана јер су кључни елементи за представљање његове форме остали у мраку).



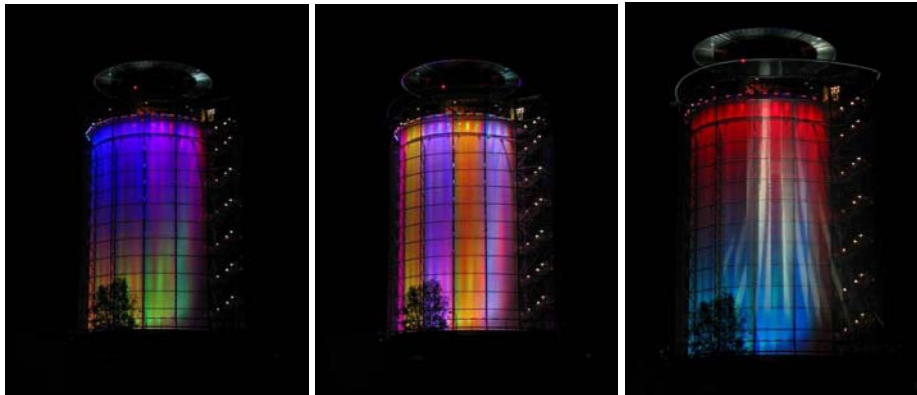
Слика 5.49 Комерцијални објект, Белфаст, УК

Слика 5.50 приказује динамично осветљење колонаде и зида који се налази у другом фасадном плану. Различите боје два плана фасаде приказују њену дубину, али смањују могућност перцепције архитектонски вредних детаља. На објектима који имају велики историјски значај овакав концепт декоративног осветљења треба избегавати. Последња слика у низу показује шта се дешава када динамично осветљење није адекватно пројектовано. Боје су се преклопиле, тако да су оба фасадна плана црвена, што поништава дубину колонаде, а угрожава и идентитет објекта.



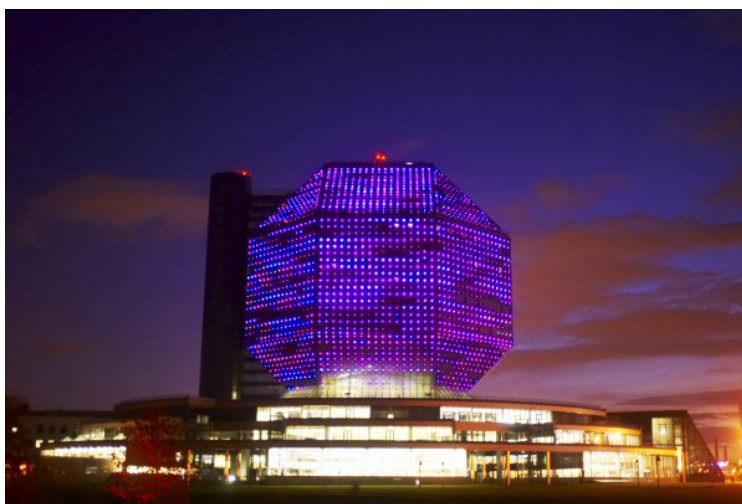
Слике 5.50 Динамично осветљење колонада

На сл. 5.51 приказан је водоторањ металне конструкције, који представља споменик технолошким иновацијама, у које спада и динамично LED осветљење. Овакав тип осветљења је примерен елегантној металној структури водоторња. Штета је што је највиши део објекта остао у мраку.

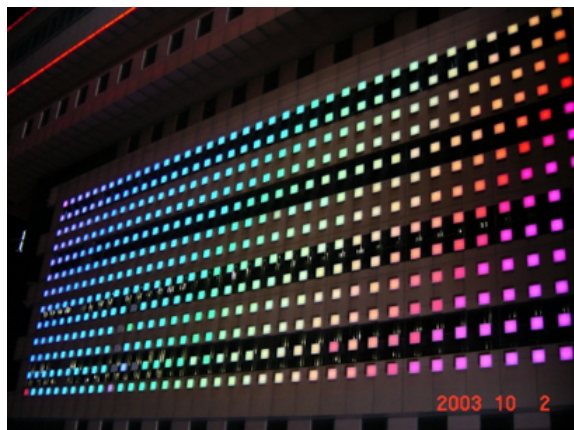


Слике 5.51 Водоторањ, Оресунд, Шведска

LED технологија омогућава маштовит приступ архитектури и дизајну. Светлост сада може да се покреће и циклично окреће, тако да фасадно платно може да постане велики екран за визуелни перформанс. Свака светла „тачка“ на фасадном платну представља извор светлости повезан са централним електронским системом. Рачунарски програм омогућава да се на фасади исписују поруке, приказују слике и постижу ефекти преливања боја. На сл. 5.52-5.54 приказано је динамично осветљење објеката који се разликују по форми и функцији.



Слика 5.52 Динамично осветљење објекта савремене архитектуре



Слика 5.53 Зграда у Тијенцину, Кина



Слика 5.54 Зграда поште, Бон, Немачка

5.2.19. Посебну пажњу треба посветити одржавању декоративног осветљења фасада.

Сваки пројекат спољашњег декоративног осветљења треба да садржи опис процедуре одржавања предвиђеног система осветљења, са специфицираним периодима групне замене извора светлости свих примењених типова, као и периодима чишћења рефлектора. У оквиру ове процедуре треба нагласити да приликом замене треба користити изворе светлости истог типа (односно, у свему истих карактеристика), као и да положај рефлектора мора да остане непромењен. Пројекат треба да понуди решење за приступ сваком рефлектору.

Адекватно одржавање спољашњег декоративног осветљења подразумева брзо реаговање по уочавању рано прегорелог извора светлости. Ово је посебно важно у случају прегоривања једног или више извора светлости у низу, од којих сваки осветљава једно поље фасаде. Све док се извор,

односно извори, не замене, фасада задржава неприхватљив изглед (видети сл. 5.55).



Слика 5.55 Неприхватљив изглед осветљене фасаде,
као последица прегорелих извора светлости

5.2.20. Препоручује се јединствен режим спољашњег декоративног осветљења.

Иако је то технички изводљиво, веома је тешко креирати већи број режима рада пројектованог система осветљења од којих сваки треба да обезбеди прихватљив изглед објекта. Наше је мишљење да треба предвидети јединствен режим, јер спољашње декоративно осветљење сигурно не представља област у којој постоје значајне претпоставке за уштеду електричне енергије. Уз то, већи број режима рада доводи до неједнаког времена укључености извора светлости истог типа, што отежава одржавање изведеног система осветљења.

Као компромис, који има смисла само код великих објеката изузетне архитектуре који представљају градске репере, могу да се прихвате два режима, свакодневни и свечани, уз наглашавање захтева да и свакодневни режим треба да обезбеди атрактивно приказивање објекта. Треба размотрити „разбијање“ свакодневног режима на два подрежима, од којих би се други (са једноставнијим решењем осветљења) укључивао у касним ноћним сатима. Уколико такав режим не може да обезбеди визуелно прихватљив изглед објекта, боље је да се задржи јединствено свакодневно осветљење, које би се искључивало у касним ноћним сатима.

5.2.21. У процесу избора типа рефлектора, као и приликом његове монтаже, посебну пажњу треба посветити физичкој заштити свих његових делова.

Избором рефлектора адекватног степена механичке заштите решава се проблем заштите његових оптичких елемената и предспојног уређаја од продора прашине и воде. Степен механичке заштите светиљки за осветљење фасада и кровова зграда треба да износи најмање IP65. За светиљке усмерене навише препоручује се степен IP66, јер такве светиљке не само да су прахозаптивене, него и спречавају продор воде у оптички блок светиљке и при најјачим пљусковима. Оне, уз то, могу да се перу и помоћу црева са водом под притиском. Због могућности да краће време буду потопљене у води, светиљке укопане у тлу треба да буду степена IP67.

Други вид физичке заштите светиљки представља заштита од ненамерних или намерних оштећења, као и заштита од крађе.

У циљу заштите од оштећења светиљки које су на дохват руке, често се користе кавези од челичне арматуре, који се постављају око светиљки. Они се препоручују чак и за светиљке чији су протектори израђени од поликарбоната.

Иако идеална заштита светиљки од крађе не постоји, у циљу спречавања ове појаве реализују се чврсте везе светиљки са подлогом. У новије време, у ову сврху, као и у циљу заштите светиљки од оштећења, користи се видео надзор локација на којима су инсталиране светиљке.

5.3. Препоруке за осветљење мостова

5.3.1. Увод

Мостови су структуре које се не могу заобићи погледом, због чега су увек инспиративни за осветљавање. Било да се километрима протежу од обале до обале, или премошћују растојања од само неколико метара, издвајају се из градског пејзажа. Огледајући се у води, добијају на грандиозности која увећава њихов визуелни значај, коме доприноси и чињеница да у њиховом непосредном окружењу најчешће нема објеката који би им визуелно конкурисали или негативно утицали на њихово сагледавање.

Видљиви делови моста су како његове бочне стране и потпорни стубови, а из близине и доњи део моста, тако и натколовозни део његове структуре, који свакако садржи пуну или, што је чешће, перфорирану дрвену, бетонску или металну ограду. Мост може да садржи и куле, пилоне и друге значајне конструктивне елементе, које могу да прате затезна ужад или ланчанице. Ако је доња конструкција моста у облику лука, онда се за њену површину која се огледа у води употребљава термин свод моста.

5.3.2. Опште о осветљењу мостова

Важно је добро осветлити бочне стране моста, што се постиже помоћу рефлектора који су најчешће лоцирани на елементима њихове конструкције, ређе на конзолама постављеним на потпорним стубовима, а понекад и на обалама реке (што има смисла само ако је у питању мост мале дужине).

Потпорне стубове треба свакако осветлити, и то како из естетских, тако и из безбедносних разлога.

Понекад се свод осветљава вишим, а бочне стране моста нижим нивоом осветљености. Овакав начин осветљавања носи у себи дозу драматике. Свод моста се често осветљава применом светлости у боји, што је на оваквој површини углавном прихватљиво.

Ограда моста се или директно осветљава (најчешће помоћу рефлектора који осветљавају бочне стране), или остаје неосветљена, када се појављује као силуета у односу на позадину, осветљену помоћу светиљки функционалног осветљења коловоза.

Ако постоје ланчанице, оне могу врло атрактивно да се истакну (на пример, помоћу тачкастих извора светлости по целој дужини).

Уколико се на мосту налазе декоративни елементи (пилони, куле и томе слично), препоручује се њихово додатно осветљење. Иако није лако осветлити затезну ужад, њихово осветљење значајно доприноси визуелном утиску.

Посебну пажњу треба посветити елиминисању бљештања, које може да смета учесницима у саобраћају на мосту и испод њега. Овај проблем се најчешће решава употребом разних заклона (штитника) за рефлекторе или њиховом камуфлажом.

Бочне стране дугачких мостова не морају равномерно да се осветле, већ може да се примени ритмично осветљење. На сл. 5.56 приказан је ноћни изглед Бранковог моста у Београду, на коме је примењено ритмично осветљење. Овај мост карактерише једноставна линеарна форма без икакве архитектонске вредности, што се види на сл. 5.57. Током обданице Бранков мост представља обичан саобраћајни објекат, који, захваљујући осветљењу, ноћу постаје репрезентативни градски репер. Ритам светлости је разбио монотонију линеарности и допринео изражајности коју овај мост не поседује у условима дневне светлости. Међутим, превисок ниво сјајности бочних страна овом мосту даје значај који он не би требало да има у панорамској визури града.



Слика 5.56 Ноћни изглед Бранковог моста



Слика 5.57 Бранков мост током обданице

Мостови могу да послуже и као „подлога” за реализацију визуелног спектакла. При томе треба водити рачуна о дужини трајања спектакуларних ефеката, с обзиром на негативне ефекте динамичног осветљења на окружење.

На сл. 5.58 и 5.59 приказан је мост у Сиднеју, који се користи као носач покретних рефлектора за креирање визуелног спектакла, у коме он представља централни мотив. Док спектакл траје, очекује се да посматрачи на обали и води имају разумевања за светлост превеликог интензитета која је усмерена према њима, као и за бљештање које представља пратећи негативни ефекат.



Слика 5.58 Мост у Сиднеју, Аустралија (први режим спектакла)



Слика 5.59 Мост у Сиднеју (други режим спектакла)

5.3.3. Осветљење мостова са металном решеткастом конструкцијом

Концепцију за истицање моста помоћу светлости треба базирати на његовој конструкцији или стилу. Велики број мостова на које данас наилазимо представљају металне решеткасте конструкције, које омогућавају елегантна светлосна решења. Потенцирањем линија оваквих конструктивних елемената повећава се атрактивност моста. Сlike 5.60 и 5.61 представљају примере таквих решења.



Слика 5.60 Firth of Forth, Енглеска



Слика 5.61 Мост на Сени, Париз

Приликом избора типа извора светлости треба водити рачуна о усаглашености његовог спектра са бојом решетке. С обзиром на неутралну (сиву) боју решетке, за стални режим осветљења моста у Сиднеју (сл. 5.62) примењена је адекватна боја светлости. Посебно је, одоздо, осветљена доња површина решетке, а посебно вертикални штапови који повезују доњи и горњи лук. Горња површина лукова остала је неосветљена, чиме су, применом принципа „контра светла“, истакнуте контуре решетке и њена тродимензионалност. Јасно су приказане бочне стране моста, док је његова доња (хоризонтална) површина остала неосветљена. Она је могла да се прикаже у боји која је различита од боје решетке.



Слика 5.62 Мост у Сиднеју (стални режим осветљења)

5.3.4. Осветљење мостова са пилонима

Други најзаступљенији облик конструкције моста представља конструкција са пилонима и челичним затегама или ланчаницама.

На сл. 5.63 приказан је мост са пилонима у виду решетке, који су представљени највишим нивоом осветљености. Други елемент у хијерархији је ланчаница са тачкастим изворима светлости, који јасно дочаравају њен облик. Решетка која носи коловозну површину осветљена је изнутра, чиме је њен значај у хијерархији конструктивних елемената моста адекватно представљен. Вертикалне затеге нису осветљене (вероватно из финансијских разлога). Виде се само затеге у близини пилона, што је могло да се избегне да су рефлектори који осветљавају пилоне били још ужег снопа.



Слика 5.63 Мост Akashi-kaikou, Јапан

Ако су пилони у виду решетке, потребно је истаћи елементе њене конструкције (штапове). На сл. 5.64 приказан је пример пилона чија је решетка осветљена изнутра. Сјајност унутрашњих елемената добро истиче пилон, док неосветљене спољне површине штапова као црна мрежа истичу конструкцију, стварајући представу о њеном облику.



Слика 5.64 Washington Bridge Tower, САД

Ланчанице и затеге су челична ужад, због чега их је тешко осветлити по целој дужини. На сл. 5.65 видимо мост са једноставним пилоном и челичним затегама које значајно доприносе његовој лепоти. Затеге овде представљају

важан носећи елемент целе конструкције, па се њиховим осветљењем истиче стабилност моста.



Слика 5.65 Мост са затегама у Француској

Мост се најчешће израђује од комбинације материјала, међу којима се издвајају дрво, камен, бетон и челик. Многи европски мостови имају пилоне од камена, израђене у стилу неоготике, неокласике или необарока. Пошто се као декоративни елементи на оваквим пилонима појављују лукови, пиласстри и венци, и пошто су пилони сагледиви и из близине, треба их осветљавати применом принципа који се користе за осветљавање фасада.

Посматрајући мост на сл. 5.66, примећујемо да је он претерано истакнут у приказаној визури града. Околина је у потпуном мраку, па није потребан тако висок ниво сјајности. Пилони толико бљеште да ни из близине није лако издвојити основне елементе њихове архитектуре. Ланчаница и бочне стране су осветљене на исти начин - помоћу тачкастих рефлектора. Иако су тиме бочне стране постале танке линије, због масивности пилона не добија се утисак о нарушеној стабилности конструкције.



Слика 5.66 Ланчани мост, Будимпешта

На сл. 5.67 видимо пилоне истог моста који су осветљени у другом режиму, са значајно нижим нивоом сјајности. Примећујемо да је најинтензивније

осветљен део изнад венца, док је архитрав, који је тако складно декорисан, остављен у мраку. Заједно са луком и рељефом на кључном камену, архитрав је требало истаћи акцентним осветљењем. Целу фасаду пилона је требало осветлити општим осветљењем, јер она својом архитектуром и материјализацијом не представља само пилон моста, већ капију од историјског значаја.

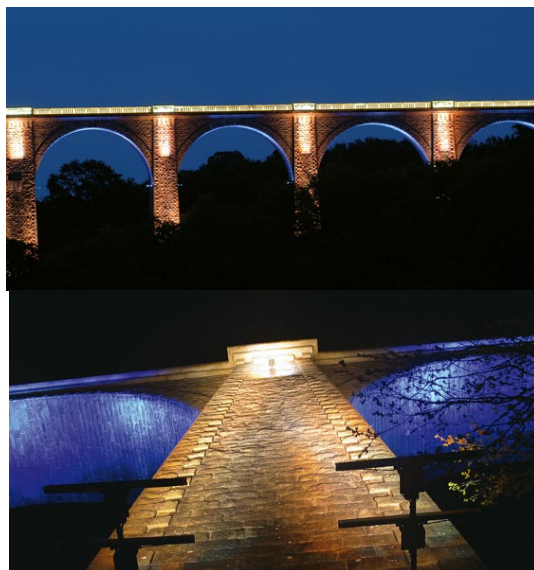


Слика 5.67 Детаљ Ланчаног моста, Будимпешта

5.3.5. Осветљење монолитних камених и бетонских лучних или гредних мостова

Због специфичности конструкције, монолитни камени и бетонски лучни или гредни системи захтевају већи број ослонаца. Они су увек у правилном растеру, који даје слику понављања и једноличности. Да би се разбила монотонија, често се примењују ритмично осветљење и светлост у боји.

Слика 5.68 приказује камени лучни мост без орнамената. Декоративним осветљењем акценат је стављен на врхове носећих стубова и ограду, док је дубина целе структуре постигнута осветљавањем сводова помоћу светлости плаве боје. На доњој слици видимо да су ниво осветљености и боја светлости адекватни за препознавање тесаног камена као грађевинског материјала.



Слика 5.68 Viaduc de Barbin, Mortagne-sur-Sèvre, Француска

На сл. 5.69 види се да је за осветљење носећих стубова употребљена светлост плаве боје, која је компатибилна са жутом светлошћу натријумових извора који осветљавају ограду. Велика неравномерност осветљености носећих стубова разбија монотонију дугачке конструкције моста и креира ритам који је усклађен са ритмом светиљки које осветљавају коловоз.



Слика 5.69 Пример моста осветљеног применом светлости у боји

5.3.6. Осветљење мостова савремених конструкција

Применом нових материјала и технологија грађења остварују се замисли које су до недавно биле неодрживе. Атрактивно конструисани мостови који су потврда технолошког напретка свакако представљају објекте које вреди истаћи осветљењем.

На сл. 5.70 приказан је пешачки мост на коме је требало истаћи елегантан лук, што је постигнуто применом изразито ускоснопних рефлектора са изворима светлости адекватне снаге и боје.

Мост на сл. 5.71 представља савремену конструкцију, на којој су осветљењем истакнуте решетка, бочне стране и ограда. Нажалост, спољне стране ослонаца решетке остале су потпуно неосветљене, што конструкцију чини недефинисаном у бројним визурама. Уз то, постигнут је превелики контраст између осветљених „тунела“ на мосту и неосветљених пуних површина које их окружују.



Слика 5.70 Gateshead Millenium Bridge,
Gateshead



Слика 5.71 Недовољно дефинисан изглед
осветљеног савременог моста

5.4. Препоруке за осветљење споменика

5.4.1. Увод

Споменици представљају декоративне елементе урбаног, а понекад и слободног простора. С обзиром на то да се углавном налазе на трговима или другим отвореним просторима, за пројектанта осветљења је изузетно важна чињеница да се споменици по правилу сагледавају из више праваца. Без обзира на позицију споменика, јер може да буде постављен на врло прометном тргу или сакривен у зеленилу парка као изненађење за пролазнике, циљ споменика је да привуче пажњу.

Процес пројектовања осветљења споменика треба да почне анализом његовог значаја у непосредном и ширем окружењу, као и његовог односа према другим елементима градске структуре (објектима, улицама, елементима градског мобилијара, пејзажима итд.). Затим је неопходно одлучити шта треба да буде осветљено, а шта да остане у сенци. Треба имати у виду да споменик и ноћу треба да представља део композиције која укључује и његово окружење.

Одлука о начину осветљења зависи од величине, физичких карактеристика и посебних захтева споменика. Делови споменика који се наглашавају осветљењем треба да пренесу најнеопходније информације о споменику. Линија изражава облик и покрет (динамичност); светлост и сенке истичу детаље; израз лица статуе обезбеђује емоцију.

Ако је споменик најважнији елемент у простору и онај од кога се очекује да привуче највише погледа, његова сјајност треба да буде већа од сјајности објеката у непосредном окружењу.

5.4.2. Општа правила за пројектовање осветљења споменика

Правци посматрања споменика

Споменици су тродимензионални, слободностојећи објекти у простору и њихова позиција може да имплицира сагледавање са једне или са више страна. Иако најчешће постоји више праваца из којих се може посматрати споменик, често се један од њих може сматрати главним правцем посматрања (нарочито ако се ради о споменику у облику људске фигуре), одакле ефекат осветљења треба да буде најатрактивнији.

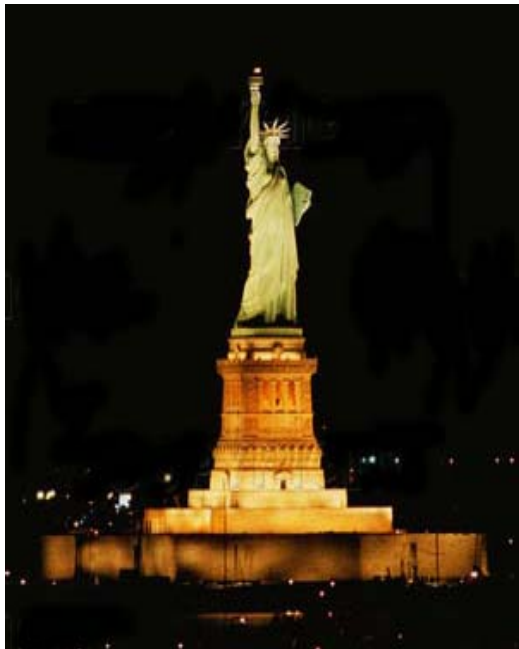
Растојања са којих се посматра споменик

Могућност уочавања детаља осветљеног споменика зависи од растојања са кога се споменик посматра. Због тога споменике који се углавном посматрају са веће удаљености нема смисла осветљавати тако да се истакну

детали. Пример за овакав став је осветљење Кипа слободе у Њујорку. На сл. 5.72 види се како природна светлост моделује статуу, док сл. 5.73 показује да вештачко осветљење не обезбеђује довољно сенки које би истакле рељеф статуе. Интензитет светлости је велики, јер се кип посматра са велике удаљености (неколико километара).



Слика 5.72 Кип слободе дању, Њујорк



Слика 5.73 Кип слободе ноћу, Њујорк

Окружење и позадина споменика

Ако су окружење и позадина споменика тамни, довољна је мала количина светлости да се он истакне. Али, ако има других осветљених објеката у непосредном окружењу, или објеката код којих кроз прозоре избија светлост ентеријера, биће потребно више светлости како би се он издвојио из сјајног окружења. Уколико је позадина споменика велике сјајности, решење треба тражити у креирању контраста разликом у боји светлости, а не у сјајности.

На сл. 5.74 (дању) и 5.75 (ноћу) види се споменик Победнику на Калемегдану. У дневним условима споменик доминира, јер је због своје висине препознатљив у многобројним визурама са реке и новобеоградске обале. У ноћним условима, с обзиром на то да су велике површине зидина тврђаве осветљене непотребно великим интензитетом, споменик не долази довољно до изражаја. Због великог значаја, а малог фактора рефлексije, сама статуа захтева виши ниво осветљености од оног који је постигнут на њеном стубу. Додатни негативни ефекат огледа се у томе што је доњи део статуе остао у мраку.



Слика 5.74 „Победник” на Калемегдану, дању



Слика 5.75 „Победник” на Калемегдану, ноћу

Препреке

Уколико се дрвеће или ограда налазе око споменика, добро решење је постављање светиљки између њих и споменика. Тиме се постиже да посматрачи не виде изворе светлости, а препрека се види као силуэта испред осветљеног споменика, чиме се потенцира осећај дубине.

Вода

Уколико се споменик налази поред водене површине, огледаће се у њој, што треба искористити као допринос његовој ноћној презентацији. Овај ефекат је најизражајнији ако је водена површина тамна и потпуно мирна, мање је атрактиван ако је вода узбуркана, а нема смисла ако је испуњена воденим биљкама.

5.4.3. Позиционирање и усмеравање рефлектора

Када се одреди главни правац посматрања, може да се одлучује о позиционирању и усмеравању примарних рефлектора. Циљ је да се истакну облик и текстура површине. Уколико стране споменика нису равноправне по значају, секундарне стране треба да буду осветљене са око 50% нивоа осветљености главних да би се истакла тродимензионалност споменика. Ово правило важи уколико је материјализација свих страна иста. Јасно је да оно не важи ако постоје разлике у боји, јер различити фактори рефлексije разнобојних површина које имају исти ниво осветљености производе разлике у њиховој сјајности.

Најчешћа места за лоцирање рефлектора за осветљење споменика су: стубови уличног осветљења, посебни стубови за овакву намену, кровови суседних објеката, делови споменика, конзоле причвршћене за сам споменик, раван терена иза ниских зидова, жардињера или жбуња (када су заклоњени од погледа посматрача), а могу да буду уграђени и у само тло.

5.4.4. Избор светиљки

При избору светиљки за осветљење споменика треба обратити пажњу на њихове три карактеристике: ширину снопа, облик снопа и интензитет светлости. При томе, треба имати на уму да избор карактеристика зависи од позиције светиљке. Што је светиљка даље од споменика, њен сноп може да буде ужи. Ако је споменик висок, а светиљка постављена у равни терена, расподела светлосног интензитета треба да омогући да споменик буде адекватно осветљен по целој висини. Облик снопа светлости треба да буде такав да светлост обухвати површину која се осветљава и да се што мање расипа.

Степен механичке заштите светилки за осветљење споменика треба да износи најмање IP65. За светилке усмерене навише препоручује се степен IP66, а за светилке укопане у тлу без дренаже IP67.

5.4.5. Избор извора светлости

Сијалице са ужареним влакном

Рефлекторске сијалице са ужареним влакном могу се употребљавати у једноставним инсталацијама које су привремене или од којих се очекује краћи радни период током године. Овакви извори су одговарајући за осветљење мањих површина или за наглашавање детаља споменика.

Халогене сијалице

Халогене сијалице су ефикасније и дуготрајније од стандардних сијалица са ужареним влакном. Малих су димензија, тако да се постављају у мале светилке са адекватним оптичким системом. Постоје и верзије халогених рефлекторских сијалица. Халогене сијалице имају исту намену као и обичне сијалице са ужареним влакном.

Обичне и халогене сијалице се примењују у ситуацијама у којима је потребна промена светлосног флукса у одређеним периодима или је неопходна одлична репродукција боја. Понекад се примењују и овакве сијалице у боји.

Флуоресцентне сијалице

Стандардне флуоресцентне цеви су адекватне за осветљавање линијских елемената. Њихов основни недостатак је што им се светлосни флукс значајно смањује при нижим температурама амбијента.

Компактне флуоресцентне сијалице, специјално конструисане за примену у спољном простору, такође се могу употребљавати за осветљење споменика.

Метал-халогени извори

Препоручују се метал-халогени извори са керамичким гориоником, јер их карактеришу стабилна температура боје током целог радног века и одлична репродукција боја. Израђују се као извори топле боје, неутралне беле боје и боје дневне светлости.

Слике 5.76 и 5.77 приказују исти споменик осветљен стандардним метал-халогеним изворима са преовлађујућом нијансом зеленкасте боје (сл. 5.76) и метал-халогеним изворима са керамичким гориоником топле боје светлости (сл. 5.77). Уочљиво је да су боја светлости и репродукција боја

метал-халогених извора са керамичким гориоником неупоредиво боље и да производе реалнији доживљај споменика.



Слика 5.76 Споменик Шандору Петефију у Будимпешти, осветљен стандардним метал-халогеним изворима светлости



Слика 5.77 Споменик Шандору Петефију у Будимпешти, осветљен метал-халогеним изворима са керамичким гориоником

Натријумови извори високог притиска

Због лоше репродукције боја, натријумови извори високог притиска једино су одговарајући за осветљење споменика или скулптура јединствене боје, и то жуте, наранџасте, црвенкасте или браон.

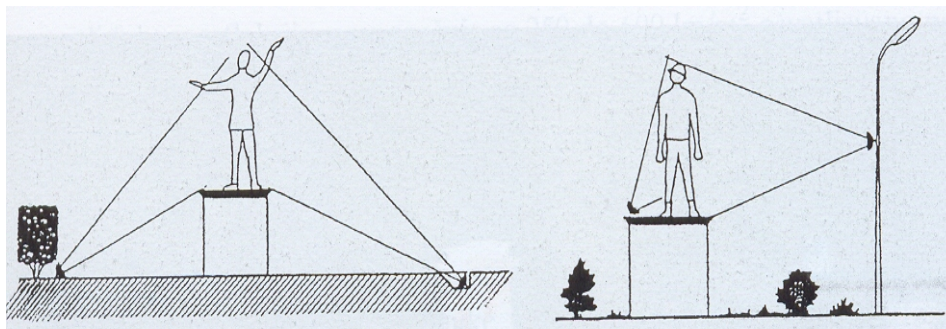
5.4.6. Правац упада светлости

Осветљење може да допринесе изгледу споменика, изазивањем другачијег утиска од оног који се има при дневној светлости. Тај утисак у великој мери зависи од правца упада светлости и сенки.

Споменици треба да буду осветљени потпуно, али не и равномерно. Наиме, да би се адекватно представили рељеф и пластичност објекта, неопходни су различити нивои осветљености и сенке. Коректно моделовање споменика, скулптура и статуа захтева најмање два смера упада светлости који међусобно образују угао од 45° до 90° . Један од тих смерова је главни (примарни), који служи да се истакне карактер структуре и створе потребне сенке. Светлост из другог (секундарног) смера треба да је мањег интензитета и намењена ублажавању сенки, чиме доприноси фином моделовању.

Када се споменик осветљава одозго, његов изглед је природнији, јер га и природна светлост слично приказује. Такво осветљење ствара сенке на доњим површинама детаља. Кључни параметар квалитета осветљења скулптура у виду људске фигуре је управо правац упада светлости. Светлост свакако треба да стигне до лица, али под углом у односу на вертикалу, како би сенке биле ублажене и како би израз могао да буде јасан. Већа удаљеност светиљке од површине скулптуре ће, такође, ублажити сенке.

Када се статуа налази на постољу, као што је приказано на сл. 5.78, добро је да рефлектори буду постављени на већој удаљености од споменика како би се смањила сјајност постоља и како се не би стварале веће сенке у подножју статуе. Обично се ради о усконопним рефлекторима, одговарајуће усмереним. Уколико овакво позиционирање рефлектора није могуће (због бљештања које би изазвало код пролазника или возача), рефлектори се могу поставити на стубове, фасаде околних зграда или на само постоље, при чему посебну пажњу треба посветити ограничењу бљештања (рефлектор постављен на стубу као на десном делу слике по правилу изазива бљештање).



Слика 5.78 Осветљење споменика који се налази на постољу

Светлост која пада на скулптуру одозго подразумева светиљку на већој висини, што значи и мању могућност њеног механичког оштећења (вандализам, итд.). Ипак, врло често не постоји адекватна локација за осветљавање одозго, јер се споменици углавном налазе на отвореном простору и у њиховом непосредном окружењу не треба постављати стубове за осветљење. Уколико нема ни дрвећа или неких других објеката на које могу да се поставе светиљке, једина опција је осветљење одоздо. Када је основа споменика у нивоу тла, рефлектори се најчешће постављају испод нивоа терена, што умањује опасност од бљештања. Уколико постоје природни заклони, рефлектори се могу поставити и изнад тла.

Када се споменик осветљава одоздо, од изузетне важности за квалитет осветљења је позиција рефлектора и правац упада светлости. Рефлектори који се поставе близу споменика изазиваће тамне, издужене сенке, које лоше утичу на његов изглед. Већа удаљеност рефлектора смањује негативан ефекат сенки. Проблем код постављања рефлектора близу тла је немогућност њиховог обезбеђења од механичких удара, због чега посебну пажњу треба посветити фиксирању светиљке. Ни одржавање није мали

проблем, јер је неопходно да се светиљке чисте чешће него када су постављене на већој висини.

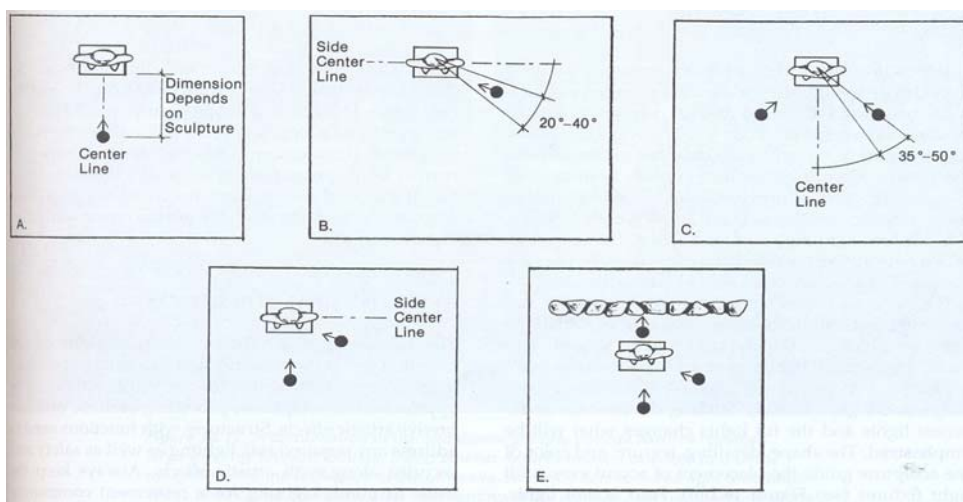
5.4.7. Технике осветљења споменика

Један правац посматрања

У случају да се споменик или скулптура посматрају из једног правца, често се може елиминисати бљештање постављањем светиљки између посматрача и споменика. Ако пролазници могу да се крећу у простору између рефлектора и споменика, бљештање постаје велики проблем. Чак и код светиљки које су инсталиране у терену и усмерене навише постоји могућност појаве бљештања уколико извори светлости нису довољно упуштени или нема штитника који би смањили овај ефекат. Када светлост пада наниже, могућност појаве бљештања зависи од правца упада светлости и способности штитника да умање овај ефекат.

Уколико се непосредно иза скулптуре налази зид или зеленило, осветљавањем позадине мањим интензитетом светлости него што је осветљење скулптуре обезбедиће се утисак о дубини простора у коме се скулптура налази.

Избор одговарајуће технике осветљења зависи од уметничког утиска који се жели постићи и карактеристика скулптуре. Ако има довољно простора за светиљку испред скулптуре, онда светлост једне централно постављене светиљке може да обухвати цео споменик или скулптуру (сл. 5.79А). Предност овог решења је јефтина реализација. Међутим, оваквим решењем се не истичу важнији делови композиције, иако су детаљи јасно видљиви. Такође се не истиче текстура, ни тродимензионалност.



Слика 5.79 Варијанте осветљења споменика који се посматра из једног правца

Ако се светиљка постави ексцентрично у односу на раван симетрије споменика, она ће нагласити његову ближу површину и њену текстуру (сл. 5.79В).

Две светиљке једнако удаљене од споменика, постављене са супротних страна његове равни симетрије и усмерене директно према споменику, омогућавају најприроднији изглед споменика који је у људском (или животињском) облику (сл. 5.79С). Варијација ове технике била би употреба извора светлости јаче снаге или светиљке ужег снопа да би се додатно истакла једна страна или тродимензионалност.

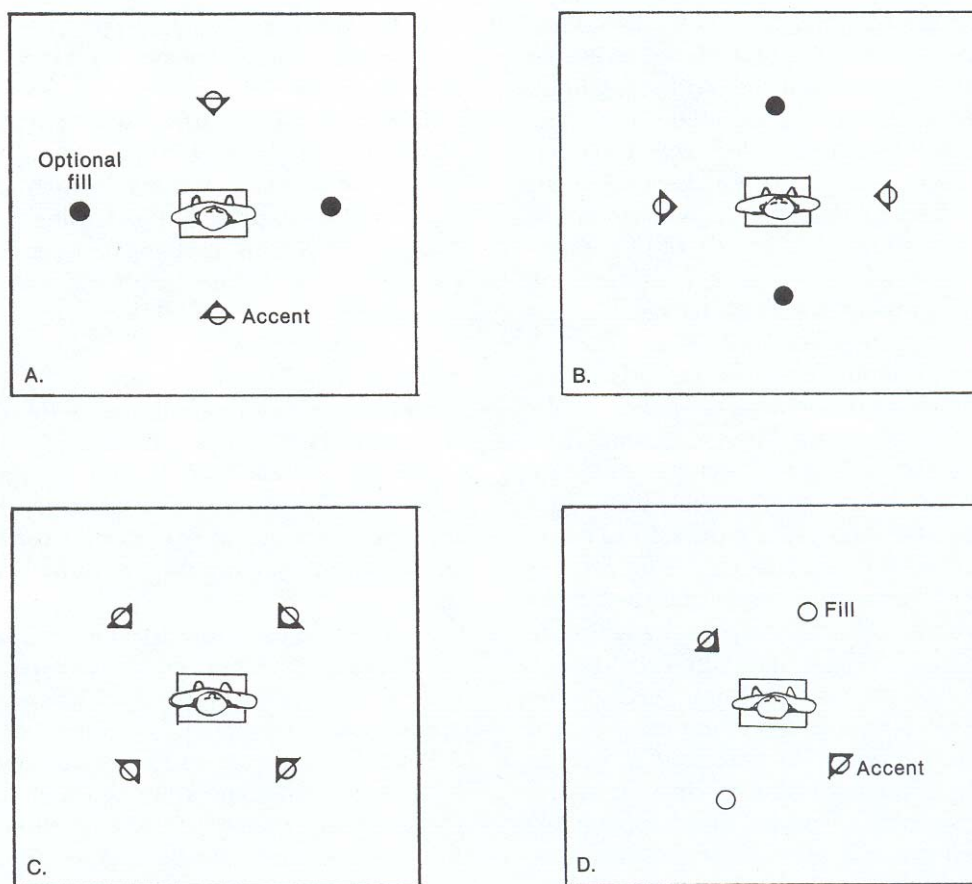
Предност комбинације рефлектора који је постављен са стране и централно постављеног рефлектора је у томе што светлост која долази са стране истиче текстуру ближе стране споменика, док централно постављен рефлектор испуњава светлошћу остатак композиције (сл. 5.79Д).

Додавањем рефлектора који је намењен осветљењу позадине (у комбинацији са било којом од претходно наведених техника) истиче се дубина простора и дефинише позадина композиције (сл. 5.79Е).

Сагледавање из више праваца

Ако људи могу да се крећу око споменика или могу да га посматрају из више праваца, задатак се компликује. У овом случају су критични: позиција светиљке, угао под којим светлост пада на споменик и штитници који треба да смање бљештање. С друге стране, више праваца посматрања обезбеђују различите визууре. Да би се избегле неприродне сенке, односно да би се приказао комплетан објекат, око споменика треба поставити најмање три светиљке.

На сл. 5.80 приказане су основне технике за моделовање скулптуре. Примарно осветљење, које је намењено истицању облика и површина, постављено је испред и иза скулптуре. Са стране се могу додати светиљке које ће ублажити контрасте и приказати потпуни облик скулптуре (сл. 5.80А). Заменом позиција примарних и допунских светиљки (сл. 5.80В) мења се и фокус осветљења. Облик, детаљи и текстура скулптуре усмеравају позиционирање примарних и допунских светиљки. Четири примарне светиљке (јачег интензитета), симетрично распоређене око скулптуре (сл. 5.80С), обезбеђују избалансиране контрасте. И овде може да се нагласи одређени део скулптуре применом извора светлости веће снаге. Постављањем два примарна извора светлости близу скулптуре, наглашава се њен облик (сл. 5.80Д). Друге две светиљке, постављене на већој удаљености, садрже изворе мање снаге који треба да ублаже контрасте и тамне делове скулптуре испуне светлошћу ниског интензитета.



Слика 5.80 Основне технике за моделовање скулптуре

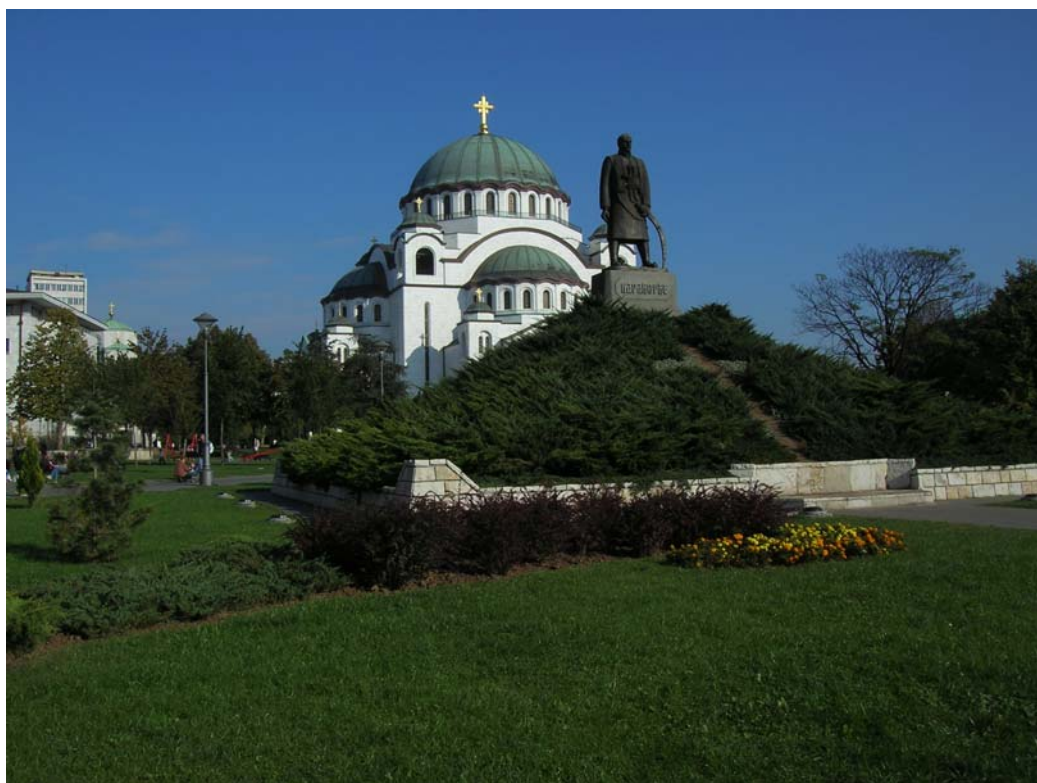
Скулптура мора да се осветли из више праваца да би светлост и сенке посматрачима могле да открију облик и текстуру површине. Ово може да се постигне применом различитих типова извора светлости, сијалица или филтера у боји или различитих снопова светлости, постављених под различитим угловима у односу на споменик. На пример, скулптура у бронзи која има патину може да изгледа плаво, зелено или сиво, у зависности од извора светлости који је осветљава. Усмерена светлост моделује скулптуру, наглашава дубину и истиче њене поједине делове, док друге оставља у сенци. Најинтензивније осветљени делови скулптуре пружају информације о карактеристикама површине, док су сенке, ако нису толико тамне да скривају важне детаље, индикатори облика и текстуре. У том смислу могу се понудити одређене смернице за пројектовање:

- задржати светлосни сноп на маси споменика употребом штитника или избором светиљки са адекватном ширином снопа,
- осветлити споменик одоздо уколико та техника неће извитоперити његов изглед, и
- комбиновати амбијенталну, дифузну светлост (за испуну) са усмереном примарном светлошћу уског снопа на важним деловима споменика.

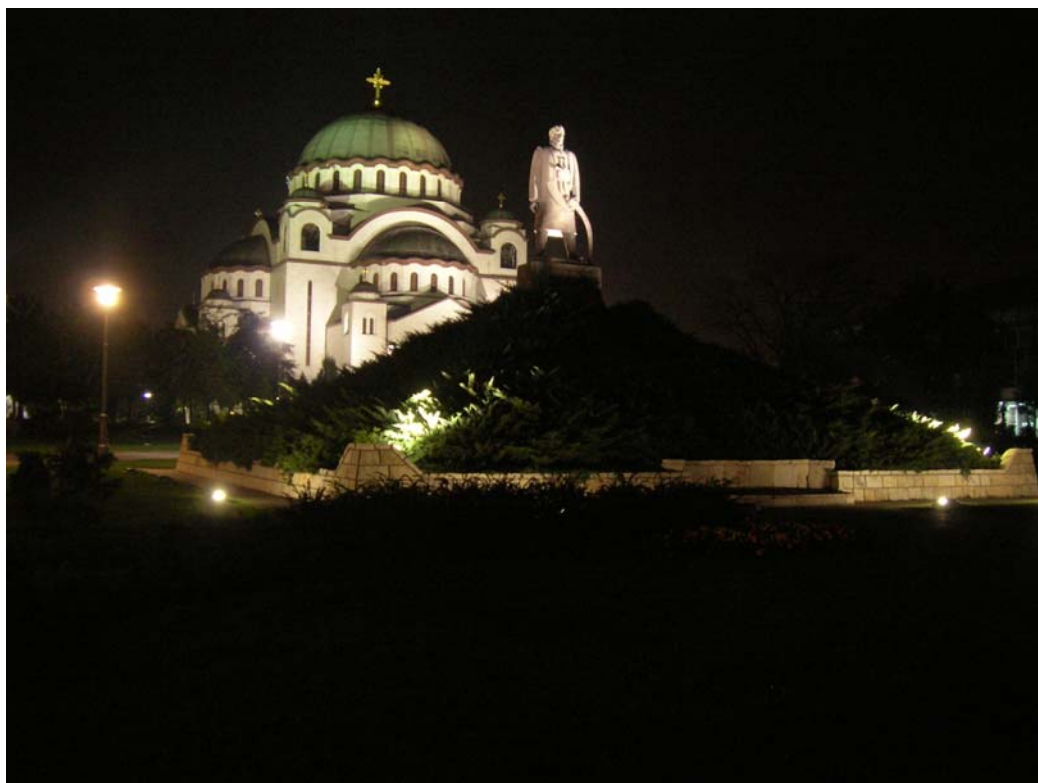
Увек треба тежити да се избегну светле флеке на површини споменика, које могу да буду последица превише интензивне светлости или преблизу постављених рефлектора.

5.4.8. Осветљење споменика Карађорђу на Светосавском платоу у Београду

На сл. 5.81 и 5.82 приказан је споменик Карађорђу, који се налази на платоу испред храма Св. Саве у Београду.



Слика 5.81 Споменик Карађорђу – дневни изглед



Слика 5.82 Споменик Карађорђу – ноћни изглед

С обзиром на то да је изливена у бронзи, површина статуе је тамна, због чега се детаљи тешко разазнају са већих удаљености. Пошто је споменик издигнут у односу на Светосавски плато, сагледава се из свих делова парка, што је вероватни разлог за равноправно представљање предње и задње стране статуе у ноћним сатима. Наше је мишљење да је предњу страну, због њеног значаја, требало осветлити интензивније у односу на задњу. Уз то, осветљењем је требало постићи пластичније моделовање, којим би се потенцирали детаљи статуе, а посебно лице.

Слика 5.82 показује да рефлектору који осветљава леву страну статуе смета растиње, услед чега је она добила неприродан, несиметричан изглед. Због растиња, које представља препреку и за светлост осталих рефлектора, постоље и доњи део статуе остали су у мраку.

5.5. Препоруке за осветљење фонтана

5.5.1. Увод: Фонтане као елементи урбаног простора

Фонтане представљају декоративне елементе урбаног простора. Пријатним жуборењем воде смањују утицај буке која долази из окружења.

Главни елемент већине фонтана је млаз воде, који се под јаким притиском испушта из неког дела фонтане, расипајући водене капи. Новија употреба компјутерски управљаних уређаја омогућила је и конструкцију иновативних фонтана са специјалним светлосним и звучним ефектима, са више водоскока, више базена, као и са сложенијом архитектуром и инфраструктуром.

Могу да се издвоје следећи основни типови фонтана:

- Декоративне фонтане, код којих главну улогу игра комбинација воде и околне архитектуре или пејзажа (сл. 5.83),



Слика 5.83 Трафалгар сквер, Лондон

- Програмабилне фонтане, које могу да “играју” уз музику. Карактерише их већи број индивидуалних млазница, које могу да стварају водене фигуре различитих висина, боја и облика (сл. 5.84),
и



Слика 5.84 Фонтана у Парку пријатељства, Џексонвил, САД

- Плутајуће фонтане, чија је апаратура испуњена пеном која омогућава плутање на води (сл. 5.85).



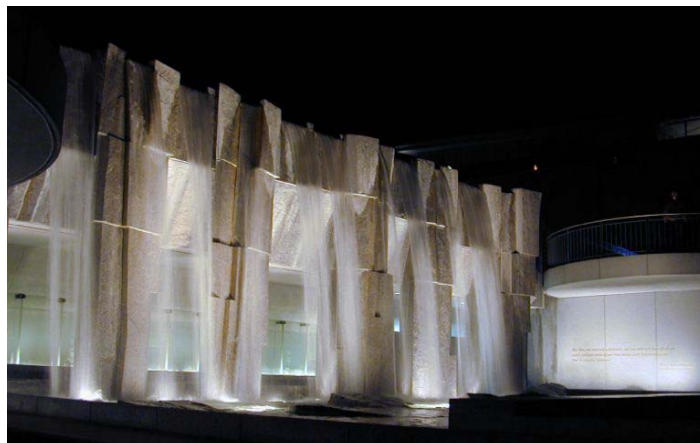
Слика 5.85 Плутајућа фонтана

Фонтане могу да буду веома различите по величини: од малих, са само једним воденим млазом, до веома великих, са врло софистицираном опремом, које су интегрисане у хотеле, тржне центре, музеје, паркове, тргове,... Могу бити део стојећих скулптура (врло често митолошких ликова), када испуштају воду из погодних отвора (сл. 5.86). Фонтане са пратећим споменицима могу да поседују уметничке, архитектонске и стилске вредности.



Слика 5.86 Фонтана Мерлион, Сингапур

С обзиром на моћан утисак који оставља падајућа вода, као елементи фонтане се често користе каскаде или водопади (сл. 5.87).



Слика 5.87 Пример водопада

5.5.2. Основни принципи пројектовања осветљења фонтана и водопада

Вода представља неодољиво привлачан украс сваког простора, који обезбеђује промене које се испољавају у звуцима, покретима и огледању околине. Миран водени ток делује умирујуће, а вода која тече, независно од тога да ли је у виду водоскока, потока или каскада, увек привлачи пажњу и у простор уноси пријатне звуке, живахност и покрет.

Пројектант осветљења фонтане или водопада увек треба да води рачуна о три основна елемента визуелне перцепције: о главним елементима композиције (реперима, жижама), о окружењу, и о светлосним детаљима (бојама, односу светлости и сенки, рефлексији,...).

Наравно, ова област пројектовања захтева креативност и оригиналност, па би сваки покушај стварања стандарда довео до клишеа и већ виђеног. Због тога ће се и препоруке ограничити на опште прихваћене ставове.

Главни елементи композиције

Пројектант треба да крене од ефекта и атмосфере које осветљењем жели да постигне. Затим треба да трага за композицијом помоћу које ће се они најбоље истаћи. Главне елементе (репере) такве композиције светлост треба складно да повеже. Посебно треба водити рачуна о томе какво ће бити међусобно дејство структуре фонтане с једне и различитих водених и светлосних ефеката с друге стране.

Однос према окружењу

Врло често фонтане представљају централни репер великих јавних површина. Многа модерна решења тргова или већих јавних пејзажа предлажу фонтане као места за окупљање и уживање пролазника и туриста.

Осветљавањем фонтане ноћни изглед целог окружења може вишеструко да се појача и учини занимљивијим него током дана. При томе, укупни утисак зависи и од осветљења њеног (непосредног) окружења, које не сме да остане у мраку. Сви правци из којих се сагледава фонтана морају да се идентификују и размотре. Осветљење фонтане треба да обезбеди њену доминацију у простору и онда када је окружују декоративно осветљене околне грађевине (сл. 5.88).



Слика 5.88 Шпански трг, Севиља, Шпанија

Светлосни детаљи

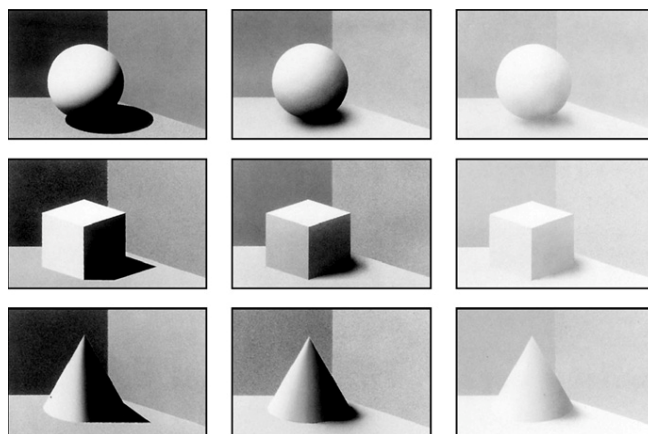
Боје

Типичне асоцијације на жуту боју су сунчева светлост, оптимизам и енергија. Зелена је максимално умирујућа боја, која симболизује излечење, успех, природу, освежење, бесмртност,... Црвена се сматра за најемоционалнију боју, јер симболизује снагу, страст, опасност, ватру, ризик,... Плава је боја мудрости, заштите, спокоја,... Иначе, плава је најомиљенија боја 2/3 становништва наше планете, највероватније зато што представља боју неба. Наранџаста је врло стимулишућа боја, јер се често повезује са топлином, заласцима и изласцима сунца, тропским воћем, радошћу,... Најнежнија боја је ружичаста, јер симболизује љубав и романтику.

Хармонична комбинација боја подстиче визуелно интересовање.

Сенке

Сенке представљају моћно оруђе у рукама пројектанта, које омогућава постизање атрактивних ефеката уколико фонтане садрже скулптуре. Променом локације светиљке и интензитета светлости могу да се створе врло различити утисци (сл. 5.89). На пример, јаки контрасти се најчешће користе када се жели појачати осећај снажног, драматичног.



Слика 5.89 Сенке и контрасти

Рефракција и рефлексија

Успешна реализација осветљења фонтане зависи од правилног коришћења следеће две појаве: рефракције (преламања) и рефлексије (одбијања) светлости. Уколико је површина воде узбуркана или вода немирно пада, стварају се мехурићи ваздуха кроз које се светлост прелама увек под различитим углом, стварајући ефекат светлуцања. Да би се он постигао,

светиљке треба поставити директно испод места на коме вода пада у базен. Уколико, пак, вода глатко пада (на пример, преко каскада), у њој нема мехурића, па је светиљке боље усмерити управно на ток воде, при чему оне могу да се поставе или спреда, или отпозади.

5.5.3. Искусствене препоруке

Иако је цена потопљених светиљки, пратеће инсталације и њиховог одржавања много већа него када су светиљке постављене изван воде, осветљење фонтана се начелно изводи помоћу светиљки које се постављају испод водене површине. Неопходан степен механичке заштите светиљки је IP68 (прахозаптивене и заштићене од продора воде у току неограничено дугог потапања). Свака фонтана има један или више радних базена, од којих је сваки са константним нивоом воде и светиљкама које су обично на 15cm испод овог нивоа. Ниво воде не сме да се спусти испод светиљки, јер може доћи до прегоривања извора светлости услед лошег хлађења. Такође, светиљке не треба постављати превише дубоко, јер се интензитет светлости смањује за 10% при повећању дубине за 5cm. Светиљке треба, што је могуће више, сакрити од погледа посетилаца, и то не само да би се избегла појава бљештања, него и да би се сакрили сви каблови и конектори. Због овог проблема, често се у основи фонтане обезбеђују удубљења која су предвиђена за постављање светиљки.

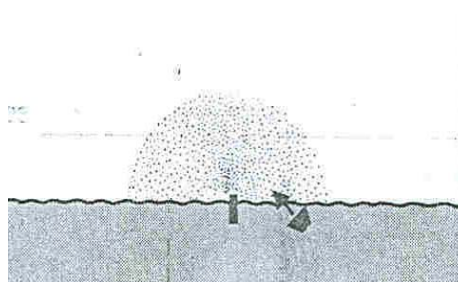
Према врсти водоскока, као главног елемента фонтане, разликујемо четири основна облика водених млазова, на основу којих се врши избор потребног броја и снаге светиљки и одређује њихов распоред. То су стрми, распршени, положени и вертикални водени млаз. Побројани млазеви се по правилу осветљавају одоздо нагоре. Ускоснопне светиљке се постављају на 15cm од млазница (чиме се осветљава узлазна путања млаза), и то под углом који зависи од врсте млаза. Насупрот њима, широкоснопне светиљке се постављају тамо где се млаз враћа у воду, под углом који такође зависи од врсте млаза (сл. 5.90-5.93).



→ uzak snop

← širok snop

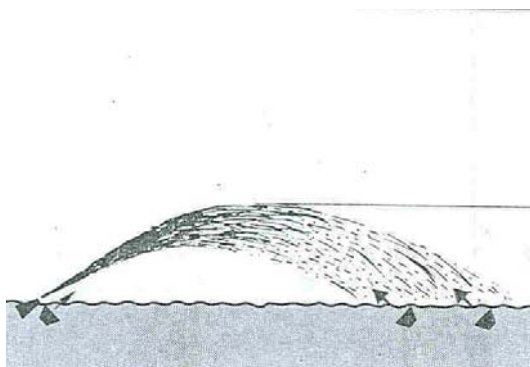
Слика 5.90 Стрми водени млаз



→ uzak snop

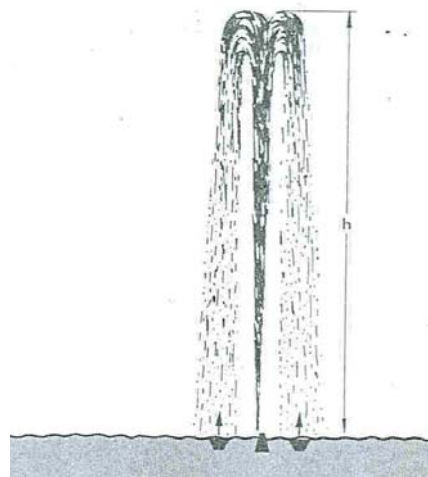
← širok snop

Слика 5.91 Распршени водени млаз



→ uzak snop ↔ širok snop

Слика 5.92 Положени водени млаз



→ uzak snop ↔ širok snop

Слика 5.93 Вертикални водени млаз

На слици 5.94 приказано је осветљење фонтане којим су истакнути водоскоци, али не и споменик унутар фонтане. Млазеви светлуцају, док се у позадини само назире облик скулптуре. Наше је мишљење да је требало осветлити и споменик, јер осветљена скулптура не би конкурисала води у покрету.



Слика 5.94 Градски трг, Гранада, Шпанија

Нагласимо да се осветљење каскада и водопада може извести и применом светилки које нису потопљене, што је по правилу тежи задатак за пројектанта. Једноставнији случај представља осветљавање турбулентне воде, са пуно распршених капљица и мехурића, који дифузно рефлектују светлост. Због тога су негативни ефекти на пролазнике и околне објекте обично минимални. Ако је вода мирна, смерови рефлектоване светлости су практично непроменљиви, због чега посебну пажњу треба посветити позицијама и усмерењу рефлектора, а у циљу елиминисања рефлектованог бљештања коме би пролазници могли да буду изложени.

Светиљке за осветљење фонтана често се опремају филтерима у боји, који се причвршћују испред заштитног стакла светиљке. Овде треба имати на уму да филтери значајно смањују интензитет светлости. Због тога морају да се користе извори светлости већег светлосног флукса.

За декоративно осветљење фонтана данас се све више користе светиљке са LED изворима светлости, и то првенствено због енергетске ефикасности, малих габарита, дугог века трајања и тренутног стартовања LED извора. Са овако флексибилним светиљкама, које се производе у модулима врло различитих димензија и боја, пружају се много веће могућности у процесу пројектовања.

Такође треба поменути и употребу оптичких каблова за осветљење фонтана. Технолошки напредак је довео до производње врло танких каблова, чији облик и величина омогућавају постизање атрактивних тачкастих и линијских светлосних ефеката, какви се применом класичних светиљки (пре свега због њихове величине) не могу постићи. Овакви каблови су савитљиви, па се светлост, коришћењем феномена тоталног одбијања, може “водити” закривљеним путањама, што отвара врло велике могућности за пројектовање. Највећа предност овакве технологије је што ниједна електрична компонента потребна за функционисање оптичких каблова, укључујући и извор светлости, није под водом, чиме се значајно смањују како ризик од електричног удара, тако и инсталациони трошкови и трошкови одржавања.

Данас су фонтане обogaћене ефектима магле, ватре, музике и изузетно софистициране водене акробатике, а водоскоци могу да буду високи и по више десетина метара (сл. 5.95 и 5.96). Оваква игра воде, светлости и музике представља пример креативне примене технологије у области хидростатике, хидродинамике, електромагнетизма и дигиталне електронике. „Соленоид-цеви” (цеви са уграђеним електромагнетним вентилима) примају синхронизоване импулсе из аудио-система и управљају воденим млазом. Музика је дигитализована, а импулси се преносе до соленоид-цеви преко компјутеризованог контролера.



Слика 5.95 Водени шоу, Сувон, Ј. Кореја



Слика 5.96 Ласерски шоу

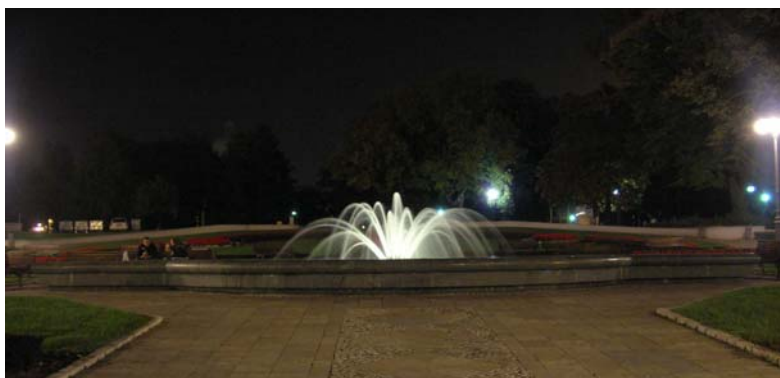
Помоћу светлости могу да се остваре различити ефекти, какви су тродимензионалне креације, пројекције слика, филмова,... Пројекције на воденим засторима су веома занимљиви догађаји. Рекламне презентације се

данас пројектују на воденим засторима, чиме се гости спектакла остављају без даха.

5.5.4. Осветљење београдских фонтана

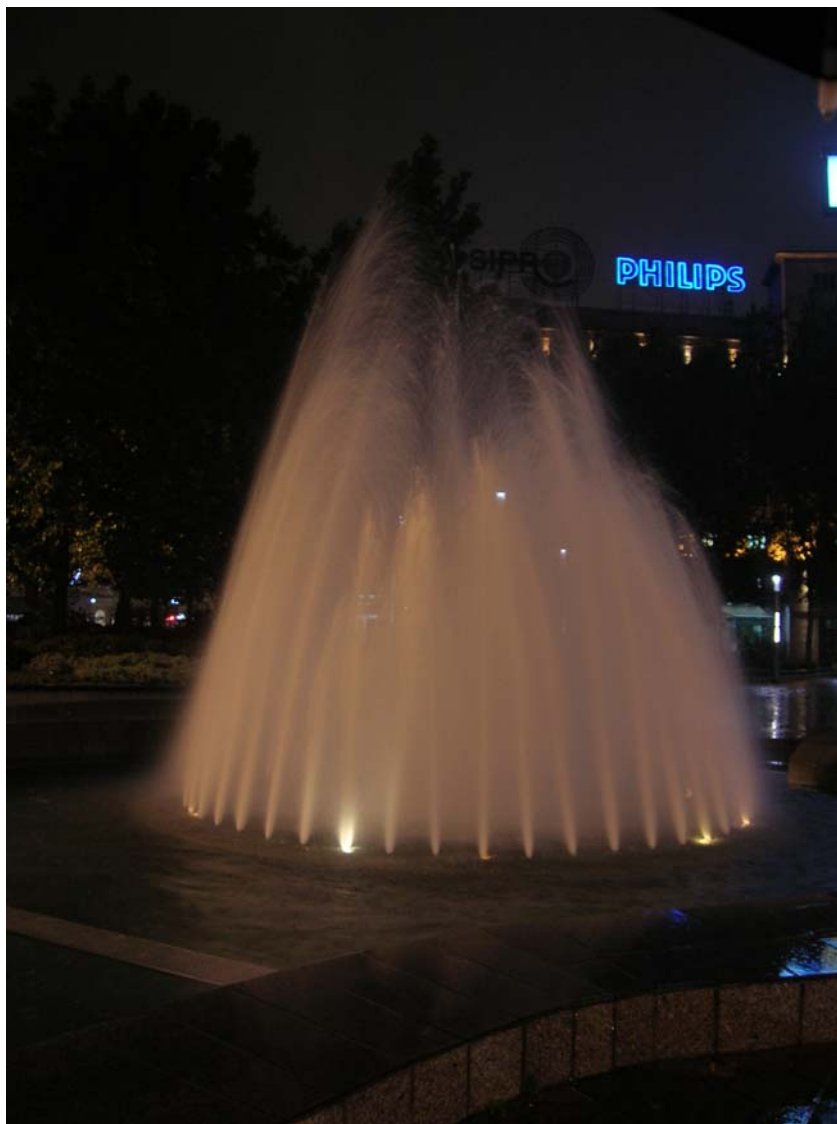
Осветљењу фонтана у Београду није се посвећивала већа пажња, тако да нема ниједне чије би осветљење могло да се такмичи са неким од напред представљених, које карактеришу примена светлости у боји и динамични светлосни ефекти.

На сл. 5.97 приказан је ноћни изглед мале фонтане која се налази поред Старог двора. Водени млазеви се јасно виде, што је, с обзиром на величину фонтане, једино што је требало постићи.



Слика 5.97 Ноћни изглед фонтане поред Старог двора

Пошто се налази на значајном градском тргу (Тргу Николе Пашића), осветљењу фонтане приказане на сл. 5.98 требало је посветити више пажње. Види се да је осветљено само неколико млазница, и то без дефинисаног корака (броја неосветљених између суседних осветљених млазница), што укупан утисак чини неповољним.



Слика 5.98 Неадекватно осветљена фонтана на Тргу Николе Пашића

Фонтана у Рузвелтовој улици поред зграде техничких факултета садржи рефлекторе који добро осветљавају водене млазеве. Међутим, уколико је одржавање неадекватно, настају призори какви се могу видети на сл. 5.99 (раде само неки од рефлектора, тако да водени млазеви нису адекватно истакнути).



Слика 5.99 Фонтана у Рузвелтовој улици, снимљена у тренутку када већина рефлектора није радила

На фонтани која се налази на Калемегдану, приказаној на сл. 5.100, концепција осветљења је потпуно погрешна. Није предвиђено нити осветљење скулптуре, нити посебно осветљење водених млазева. Уз то, неки рефлектори не раде. Због тога фонтана оставља веома лош утисак у ноћним сатима.



Слика 5.100 Фонтана на Калемегдану

Слика 5.101 приказује осветљену фонтану у парку „код Вука”. Види се да је осветљење фонтане инсталирано, али је услед лошег одржавања њен ноћни изглед потпуно деградиран. Не само да већина рефлектора не ради, него су и неке млазнице изгубиле притисак.



Слика 5.101 Фонтана „код Вука”

Слика 5.102 приказује осветљење фонтане на Светосавском платоу. Иако је учињен покушај да се фонтана оживи светлошћу, неки млазеви су прејако, а други уопште нису осветљени.



Слике 5.102 Осветљење фонтане испред храма Св. Саве

Референце

- [1] L. Djokic and M. Kostic, "Quality factors of lighting in the urban context – case study: exterior decorative lighting of St. Marko's church in Belgrade", Proceedings of Urban nightscape 2006, pp. 172-174, Athens, 2006.
- [2] Brinjac Engineering, "Highlighting South Bethlehem – an architectural lighting plan", 2002.
- [3] S. Horn, "Identity of urbanity – urban identification", Proceedings of Urban nightscape 2006, pp.112-114, Athens, 2006.
- [4] O. S. Hong and S. K. Wittkoph, "Design basis for urban lighting masterplans", Proceedings of Urban nightscape 2006, pp. 128-131, Athens, 2006.
- [5] Л. Ђокић, М. Костић и А. Костић, "Мастерплан јавног декоративног осветљења Обреновца" (студија), Наручилац: ЈП за изградњу Обреновца, 2009.
- [6] City of Melbourne, "Lighting strategy", 2002.
- [7] IESNA, "Lighting handbook – reference and application" (9th edition), New York, 2000.
- [8] CIE Division 5, TC 5.21, "A guide to masterplanning urban lighting" (draft report – 7a.1), July 2007.
- [9] CIE publication 43, "Photometry of floodlights", 1979.
- [10] М. Б. Костић, „Водич кроз свет технике осветљења“, Minel-Schreder, Београд, 2000.
- [11] Л. Ђокић, „Осветљење у архитектури – захтеви и смернице за пројектовање“, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2007.
- [12] J. Horvath, "The floodlighting of Budapest", HUNGEXPO, 1989.
- [13] П. Подлипник и А. Чоп, „Светлотехнички приручник“, Електроковина, Марибор, 1978.
- [14] CIE publication 94, "Guide for floodlighting", 1993.
- [15] М. Костић и Л. Ђокић са сарадницима, "Препоруке за пројектовање, извођење и одржавање функционалног и декоративног јавног осветљења у Београду" (студија), Наручилац: Град Београд, 2007.

6. ОСВЕТЉЕЊЕ ЕНТЕРИЈЕРА КАО ЕФЕКАТ У СПОЉНОМ ОСВЕТЉЕЊУ

Пошто спољно осветљење стаклених фасада нема смисла (због веома ниског фактора рефлексије стакла), осветљење објеката са стакленом фасадом врши се осветљавањем ентеријера (тзв. негативно осветљење), које омогућава да објекат буде видљив и препознатљив у спољном простору (слика 6.1). На овакав начин зграда се користи као светиљка, а светлост, зрачећи кроз прозоре и остале отворе, дефинише силуету објекта. Уз то, ентеријери простора на нижим етажама (радње, канцеларије, ресторани,...) постају видљиви, чиме се омогућава да се погледи шире изван граница улице и доприноси изгледу таквих урбаних простора. Осветљени ентеријери у низу доприносе и сјајности непосредног спољног окружења.

Велики објекти са стакленим фасадама никако не треба да остану у мраку. Штавише, осветљени ентеријери високих зграда креирају спектакл са којим мали број вештачких креација може да се упореди. Међутим, водећи рачуна о рационалној потрошњи електричне енергије, могу да се издвоје ентеријери чијим се осветљењем добија симетрична или нека друга складна композиција на фасади. Боје и материјали осветљеног ентеријера ноћу постају карактеристике фасаде, док стаклене површине кроз које се види ентеријер постају дематеријализоване. Напомињемо да ниво осветљености ентеријера треба да буде значајно нижи од нивоа осветљености функционалног осветљења истог простора. Ако је уместо провидног, фасада израђена од рефлектујућег стакла, нивои осветљености ентеријера треба да буду виши.

Ако је конструкција стаклене фасаде видна споља, онда ти делови фасаде могу да се осветле, и то на класичан начин (рефлектовањем светлости од елемената фасадне конструкције, као на слици 6.2) или постављањем светлећих тела на саму конструкцију.



Слика 6.1 Пример негативног осветљења стаклене фасаде



Слика 6.2 Комбинација негативног и директног осветљења стаклене фасаде

Напоменимо да и објекти државне администрације, као и други јавни објекти, уколико имају стаклену фасаду, могу ноћу да се прикажу применом негативног осветљења (видети слику 6.3). Лакоћа коју згради даје негативно осветљење посебно је значајна код објеката великог габарита, какав је и објекат на сл. 6.3. Укупном утиску веома доприноси огледање објекта у мирној води.



Слика 6.3 Управна зграда, Белгија

Истакнут пример примене негативног осветљења представљају цркве, у којима изнутра осветљени прозори (нарочито витражи) доприносе истицању улоге објекта.

Референце

- [1] Brinjac Engineering, "Highlighting South Bethlehem – an architectural lighting plan", 2002.
- [2] City of Melbourne, "Lighting strategy", 2002.
- [3] CIE Division 5, TC 5.21, "A guide to masterplanning urban lighting" (draft report – 7a.1), July 2007.

7. СВЕТЛОСНЕ ИНСТАЛАЦИЈЕ И ОСВЕТЉЕЊЕ НАМЕЊЕНО ЕДУКАЦИЈИ ИЛИ ЗАБАВИ

Сваки град (треба да) организује културне, образовне и забавне манифестације по којима ће бити препознатљив. Пракса је да овакве манифестације прате разноврсни светлосни ефекти, јер они привлаче туристе. Често се осветљење које се укључује у одређеним временским интервалима жељно ишчекује и тако постаје важан елемент програма.

У појединим градовима, као што је Лас Вегас, осветљење у коме доминирају промене интензитета и боје светлости, као и покретни светлосни снопови, траје током целе године и представља једну од главних карактеристика имиџа града. Ипак, треба имати у виду да привремене светлосне инсталације често имају већи утицај него сталне.

Мастерплан осветљења треба да направи избор културних, образовних и забавних манифестација које ће бити праћене светлосним ефектима, као и да предложи локације на којима ће се они реализовати. Што се тиче Божићног и новогодишњег осветљења, мастерпланом треба само да се одреде улице, тргови, објекти и други урбани елементи у којима ће се поставити инсталације декоративног осветљења.

Светлосне инсталације које прате културне и образовне манифестације најчешће представљају уметничка дела која су заснована и на светлосним ефектима. Оне скрећу пажњу на догађаје о којима информишу грађане, а могу да садрже и конкретне информације о месту, времену и садржају догађаја. Светлосне инсталације не морају да буду постављене близу места догађања (најчешће се постављају на трговима и у прометним пешачким зонама).

Светлосне инсталације могу да буду и део садржаја забавних манифестација. Понекад њихову уметничку вредност чине сами светлосни ефекти (као на сл. 7.1).



Слика 7.1 Светлосни ефекти као уметнички израз

Од светлосних инсталација се очекује да изазову изненађење. То може да се ради у маниру игре, провокације,... Увек је циљ да се пажња посетилаца што дуже задржи на постигнутим ефектима.

Светлосне инсталације могу да се поставе на улазима у старо градско језгро, симболишући његове капије.

Препоручује се да град једном годишње организује „Дан светлости“, у оквиру кога би се изложиле уметничке креације (које би претходно одобрила одговарајућа градска комисија) засноване на светлосним ефектима. Било би добро да се установи и награда за најбољу креацију, што по правилу подиже квалитет експоната из године у годину.

Мастерпланом треба предвидети постављање енергетских и телекомуникационих прикључака на местима на којима се планира извођење светлосних инсталација.

Посетиоци радо обилазе просторе у којима су постигнути занимљиви визуелни ефекти засновани на необичним физичким појавама, које могу да се демонстрирају и на фасадама зграда. Тако је на фасади концертне куће у Бечу реализовано необично осветљење уметнице Викторије Келн, којим се демонстрира промена боје фасаде са променом угла гледања. Ако се посматрач налази с једне стране вертикалне равни симетрије фасаде, преовлађује мешавина црвене, наранџасте и жуте боје, док се из визура са друге стране те равни боја фасаде доживљава као комбинација компоненти из зелено-плавог дела спектра. Ако је правац посматрања управан на фасаду, она се доживљава као површина беле боје, различитих тонова.

Испред концертне куће у Бечу налази се светлосна инсталација која омогућава да се светлост активира тек после уласка у „светлосни простор“, и то тако да људи својим телима стварају сенке у боји на површини тла.

У Бечу је реализована и светлосна инсталација дизајнера Роса Лавгроа, сачињена од „светлосног дрвећа“ (SOLAR TREES), које је намењено уличном осветљењу (сл. 7.2). Хоризонталне кружне плоче на врховима „грана“ представљају кључни део соларних колектора, испод којих се налазе извори светлости. Намена инсталације је подизање еколошке свести грађана употребом обновљивог извора енергије.



Слика 7.2 Соларно дрвеће као инсталација уличног осветљења

Референце

- [1] S. Lettner, "Illumination master plan for Vienna", 2008.
- [2] City of Melbourne, "Lighting strategy", 2002.
- [3] CIE Division 5, TC 5.21, "A guide to masterplanning urban lighting" (draft report – 7a.1), July 2007.

8. ДИНАМИЧНО ОСВЕТЉЕЊЕ И ПРОСТОРИ КОЈИ СУ АДЕКВАТНИ ЗА ЊЕГОВУ ПРИМЕНУ

8.1. Увод

8.1.1. О динамичном осветљењу

Динамично осветљење је осветљење код кога се светлосни ефекти мењају (брзо или полако) у одређеном временском периоду. Може да се примени и ритмична комбинација светлости и звука, са циљем да се креира спектакл, који по правилу оставља веома јак утисак на посматрача.

За квалитетно и ефектно динамично осветљење потребно је обезбедити:

- одговарајући сценарио за светлосне, а у случају спектакла за синхронизоване светлосне и звучне ефекте,
- одговарајуће изворе светлости и светиљке (и акустичку опрему у случају спектакла), и
- одговарајућу опрему за управљање динамичним осветљењем, односно спектаклом.

8.1.2. Сценарио

Сценарио који укључује светлосне (и звучне) ефекте треба да се дефинише у сарадњи са уметничким директором. Овакви програми често илуструју догађаје из националне историје.

8.1.3. Извори светлости, светиљке и акустичка опрема

Динамично осветљење се најчешће реализовало применом извора беле светлости, који су у комбинацији са разнобојним филтерима обезбеђивали жељене боје. Специјална додатна опрема, коју чине жалужине, подесиве или кадриране ролетне и дифузори, користила се за усмеравање светлости. Пошто су извори светлости морали да имају могућност промене светлосног флукса, као и могућност тренутног искључења или укључења, најчешће су се користиле халогене сијалице.

Експанзија LED извора светлости и савремених софтверских решења обезбеђује бесконачне могућности за реализацију најразличитијих светлосних ефеката. Уз помоћ акустичке опреме и рачунара могуће је креирати и различите програме спектакла.

Употреба специјалних ласера такође пружа широк дијапазон могућности.

8.1.4. Опрема за управљање

Организација светлосног (светлосно – звучног) програма представља комплексан посао који укључује велики број специјалиста из области светлосне (и звучне) технике. Опрема која је потребна за реализацију таквих програма је софистицирана и врло често прављена само за специјалне прилике.

8.2. Примена динамичног осветљења

Динамично осветљење се пројектује и изводи из неколико разлога. Најважнији међу њима су:

- повећање атрактивности објеката или појединих делова града,
- представљање значајних националних историјских догађаја,
- оплемењивање туристичке понуде града,
- комерцијални (повећање промета у трговинским и угоститељским објектима)
- обележавање значајних датума,
- подршка културним манифестацијама (БИТЕФ, БЕМУС, ФЕСТ,...),
- обележавање великих спортских догађаја (дочеци спортиста, праћење утакмица на видео бимовима, итд.), и
- слање порука (најчешће у оквиру промоције универзалних вредности - на пример, мира међу државама или борбе против пушења).

Динамично осветљење може да се користи и у рекламне сврхе. Пошто се тиме деградира амбијент, не сматрамо овакву његову намену прихватљивом.

Примери који следе илуструју примену динамичног осветљења (спектакла) засновану на напред наведеним разлозима, са циљем дефинисања карактеристика простора који су погодни за постављање таквих програма.

8.3. Примери примене динамичног осветљења (спектакла)

8.3.1. Спектакл на Великом тргу у Бриселу

Велики трг у Бриселу је централни градски трг. Окружен је зградама које имају историјску вредност (све су део UNESCO-ве Светске баштине).

Кућа кнезова од Брабаната (слика 8.1) један је од већих објеката на Великом тргу. Састоји се од седам одвојених кућа које имају заједничку фасаду. Изграђена је 1770, а име је добила по фасади која је украшена попрсјима 19 кнезова.



Слика 8.1 Кућа кнезова од Брабаната

Краљевски двор (слика 8.2) некада је представљао кућу кнезова од Брабаната. Кућа изграђена од камена, подигнута је 1400. године за потребе једног од кнезова. Касније је постала краљевски двор, обновљен у касном готичком стилу. Уништена је током француске опсаде и поново подигнута, у нео-готичком стилу, седамдесетих година XIX века.



Слика 8.2 Краљевски двор

Градска кућа је једини преостали средњовековни објект на Великом тргу (слика 8.3). Изграђена је у 15. веку у готичком стилу. Масивни звоник може да се види са велике удаљености. Ако се Градска кућа пажљиво погледа, види се да се њено десно и лево крило (са обе стране звоника) разликују. Велики број скулптура и историјских личности налази се на фасади објекта.



Слика 8.3 Градска кућа

Сваке године у децембру, на Великом тргу и у околним улицама одржава се традиционални новогодишњи ватар који привлачи велики број посетилаца (слика 8.4).



Слика 8.4 Једна од улица које воде ка Великом тргу у време „зимских чуда“

Спектакл на Великом тргу у Бриселу постављен 2005. године

За видео, светлосни и звучни шоу на Великом тргу у Бриселу, 2005. године постављен је систем који може да ради у осам различитих програма.

Током децембра, као део „зимских чуда“ (фестивала у коме је цео Брисел осветљен поводом зимских празника), Велики трг у Бриселу представља један од најлепше осветљених тргова у Европи. Сваког дана од 4 поподне до 1 ујутру Велики трг је осветљен уз помоћ јединственог интерактивног система (слика 8.5). Светиљке су тако постављене да осветљавају улице, зграде, споменике и традиционални Божићни вашар и клизалиште. Динамичне промене осветљења прате и звучни ефекти.



Слика 8.5 Светлосни шоу на Великом тргу у Бриселу

Јединице за интерактивно управљање смештене су у центру трга, како би бројни посетиоци имали могућност да учествују у овом догађају (са кружне ротирајуће платформе пружа се поглед на цео трг).

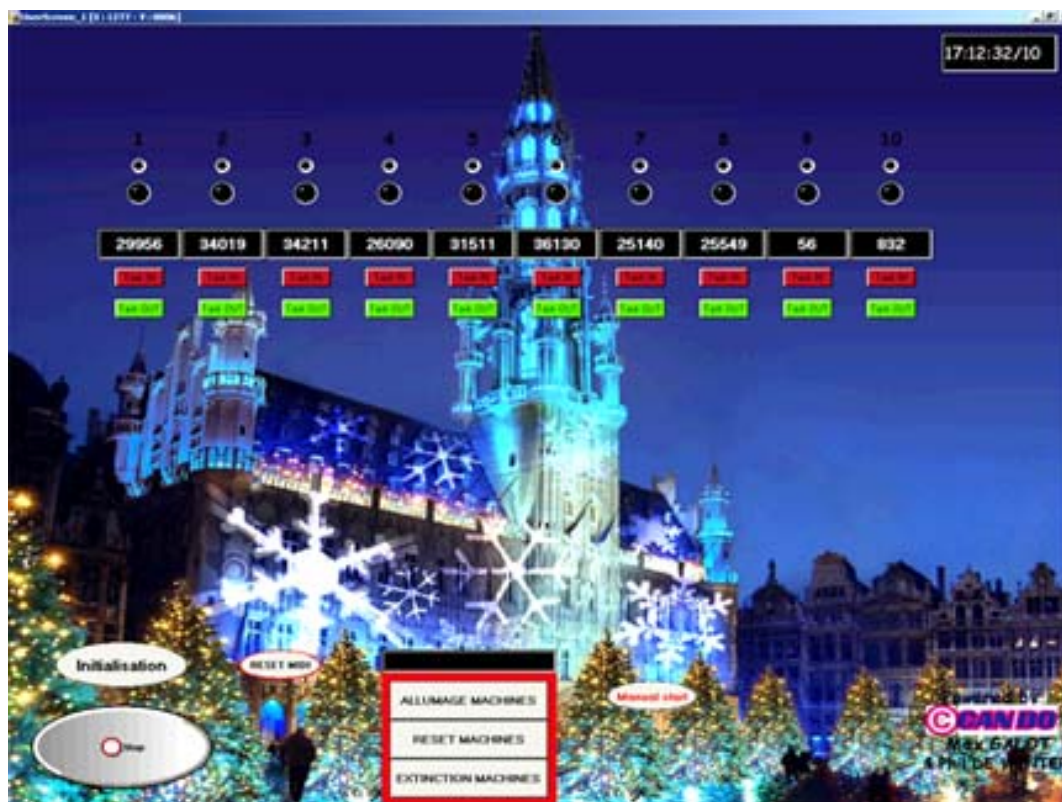
Могућности управљања спектаклом су следеће:

- помоћу великих тастера активира се неки од осам различитих сценарија светлости и звука,
- могуће је креирање различитих светлосних ефеката на 22 m високој јелци (слика 8.6),
- могуће су промене боје светлости на околним зградама (слика 8.6),
- постоји могућност управљања вештачким снежним пахуљама,
- могуће је управљање светлошћу која се пројектује на Градској кући (слика 8.6), и
- постоји могућност покретања два различита ласерска програма, који производе ефекат сличан ономе који прозводе стаклене кугле у дискотекама.



Слика 8.6 Светлост која се пројектује на Градској кући

Да би се синхронизовали и пратили сви елементи светлосно-звучног спектакла, изабран је Medialon Manager програм, који омогућава корисницима да синхронизују и управљају великим бројем спољашних уређаја. Medialon Manager програм контролише ротацију јелке, светлост, музику и опрему за напајање, а пружа и избор секвенци осветљења (сл. 8.7).



Слика 8.7 Приказ корисничког екрана Medialon Manager софтвера за управљање спектаклом

Пројектовање и извођење система за овакав спектакл је изузетно компликовано, између осталог и због тога што је јако тешко обезбедити централно управљање спектаклом (сигнал за укључење осам различитих сценарија шаље се до сваке светиљке, при чему су поједине светиљке удаљене и до 150 m од управљачког места).

Једна од карактеристика описаног система управљања спектаклом је пружање могућности посетиоцима да и они у томе учествују (слика 8.8).



Слика 8.8 Контролни пулт са кога посетиоци могу да управљају спектаклом

Спектакл на Великом тргу у Бриселу постављен 2008. године

За потребе фестивала, 2008. године постављено је ново осветљење Великог трга, које такође прати музика. Комбинација савремених технологија и старе архитектуре оставља снажан утисак на посетиоце (слике 8.9 и 8.10).



Слика 8.9 Приказ новог осветљења



Слика 8.10 Једна од сцена новог осветљења

Постављени су LED светлећи стубови различитих висина. Захваљујући њима, поглед на монументалну архитектуру Великог трга се непрекидно мења. Идеја пројектанта је била да креира модерну бајку на тргу (слика 8.11). Група LED светлећих стубова постављена је око велике Божићне јелке, са циљем да посетиоци, док шетају између стубова, имају осећај као да се налазе у шуми (чини им се и да чују звукове животиња). Стубови су тако рапорешени да су јасно видљиви са свих делова Великог трга.



Слика 8.11 Бајковит приказ фасаде Градске куће

Да би тродимензионална слика шуме била комплетна, на сваком стубу су постављена два звучника. Музика је специјално компонована за ову прилику. Синхронизована је са светлошћу коју емитују стубови. Додатни ефекат представљају различити призори који се приказују на фасадама околних објеката (слика 8.12) и небу (слика 8.13).



Слика 8.12 Призор шуме на фасади Градске куће



Слика 8.13 Призор на небу изнад Великог трга

Овакво осветљење представља нови приступ архитектонском осветљењу који интегрише окружење и укључује публику у спектакл.

Важно је напоменути да снага 250 LED стубова износи само 6 kW.

8.3.2. Давидова кула у Јерусалиму

Давидова кула (слика 8.14) је древна тврђава која се налази у близини Јафа капије на улазу у Стари град у Јерусалиму. Изграђена је у другом веку пре нове ере, са циљем да се ојача одбрана Старог града. Рушена је и обнављана неколико пута. Налази се на важном археолошком налазишту старом око 2700 година. Представља популарно место за организовање добротворних скупова, занатских изложби, концерата и светлосно-звучних перформанса.



Слика 8.14 Давидова кула при дневној светлости

Зидови цитаделе служе као позорница за светлосни шоу, који представља богату историју Јерусалима, као и значај и дух града. У спектаклу нема наратије, иако представља час историје. Гледаоцима се приказује низ шарених покретних слика, пројектованих на масивним зидовима, сводовима, куполама и археолошким остацима куле (слике 8.15-8.17). Оне на живописан начин описују догађаје који су се десили током миленијума.



Слика 8.15 Приказ библиотеке

Шоу почиње масивном силуетом библијског краља Давида који свира харфу. Ређају се сцене Соломоновог храма и његовог уништења, ранохришћанских монаха и пророка Мухамеда у ноћи путовања у рај (мистични догађај описан у Курану). У једном тренутку, римски војници марширају кроз рушевине града, при чему њихови кораци одјекују као гром. Затим следе крсташки освајачи града, после којих се појављује велика слика отоманског владара Сулејмана Величанственог.



Слика 8.16 Приказ старих рукописа

У спектаклу који траје 45 минута не помиње се сукоб између Израела и Палестинаца, већ се из времена британске владавине почетком 20. века прелази на слике деце окружене голубовима, која позивају на мир.



Слика 8.17 Приказ храма

Шоу покушава да прикаже јеврејске, муслиманске и хришћанске везе са Јерусалимом. У току дана, простор тврђаве се користи за бројне изложбе које се односе на историју града.

Шоу карактеришу фантастични специјални ефекти и изузетна музика, коју је снимио симфонијски оркестар.

Било је потребно око годину дана пројектовања и проба да би се велики број фотографија, цртежа, слика, компјутерски генерисаних слика и видео записа уклопило у јединствени спектакл.

Приликом инсталирања опреме наишло се на низ техничких проблема, као што су:

- постављање осетљиве електронске опреме на отвореном простору (она се експлоатише при високим температурама у дужим временским интервалима),
- строги естетски захтеви, и
- компликовано полагање каблова због великог археолошког значаја локације.

Савремена технологија и софистициран софтвер управљају са 20 пројектора, 10 видео плејера, 14 компјутера и 14 звучника. Софтвер контролише и исправност целог система (рад извора светлости, напајање,...). Комплетна опрема је повезана помоћу више од 10 километара каблова.

8.3.3. Светлосни шоу у Гизи

Кеопсова пирамида је највећа и најстарија од три пирамиде у Гизи и уједно највећа пирамида на свету (слика 8.18). Изграђена је као гробница фараона четврте египатске династије Кеопса (Куфуа), у XXVI веку п. н. е.

Висока је 138,75 метара и има квадратну основу дужине 225 метара. У Кеопсову пирамиду је уграђено око 2,5 милиона блокова од кречњака, базалта и гранита.

Кеопсова пирамида је једина пирамида која има и узлазне и силазне ходнике. У њој постоје три до сада откривене одаје. Све се налазе у централном делу пирамиде.



Слика 8.18 Кеопсова (Велика) пирамида

Једночасовни шоу почиње осветљавањем Сфинге и приповедањем о историји пирамида и њиховим градитељима. Коришћењем ласерских снопова светлости који се пројектују на зидове Храма мумија, пустињски песак, зидове пирамиде и Сфингу, тече интересантна прича о историји Египта. Осветљење прате музика и мистични глас Сфинге. Шоу се приказује на неколико светских језика.

Коментари о историји Египта праћени су „живим“ сликама које се приказују на зидовима пирамиде (слика 8.19). У кључним моментима наратије једна или више пирамида (и околне зидине) осветљавају су помоћу рефлектора (слика 8.20).



Слика 8.19 „Живе“ слике на пирамиди



Слика 8.20 Осветљење пирамида

Једина анимација се дешава док Сфинга „прича“. Захваљујући креираној пројекцији, лице Сфинге оживљава када се чује глас фараона (слика 8.21).

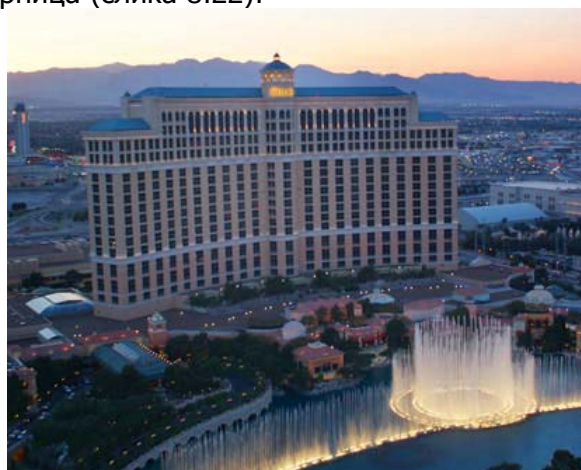


Слика 8.21 Тренутак када Сфинга почиње да „прича“

8.3.4. Bellagio „певајућа“ фонтана

„Певајућа“ фонтана је тип фонтане чији су водени млазеви повезани са комбинацијом светлости и звука. Напоменимо да бројне компаније нуде хардвер и софтвер који синхронизују рад пумпи за воду и укључење и искључење светлости у ритму музике.

Испред једног од најпопуларнијих хотела у Лас Вегасу, Bellagio, налази се „певајућа“ фонтана, која својом атрактивношћу једнако привлачи пажњу као и сама коцкарница (слика 8.22).



Слика 8.22 Фонтана испред хотела Bellagio

Фонтана се налази у вештачком језеру површине 36000 m^2 . Напаја се преко мреже која садржи око 1200 млазница, чији је рад повезан са око 4500 светиљки.

Постоје четири врсте млазница:

- Веслачи – млазнице које имају сферично кретање,
- Пуцачи – млазнице које шаљу воду у висину,
- Супер пуцачи – млазнице које „испаљују“ воду у ваздух до висине од 75 m, и
- Екстремни пуцачи - млазнице које „испаљују“ воду у ваздух до висине од 140 m.

Фонтана се види са целог булеvara у коме се налази хотел. Укључује се сваких 30 min. у преподневним часовима (слика 8.23) и сваких 15 минута у вечерњим сатима - од 20 h до поноћи (слика 8.24). Пре него што почну да раде, млазнице разбију мирну површину воде, а светлост обоји хотелски торањ у љубичасту боју (обично) или у црвено-бело-плаву, уз одређену врсту музике. Фонтана ради синхронизовано са разним музичким делима, укључујући и песме Андреа Бочелија, Френка Синатре и Џин Кели.



Слика 8.23 Фонтана у преподневним часовима



Слика 8.24 Фонтана у вечерњим часовима

8.3.5. Ајфелова кула

Ајфелова кула је челични торањ висине 300 m који је на Марсовим пољима у Паризу изграђен 1889, као експонат за Светску изложбу организовану поводом прославе стогодишњице француске револуције. До 1930. године Ајфелова кула је била највише здање на свету.

Дуга је историја осветљења Ајфелове куле. Најпре је била осветљена применом гасних лампи, да би се њено осветљење мењало у складу са развојем извора светлости.

Први систем за декоративно осветљење Ајфелове куле био је инсталиран за потребе ЕХРО сајма, одржаног 1900. године у Паризу (слика 8.25). Четврт века касније Андре Цитроен осветљава Ајфелову кулу у комерцијалне сврхе

(слика 8.26). За међународну изложбу уметности и технике (1937), Andre Granet додатно осветљава летве рукохвата применом светлости у боји.



Слика 8.25 ЕХРО сајам у Паризу (1900)

Слика 8.26 Реклама за Цитроен (1925)

Нови систем за осветљење куле постављен је 1985. године. Ново, „златно“ осветљење куле изведено је помоћу 336 рефлектора са натријумовим изворима светлости (слика 8.27). Светлосни зраци су оријентисани на горе, осветљавајући структуру куле изнутра. Осветљење Ајфелове куле из 1985. године имало је толики одјек да су и други велики градови усвојили посебну стратегију за декоративно осветљење споменика и монументалних грађевина, углавном засновану на примени натријумових извора високог притиска. Пошто их одликује лоша репродукција боја и жућкаста светлост, примена оваквих извора светлости деградирала је ноћни изглед бројних значајних грађевина у свету, али не и Ајфелове куле на којој се осветљавају челични штапови неутралне боје, који не захтевају нити одређену боју светлости, нити добру репродукцију боја.



Слика 8.27 Осветљење Ајфелове куле (1985)

Последњег дана 1999. године представљено је ново осветљење Ајфелове куле које је пројектовано „за дочек новог миленијума“. Инсталирана су четири рефлектора који су симулирали светиљке светионика (домет светлосног снопа сваког од њих износио је 80 km). Осветљењем се

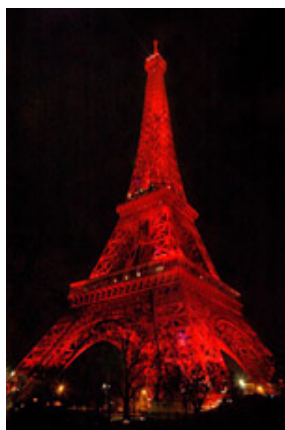
аутоматски управљало, јер је сваки рефлектор имао сопствени моторни погон. Пошто је угао ротације рефлектора износио 90° , они су били тако синхронизовани да су формирали двоструки укрштени сноп који је ротирао за 360° . Коришћене су ксенонске сијалице снаге 6 kW и века трајања 1200 h. Сијалице су се лети хладиле (како би се спречило прегревање), а зими, када температура падне испод нуле, загревале пре укључења. Поред „светионичког осветљења“ које је постављено на врху куле, инсталиране су и тачкасте светиљке које „светлуцају“ преко задржаног система „златног“ осветљења. Повремено се старо, „златно“, осветљење искључивало, и тада је ново осветљење радило самостално (слика 8.28).



Слика 8.28 Осветљење Ајфелове куле (2000)

У јануару 2004. године Ајфелова кула је добила нов ноћни изглед поводом прославе Кинеске нове године. У суботу, 24. јануара 2004. године, помоћу рефлектора који су монтирани на спољној страни куле, најчувенији споменик у Паризу добио је гримизно црвену боју (слика 8.29). Црвено осветљење је трајало пет дана, радећи свакодневно од 17 до 19:30 h.

За 20. Дан Европе (9. мај 2006), Ајфелова кула је добила плаву боју (слика 8.30).



Слика 8.29 Осветљење поводом Кинеске нове године (2004)

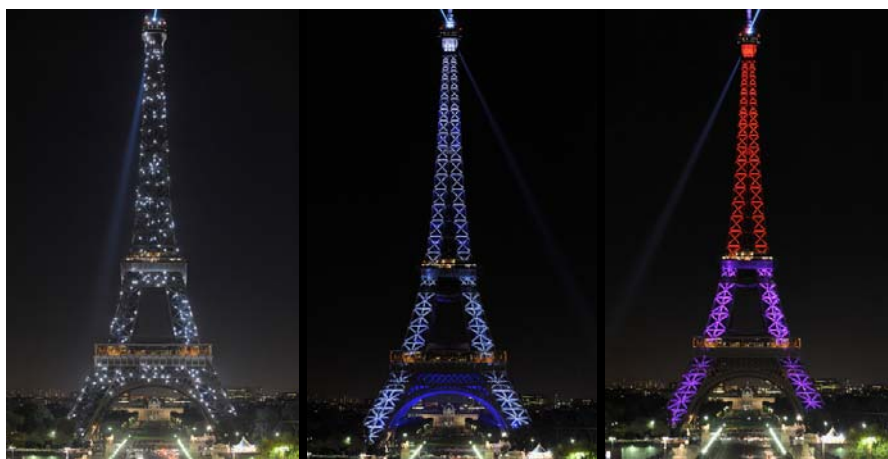


Слика 8.30 Осветљење поводом Дана Европе (2006)

Ајфелова кула је 2009. године славила 120. рођендан. Тим поводом је постављено динамично осветљење, које је радило сваког дана од 22. октобра до 31. децембра. Динамично осветљење је изведено помоћу 400 LED RGB светиљки које су монтиране на „фасади“ куле која је окренута ка Трокадеру, нудећу неограничено много могућности управљања осветљењем.

Са намером да се свим посетиоцима Париза пружи прилика да виде овај спектакуларни догађај, светлосни шоу се презентује четири пута сваке вечери (од 20 h на сваких сат времена).

Након 5 минута, током којих кула светлуца, светлосни шоу траје још 12 минута. Почиње са динамичним променама светлости које представљају фазе у изградњи куле. Следе „туширање“ помоћу светлости, укључење светиљки ниво по ниво, ритмична промена светлости и мешање боја (слика 8.31).



Слика 8.31 LED осветљење Ајфелове куле (2009)

8.3.6. Опера у Сиднеју

Сиднејска опера је позната грађевина која је 28. јуна 2007. године постала део UNESCO-ве Светске баштине (слика 8.32). Опера представља једну од најдистинктивнијих грађевина 20. века и једну од најпознатијих дворана за сценске уметности у свету. Налази се на месту Бенелонг, у оквиру сиднејске луке Џексон, смештене близу сиднејског лучког моста. Грађевина, заједно са околином, представља једну од икона Аустралије. Сиднејска опера је дом Аустралијске националне опере, Сиднејске позоришне компаније и Сиднејског филхармонијског оркестра.

Опера је грађена у експресионистичком стилу, са серијом претходно направљених огромних бетонских „једара“, која су формирала кров грађевине. Дугачка је 183 m, а широка до 120 m.



Слика 8.32 Сиднејска опера при дневној светлости

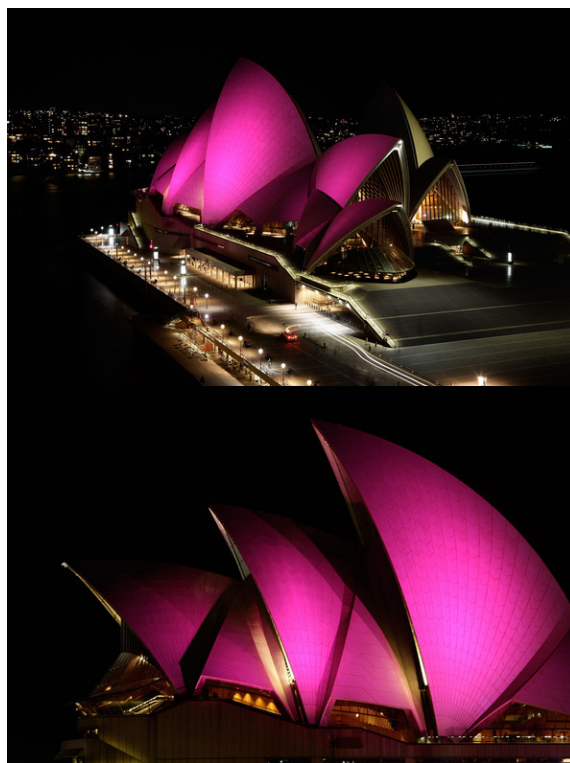
Сиднејска опера често прима захтеве како непрофитних, тако и комерцијалних организација за пројектовање осветљења на кров Опере. Пројекти најчешће подразумевају пројектовање покретних слика или одређених боја у сврху промоције одређених порука, производа или услуга. Због тога је при Опери основана Комисија са задатком да је сачува од неконтролисане експлоатације и употребе осветљења у комерцијалне сврхе. Комисија је установила критеријуме за осветљење једара, које је дозвољено уколико су испуњени следећи критеријуми:

- да се осветљење једара или пројекција светлости на једра односи на неки од главних културних догађаја или пројеката заједнице и да осветљење није штетно по инфраструктуру зграде Опере,
- да осветљење поседује значајну уметничку и естетску вредност (оцењује Сиднејска опера),
- да осветљење не угрожава околину Сиднејске опере,
- да је резултат у складу са SOH (Sydney Opera House) брендом и да има значај за заједницу,
- да се промовише Сиднејска опера као део догађаја, и
- није дозвољено пројектовање никакавих корпорацијских симбола на једра.

Захтеви за осветљењем могу да дођу и од Владе Аустралије, а у циљу промоције туризма или догађаја који су битни за државу. На овакве захтеве мора да се одговори позитивно, водећи рачуна о томе да буду испуњени захтеви Комисије.

У ситуацији када Опера представља позадину телевизијским камерама, дозвољено је њено привремено осветљење белом светлошћу. Осим у изузетним случајевима, једра не смеју да буду осветљена више од осам пута годишње. Ограничено је и трајање рада осветљења.

У октобру 2009. године, поводом Светског дана борбе против рака дојке, Сиднејска опера је осветљена помоћу светлости розе боје, која је симбол овог догађаја (слика 8.33).



Слика 8.33 Сиднејска опера у розе боји
(поводом Светског дана борбе против рака дојке)

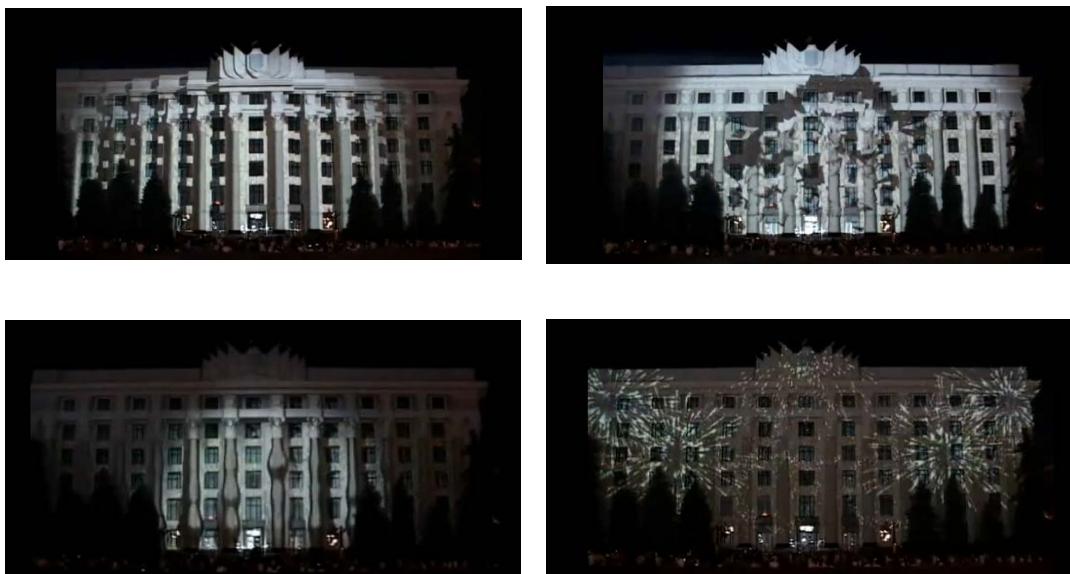
Аустралија је 2009. године организовала Фестивал светлости, који је представљао спектакл светлости и звука. Током Фестивала, неколико светлосних поставки је размештено по целом граду. Врхунац Фестивала је било осветљење Сиднејске опере (слика 8.34).



Слика 8.34 Осветљење Опере током Фестивала светлости

8.3.7. Светлосно-звучни шоу у Харкову

Недавно су се појавили светлосно-звучни спектакли у чијој је основи анимација. За разлику од динамичног осветљења које се постиже рефлекторима, овде се ради о филму који се пројектује на површини фасаде, омогућавајући стварање утиска тродимензионалног простора у коме светлосне илузије укључују и делове фасаде. Уколико је фасада богатија архитектонским детаљима, утолико утисци могу да буду спектакуларнији, јер детаљи пружају могућност да се креирају илузије у којима они „стварно” учествују у динамичном програму. Светлосно-звучни шоу у Харкову (Украјина) један је од најфасцинантнијих, јер су у „радњу” филма укључена дешавања на деловима фасаде (нпр. стубовима), због чега све делује реалистично. Светлосна илузија делује толико стварно да се стиче утисак да се пред публиком помера конструкција, руше њени делови или плешу фасадни стубови (као на слици 8.35).



Слика 8.35 Детаљи спектакла у Харкову

На слици 8.36 приказано је опште осветљење административног објекта у Харкову, на чијој је фасади поводом Дана независности, 24. августа 2010. године, приказана напред описана уметничка светлосна анимација која је одушевила присутне. Због утиска тродимензионалности, светлосни програм је интерактиван, поготово оне сцене које збуњују публику, јер делују необјашњиво. На крају програма појављује се илузија ватромета који пршти из фасаде (слика 8.35), што представља идеју за реализацију ватромета који је конкурентан правом, скупоченом, који са собом носи и безбедносни ризик.



Слика 8.36 Објект у Харкову на коме се врши пројекција

Светлосни ефекти не морају да зависе од архитектонских вредности, организације и квалитета фасаде, иако утисци зависе од уклапања фасаде и њених елемената у замишљени програм (сценарио). Овакве необичне и

маштовите пројекције могу се приказивати као светлосни програм у одређеном тренутку током ноћи или у посебним приликама.

8.4. Дефинисање карактеристика простора у којима би могло да се примени динамично осветљење (до нивоа спектакла)

На основу напред представљених примера динамичног осветљења, могу се извести следећи закључци о изгледу, намени и карактеристикама простора у којима би примена динамичног осветљења (до нивоа спектакла) била адекватна:

- треба да их посећује велики број туриста,
- треба да садрже значајне грађевине (у културном, архитектонском или историјском смислу),
- пожељно је да локација има занимљиву историју,
- површине на којима се реализују динамични светлосни ефекти треба да буду велике (поготово ако се на њима пројектују слике),
- у непосредном окружењу не треба да буде стамбених објеката,
- треба да су лако приступачни,
- простори треба да омогуће да шоу може да се посматра са великог броја позиција, и
- треба да постоји могућност лаког постављања и одржавања опреме.

Приликом планирања динамичног осветљења (спектакла), треба тежити да се реализује што већи број следећих циљева:

- унапређење туристичке понуде града,
- повећање броја корисника постојећих туристичких објеката (ресторани, кафеи, галерије, музеји итд.),
- слање порука,
- обележавање значајних датума,
- обележавање догађаја који су значајни за простор у коме је осветљење постављено,
- обележавање великих спортских и културних догађаја (дочеци спортиста, праћење утакмица на видео бимовима, најаве културних догађаја и информације о њима, итд.), и
- повећање атрактивности објеката или појединих делова града.

8.4.1. Могућности за постављање опреме

Простори у којима се организује динамично осветљење (спектакл) морају имати могућност за несметано постављање опреме (светиљки, пројектора, звучника и каблова). Потребна је и посебна просторија за управљање спектаклом, у коју се смешта рачунарска опрема.

8.4.2. Техничке карактеристике опреме

Приликом избора опреме мора се водити рачуна да:

- светилке, ласери и друга опрема буду у одговарајућој IP и IK заштити, и
- каблови који служе за напајање и повезивање опреме буду (уколико је то могуће) заштићени од спољних механичких утицаја (гажење, кидање итд.).

8.5. Примери простора у Београду у којима би могло да се примени динамично осветљење (до нивоа спектакла)

На основу напред представљених примера и закључака претходног поглавља, извршиће се избор неколико простора у Београду који су погодни за примену динамичног осветљења (до нивоа спектакла). Иако свесни да то превазилази оквире ове студије, за сваки од таквих простора предложимо могућу тему спектакла.

8.5.1. Плато испред Скупштине града Београда

Плато испред Скупштине града Београда (Старог двора) представља један од познатијих градских простора поред којих пролази велики број људи (слика 8.37).

Стари двор је репрезентативно здање на углу Улице краља Милана и Улице Драгослава Јовановића, чији главни улаз гледа према Народној скупштини РС. Двор, који је подигао краљ Милан Обреновић у периоду 1881–1884, био је и резиденција краља Петра I Карађорђевића (у периоду 1903–1921), као и краља Александра I (1921–1922). Данас је седиште Скупштине града Београда.



Слика 8.37 Простор испред Скупштине града Београда

Плато испред Скупштине града стекао је велику популарност организацијом дочека српских спортиста после успешних такмичења.

Могућа тема за спектакл испред Скупштине града Београда

Светлосно-звучни спектакл би могао да се организује приликом сваког дочека спортиста, јер је плато испред Скупштине града Београда постао традиционално место за окупљање људи који славе спортске успехе. Спектакл би био посвећен спорту у коме је постигнут успех који се прославља.

Традиција дочека спортиста датира од успеха кошаркаша у Атини 1995. године, када су постали европски прваци после година изолације и забране учествовања на међународним такмичењима.

Спектакл који се, на пример, односи на кошарку могао би да има следећи сценарио.

Почео би пројектовањем прилога о настанку и историји кошарке и њеном појављивању у нашој земљи. Наставио би се причом о првим играчима који су играли кошарку на овим просторима. Језгро приче би се односило на великане наше кошарке, као што су: Радивој Кораћ, Ранко Жеравица, Драган Кићановић и други.

После приче о великанима и њиховим успесима, уследиле би најатрактивније слике са такмичења на коме је постигнут успех који се прославља. Визуелне ефекте би пратила одговарајућа музика.

За овакве прилике је погодно користити мобилну опрему, постављену на камионима. На тај начин се омогућава: брза монтажа и демонтажа опреме, лака и једноставна промена спектакла (промена и додавање слика и музике) и употреба опреме у неком другом простору.

Главна фасада Старог двора могла би да се искористи као површина за сталну поставку спектакла у оквиру кога би се приказивали занимљиви светлосни ефекти (на пример, промена боје исте површине у зависности од угла гледања, односно приступног правца).

8.5.2. Трг Републике

Трг Републике је централни градски трг у Београду. Обухвата простор између „Градске кафане“, биоскопа „Јадран“, Народног позоришта и Дома војске Србије.

Садашњи трг је формиран после рушења Стамбол-капије (1866) и подизања зграде Народног позоришта (1869). Стамбол-капија, коју су саградили Аустријанци почетком 18. века, налазила се између (тада још неизграђених) споменика кнезу Михаилу и Народног позоришта. То је била највећа и

најлепша капија у време док је град био опасан шанцем. После успостављања српске власти и рушења Стамбол-капије, простор данашњег Трга Републике дуго је остао неизграђен. Народно позориште је више од 30 година представљало једину велику зграду на Тргу. Када је 1882. подигнут споменик кнезу Михаилу, почело је постепено урбано формирање Трга. На месту данашњег Народног музеја била је подигнута дугачка приземна зграда у којој се, између осталог, налазила позната кафана „Дарданели“, стециште уметничког света. Зграда је срушена да би се на њеном месту 1903. подигла Управа фондова (садашња зграда Народног музеја, која је заједно са Народним позориштем приказана на слици 8.38). Зграда у којој се налази биоскоп „Јадран“ саграђена је 1930. године.



Слика 8.38 Део Трга Републике

Постојање значајних објеката и интересантна историја, приступачност Трга, богата понуда угоститељских објеката и могућност посматрања спектакла из свих прилаза Тргу, сврставају га у један од најпогоднијих простора за постављање спектакла.

Могућа тема за спектакл на Тргу Републике

Могућа тема за спектакл су српски великани. Кроз причу о њиховим достигнућима може да се представи и кратка историја Београда, од оснивања до данашњих дана. На фасадама објеката који окружују Трг могу да се пројектују слике српских научника, уметника и добротвора, као што су: Никола Тесла, Милутин Миланковић, Михаило Пупин, Јосиф Панчић, Стеван Мокрањац, Миша Анастасијевић и други. Уз одговарајућу музику (Мокрањац, Христић, Бреговић) спектакл би представљао час историје за сваког посетиоца.

У оквиру приче о животима српских великана појављивале би се слике њихових најзначајнијих достигнућа.

Прича о Николи Тесли би могла да почне муњама и громовима, после којих би се појавила велика слика Тесле. Затим би се низале слике о његовом животу и главним резултатима. Посебна пажња би могла да се посвети његовим нереализованим идејама.

Прича о Милутину Миланковићу може да почне сликама о климатским променама планете Земље. Сlike би пратила музика која би опонашала звуке природних појава (ветар, грмљавина, ерупција вулкана, земљотрес, снежна лавина, водена бујица, мећава итд.). После приче о животу научника и његовим најзначајнијим достигнућима, могле би да се представе неке од тема из његових књижевних дела „Кроз васиону и векове“ и „Кроз царство наука“, која су идеална за приказивање у спектаклу. Шоу би могао да се заврши пројекцијом Месеца изнад глава посматрача (један кратер на Месецу носи Миланковићево име).

Приче о осталим великанима могле би да имају сличне структуре као две напред поменути.

Спектакл би се приказивао одређеним данима у недељи, на енглеском и српском језику.

Постављање оваког спектакла је технички сложено и финансијски захтевно. Међутим, позитивни ефекти су непроцењиви.

8.5.3. Калемегданска тврђава

Калемегдан је најлепши и највећи београдски парк. Истовремено је и најзначајнији културно-историјски комплекс, у коме доминира Београдска тврђава (изнад ушћа Саве у Дунав).

Преуређивање у парк отпочело је, после предаје Тврђаве Србима (1867), по наређењу кнеза Михаила Обреновића.

Планско уређивање Калемегдана почиње 1890. Тада је војска предала парк Београдској општини. Године 1905. приступило се проширивању парка, уређивањем Малог Калемегдана, који се простирао од павиљона "Цвијета Зузорић" до Зоолошког врта.

После 1931. парковске површине су проширене и на Горњи град. У парку је постављено више споменика познатим културним и јавним радницима. На Калемегдану су Војни музеј, Уметнички павиљон "Цвијета Зузорић", Градски завод за заштиту споменика културе, Зоолошки врт, Природњачки музеј, дечји забавни парк и већи број спортских игралишта и угоститељских објеката.

Калемегданска тврђава, приказана на слици 8.39, са својим богатим историјским наслеђем и добрим положајем представља идеалан простор за постављање светлосно-звучног спектакла.



Слика 8.39 Поглед на Тврђаву са Новог Београда

Могућа тема за спектакл на Тврђави

Један од могућих простора за постављање спектакла налази се испред Војног музеја (слика 8.40). Окружен градским бедемима и највећим и најлепшим београдским парком, музеј представља један од симбола тврђаве.



Слика 8.40 Простор испред Војног музеја

На зидовима и у дворишту музеја могле би да се пројектују слике које би приказивале историју наше земље и турбулентне промене и догађаје који су се последњих 1000 година дешавали на Балкану.

Почело би се са причом о стварању средњовековне српске државе, односно причом о Немањићима и њиховим задужбинама. Наставило би се причом о Косовском боју, а затим би се говорило о Првом и Другом српском устанку и ослобођењу од турске власти. После тога би уследиле приче о Балканским ратовима, као и о Првом светском рату.

У спектаклу би се представили сви значајни људи који су обележили периоде времена о којима се прича (Стефан Немања, Свети Сава, Цар Душан, Кнез Лазар, Карађорђе, Милош Обреновић и војводе из Првог светског рата).

Све приче би биле праћене адекватном музиком и специјалним ефектима. На пример, гусле и црквена музика би пратиле причу о средњовековној српској држави.

Пошто се на платоу испред музеја налазе бројни топови и друге ратне машине, симулације пуцња из топа, коњског хода и укрштања мачева, као и пуштање дима, дали би посебну димензију оваквом спектаклу.

Референце

- [1] Philips lighting B.V., "Lighting manual" (fifth edition), Eindhoven, Holland, 1993.
- [2] H. Julsén, "Dynamic lighting and human performance", Lighting design and application centre, Philips lighting
- [3] <http://www.medialon.com/>
- [4] http://www.usatoday.com/travel/destinations/2008-10-21-jerusalem-light-show_N.htm
- [5] <http://en.wikipedia.org>
- [6] <http://www.barco.com/en/pressrelease/2229/en>
- [7] <http://www.soundandlight.com.eg/>
- [8] <http://www.aplust.net/>
- [9] <http://www.tour-eiffel.fr>
- [10] www.ledsmagazine.com
- [11] www.towerofdavid.org.il
- [12] http://livedesignonline.com/projects/medialon_brussels/
- [13] <http://www.muzej.mod.gov.rs>
- [14] <http://www.youtube.com/watch?v=4DAP9x0Fk3U>

9. СВЕТЛОСНО ЗАГАЂЕЊЕ

9.1. Увод

Урбано осветљење често карактерише више светлости него што је потребно и рад у временским интервалима у којима оно није неопходно. Последица овога је непотребно расипање енергије, а самим тим и новца. Циљ квалитетног урбаног осветљења је креирање привлачних урбаних простора, уз постизање добре видљивости и задовољавајућег видног комфора, минимални утрошак електричне енергије и максималну редукцију светлосног загађења, чији је најпознатији облик сјајно ноћно небо изнад градова широм света. Наши преци су много више уживали у посматрању небеских тела, зато што су на тамном небу могли јасније да их виде.

Други основни облик светлосног загађења је светлосно прекорачење, које изазива светлост усмерена према површинама којима није намењена (на пример, улично осветљење које осветљава приватна дворишта, а често продире и кроз прозоре кућа и станова).

Трећи основни облик светлосног загађења је бљештање, које такође треба свести на подношљив ниво.

Без обзира на циљеве које осветљење треба да испуни, треба применити све мере које омогућавају да се светлосно загађење сведе на минимум. При томе, наше је мишљење да је утицај негативних ефеката (укључујући и безбедносни аспект) светлосног прекорачења и бљештања много већи од негативног ефекта сјајног неба. Наиме, осветљење којим се креира пријатан амбијент и постиже безбедност у урбаном простору увек за последицу има одређену количину директне и рефлектоване светлости која је усмерена према небу. Пошто она не може да се елиминише, треба прихватити чињеницу да градска средина није адекватно место за уживање у ноћном небу.

Додатно наглашавамо да архитектонско осветљење занемарљиво учествује у количини светлости која је усмерена према небу, због чега приликом његовог пројектовања примарни циљ треба да буде јасна и атрактивна презентација објекта, а не редукција сјаја неба. Сходно томе, не треба избегавати усмеравање рефлектора навише, јер се тако најчешће постижу најбољи ефекти у архитектонском осветљењу.

9.2. Облици светлосног загађења

9.2.1. Сјајно ноћно небо

Сијање (сјај) неба изазивају зраци који припадају видљивом и невидљивом делу спектра, и који се после рефлексije од честица атмосфере усмеравају према површини Земље. Разликују се:

- природни сјај неба - компонента сјаја неба која потиче од исијавања небеских тела и луминисцентних процеса у горњем делу Земљине атмосфере, и
- вештачки сјај неба - компонента сјаја неба која потиче од вештачких извора исијавања (какав је, на пример, урбано осветљење). На њега равноправно утичу светлост усмерена директно на горе, као и светлост рефлектована од површине Земље.

Описана појава се обично манифестује помоћу наранџасте светлости (сл. 9.1), која се може видети изнад многих мањих места и великих градских центара. Сијање неба изнад урбаних средина није само локална појава, већ се може видети у пречнику од неколико километара, често досежући до мрачних руралних крајева. Наранџаста боја на небу најчешће потиче од светлости натријумових сијалица ниског и високог притиска.



Слика 9.1 Пример сијања неба изнад града

9.2.2. Светлосно прекорачење

Светлосно прекорачење се назива и расипање светлости. Његов основни извор је јавно осветљење (сл. 9.2), мада се јавља и при осветљавању приватних парцела и објеката. Процена светлосног прекорачења је увек субјективна, зато што се различито дефинише где, када и колико је светлости непожељно.



Слика 9.2 Драстичан пример светлосног прекорачења:
улична светиљка сликана из стана

Конструисани су усмеривачи светлосног снопа (граничници, штитници, растери, тубе итд.) који могу да се монтирају на светиљку у циљу максималне редукције расипања светлости.

9.2.3. Бљештање

Бљештање је визуелни утисак проузрокован великом сјајношћу у правцу посматрања (као на сл. 9.3). Може да изазове смањење видних способности, као и да буде некомфорно. Лоше позициониране и/или усмерене светиљке урбаног осветљења могу чак да засене и изложе опасности возаче који прелазе из слабије у јаче осветљену област.

Као и расипање светлости, и бљештање се елиминише (редукује) правилним позиционирањем и усмеравањем рефлектора, а понекад и употребом усмеривача светлосног снопа.

Бљештање различито утиче на људе, при чему је старија популација обично осетљивија на ову негативну појаву.



Слика 9.3 Пример уличног осветљења које проузрокује бљештање

9.2.4. Остали видови светлосног загађења

Поред три основна, јављају се и други типови светлосног загађења. Навешћемо следеће:

- *Нагла промена нивоа светлости*, која представља такав прелаз из добро у лоше осветљени део простора који онемогућава потребну и благовремену адаптацију ока. Мрачне области које се налазе непосредно поред осветљених могу да буду опасне.
- *Хаотично и конфузно осветљење*, које се појављује код некавалитетно пројектованих инсталација осветљења, које карактеришу супротстављени циљеви и захтеви или неправилна реализација.
- *Негативно деловање на човека и екосистем*, које представља вид светлосног загађења који је недовољно истражен. Сва жива бића се управљају према биолошком ритму, на који светлост значајно утиче.

9.3. Утицај светлосног загађења на животињски свет

Утицај светлосног загађења на животињски свет најчешће се разматра у приградским, сеоским и руралним срединама. Инсектима, водоземцима, гмизавцима, птицама и сисарима потребни су како дневни, тако и ноћни услови. Ако је ноћна атмосфера нарушена вештачком светлошћу, то може да утиче на:

- привлачност или одбојност према одређеном месту,
- унапређење оријентације или изазивање дезоријентације,
- нарушавање биоритма, и
- промене у настањености.

9.4. Утицај светлосног загађења на астрономска посматрања

Ефекти урбаног осветљења на астрономска посматрања огледају се у промени услова за посматрање неба у ноћним сатима, које могу да проузрокују:

- распршивање светлости у атмосфери, које доводи до повећања сјајности неба,
- промењена спектрална карактеристика сјајног неба, уз немогућност телескопа да изврши неопходно филтрирање појединих делова спектра, и
- директна светлост светиљки која обасјава опсерваторију.

Повећана сјајност неба представља проблем који је у основи тешко елиминисати. Задатак је да се минимизује резултантни ефекат светлости

рефлектоване од коловоза и његовог окружења и директне светлости светиљки која је усмерена навише.

Проблем филтрирања може најефикасније да се реши ако се за јавно осветљење у околини опсерваторије користе натријумови извори ниског притиска. Положај београдске опсерваторије, која је смештена на Калемегдану, онемогућава примену овакве мере.

9.5. Препоруке за смањење светлосног загађења

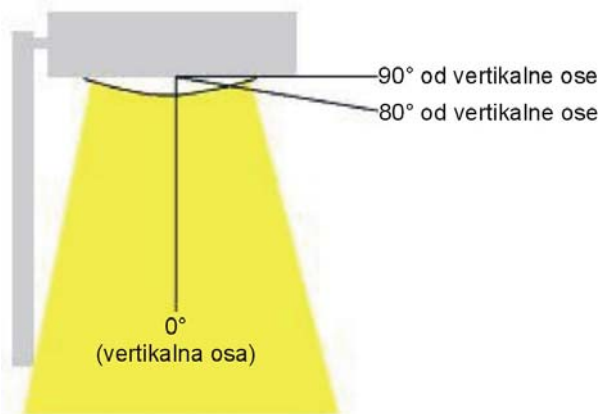
9.5.1. Основни параметри

Основни параметри на које може да се утиче у циљу редукције светлосног загађења су:

- ниво осветљености (сјајности), који не треба да буде већи од неопходног (дефинисаног стандардима или препорукама); треба размотрити и могућност његове редукције у касним ноћним сатима,
- време рада инсталације осветљења, које не треба да се продужи на касне ноћне сате уколико тада није уобичајено присуство посетилаца у посматраном простору или у његовом непосредном окружењу (паркови, баште, споменици, фонтане, билборди и други рекламни панои, више етаже зграда са стакленим фасадама,...),
- карактеристике светиљки и извора светлости, и
- лоцирање и усмереност светиљки.

9.5.2. Препоруке за избор типа светиљке

Класификација светиљки са аспекта засењености заснована је на емисији светлости у две основне зоне, дефинисане у односу на вертикалну осу хоризонтално постављене светиљке. Прва зона је дефинисана за углове изнад 80° , док друга зона покрива све углове изнад 90° , односно све углове изнад хоризонталне равни која пролази кроз оптички центар светиљке (сл. 9.4). Светлост емитована у зони између 80° и 90° доводи до појаве бљештања, док светлост емитована изнад хоризонталне равни светиљке значајно утиче на повећање сјаја неба.



Слика 9.4 Референтни углови за класификацију засењених светиљки

Засењене светиљке се могу поделити у четири групе:

- Потпуно засењене - Светлосни флуks у зони изнад 90° од вертикалне осе светиљке једнак је нули, док његова вредност у зони изнад 80° не прелази 10% укупног светлосног флуksа светиљке,
- Засењене - Светлосни флуks у зони изнад 90° од вертикалне осе светиљке не прелази 2.5% укупног светлосног флуksа светиљке, док његова вредност у зони изнад 80° не прелази 10% укупног светлосног флуksа светиљке,
- Делимично засењене - Светлосни флуks у зони изнад 90° од вертикалне осе светиљке не прелази 5% укупног светлосног флуksа светиљке, док његова вредност у зони изнад 80° не прелази 20% укупног светлосног флуksа светиљке, и
- Незасењене - Не постоје ограничења која се односе на разматране зоне.

За квалитетно урбано осветљење препоручују се потпуно засењене или засењене светиљке.

9.5.3. Препоруке за избор типа извора светлости

Урбано осветљење, према потреби за верном репродукцијом боја, може да се подели на:

- амбијентално и архитектонско осветљење, осветљење спортских терена за рекреацију, осветљење билборда и сигнализације, и
- осветљење саобраћајница са малим присуством пешака, као и осветљење отворених радних, паркинг и осталих простора код којих није битна репродукција боја.

За просторе и објекте који припадају првој групи препоручују се метал-халогени извори са керамичким гориоником, недавно конструисани извори светлости типа CosmoWhite (Philips Lighting), компакт флуо извори и LED извори светлости.

9.5.4. Светлосне зоне

Утицај светлосног загађења није подједнак на свим локацијама. Према препоруци CIE 150 (референца 4), а у зависности од сјајности окружења, дефинисане су четири зоне, описане у табели 9.1.

Табела 9.1 Подела на светлосне зоне

Зона	Опис
E1	Тамне области (национални паркови или заштићене територије)
E2	Области које карактерише ниска сјајност (индустријске области или сеоска насеља)
E3	Области које карактерише просечна сјајност (индустријске или резиденцијалне области у предграђима)
E4	Области које карактерише висока сјајност (градски центри или комерцијалне области)

9.5.5. Препоруке за смањење сијања неба

Сијање неба се може смањити:

- коришћењем засењених светиљки,
- смањењем нивоа осветљености (сјајности) у касним ноћним сатима,
- ограничењем времена рада спољашњег осветљења појединих простора, какви су тржни центри, паркови, спортски терени, паркинг простори итд., и
- пројектовањем оптималних светлосних инсталација.

Препоруке за смањење сијања неба (табела 9.2) односе се на ограничење количине светлости коју светиљка усмерава директно према небу. Приметимо да релевантни стандарди и препоруке из ове области не садрже никаква ограничења која би се односила на светлост рефлектовану од тла према небу.

Табела 9.2 Максималне дозвољене вредности параметра светиљке ULR

Зона	ULR* [макс. %]
E1	0
E2	2.5
E3	5
E4	15

*ULR (Upward Light Ratio) представља проценат укупног светлосног флукса светиљке који је директно усмерен према небу.

9.5.6. Препоруке за смањење светлосног прекорачења

Да би се светлосно прекорачење учинило прихватљивим, неопходно је да се:

- анализира околни простор и на основу тога тако изабери, лоцирају и усмере светиљке да се обезбеди што мање расипање светлости према суседним областима, и
- користе потпуно засењене или засењене светиљке.

Постизање баланса између пријатних утисака које изазива осветљење нижих делова фасаде и негативних ефеката које производи расута светлост представља важан задатак који пројектант уличног осветљења треба да реши. У табели 9.3 дате су максималне дозвољене вредности вертикалне осветљености (које потичу од свих инсталација осветљења) на површинама које су у околини површина које се осветљавају. Ове вредности се пре свега односе на објекте за становање, односно на њихове фасаде на којима се налазе прозори.

Табела 9.3 Максималне дозвољене вредности вертикалне осветљености

Зона	Вертикална осветљеност [lx]	
	06 ⁰⁰ - 23 ⁰⁰ h	23 ⁰⁰ - 06 ⁰⁰ h
E1	2	0*
E2	5	1
E3	10	2
E4	25	5

*Ако су вертикалне површине у околини осветљених саобраћајница, ова вредност може да износи до 1 lx.

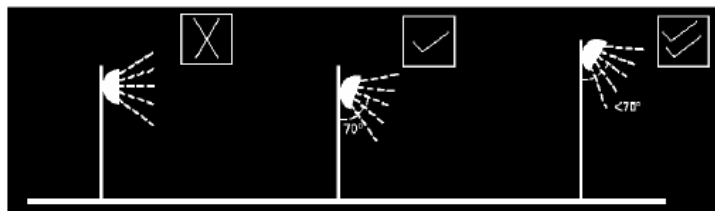
9.5.7. Препоруке за смањење бљештања

У циљу смањења бљештања, за сваку светлосну зону одређене су максималне вредности светлосног интензитета светиљке у релевантним правцима посматрања, које су дате у табели 9.4. Релевантни правци посматрања су они правци из којих станари у току дужих временских периода гледају сјајне површине светиљки.

Табела 9.4 Максималне дозвољене вредности светлосног интензитета светиљке у релевантним правцима посматрања

Зона	Интензитет [cd]	
	06 ⁰⁰ - 23 ⁰⁰ h	23 ⁰⁰ - 06 ⁰⁰ h
E1	2500	0
E2	7500	500
E3	10000	1000
E4	25000	2500

Да би се бљештање које изазивају светиљке које осветљавају велике отворене просторе могло сматрати прихватљивим, потребно је да се светлосни сноп сваке од њих усмери под углом не већим од 70° (видети сл. 9.5).



Слика 9.5 Примери неправилног и правилног усмерења светиљке са аспекта редукције бљештања

Референце

- [1] www.dorsetforyu.com, "Street lighting policy", 2003.
- [2] www.cityofsydney.nsw.gov.au, "The city of Sydney exterior lighting strategy", 2005.
- [3] City of Melbourne, "Lighting strategy", 2002.
- [4] CIE publication 150, "Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations", 2003.
- [5] M. Kostic and L. Djokic, "Recommendations for energy efficient and visually acceptable street lighting", *Energy*, Vol. 34, pp. 1565-1572, 2009.
- [6] CIE publication 43, "Photometry of floodlights", 1979.
- [7] М. Б. Костић, „Водич кроз свет технике осветљења”, Minel-Schreder, Београд, 2000.
- [8] Л. Ђокић, „Осветљење у архитектури – захтеви и смернице за пројектовање”, Архитектонски факултет Универзитета у Београду, 2007.
- [9] IESNA, "Lighting handbook – reference and application" (9th edition), New York, 2000.
- [10] CIE publication 94, "Guide for floodlighting", 1993.
- [11] М. Костић и Л. Ђокић са сарадницима, "Препоруке за пројектовање, извођење и одржавање функционалног и декоративног јавног осветљења у Београду" (студија), Наручилац: Град Београд, 2007.
- [12] Л. Ђокић, М. Костић и А. Костић, "Мастерплан јавног декоративног осветљења Обреновца" (студија), Наручилац: ЈП за изградњу Обреновца, 2009.
- [13] Institution of lighting engineers (ILE), "Guidance notes for the reduction of obtrusive light", 2005.
- [14] International dark-sky association – Information sheet 123, "Some notes on cutoff angle and glare", Tuscon, 1997.
- [15] International dark-sky association – Information sheet 76, "Exterior lighting: glare and light trespass", Ohio, 2000.
- [16] International dark-sky association – Information sheet 185, "Sports and recreational area lighting", Tuscon, 2003.
- [17] <http://SkyTonight.com>, "Good neighbor outdoor lighting", 2006.
- [18] Brinjac Engineering, "Highlighting South Bethlehem – an architectural lighting plan", 2002.
- [19] CIE Division 5, TC 5.21, "A guide to masterplanning urban lighting" (draft report – 7a.1), July 2007.

10. ОСВЕТЉЕЊЕ РЕКЛАМНИХ ПАНЕЛА И БИЛБОРДА

У зависности од тога како се осветљавају, рекламни знаци и панои (билборди) могу да се поделе на:

- светлећа слова, која су састављена од сијалица изложених директном погледу,
- светлеће панеле, израђене од прозрачних материјала осветљених изнутра (прозрачни материјали су непровидни и дифузно пропуштају светлост), и
- паное осветљене споља, помоћу рефлектора.

Да би се постигла оптимална рекламна ефикасност, пракса је показала да висина слова треба да буде два пута већа од оне која је неопходна за њихову јасну препознатљивост са највеће удаљености посматрања. При томе треба нагласити да препознатљивост не зависи од сјајности знака или површине, него од контраста који се постиже у односу на непосредно окружење.

Светлећа слова се код нас веома ретко користе, јер сијалице изложене ветру и киши брзо страдају, а и њихово одржавање (пре свега чишћење) веома је отежано.

Светлећи панели, било да су израђени од пластике, било од стакла, могу да буду млечно беле боје или су изнутра или споља обојени. Пошто дифузно пропуштају светлост, карактерише их равномерна расподела сјајности на светлећој површини, коју изнутра осветљавају линеарни извори светлости (флуоресцентне или друге светлеће цеви, чији је облик подешен облику панела).

Осветљење рекламних паноя (билборда) треба да испуни следеће захтеве:

- средња осветљеност треба да буде блиска одговарајућој вредности из табеле 10.1 (референца 4),
- расподела сјајности треба да је што равномернија, да би сви делови паноя били јасно видљиви без напрезања (због тога је често неопходно инсталирати већи број светилки са сијалицама мање снаге, што поскупљује решење),
- расуту светлост треба свести на минимум (у циљу испуњења овог захтева, често се користе различите врсте штитника, граничника и усмеривача светлосног снопа),
- осветљење не сме да изазива нити директно, нити рефлектовано бљештање у релевантним правцима посматрања,
- опрема за осветљење не треба да омета посматрање билборда из уобичајених позиција, нити да у току дана ствара сенке на њему,

- опрема за осветљење мора да буде прихватљивог изгледа у дневним условима и једноставна за одржавање, које треба да се обавља периодично, и
- осветљење треба да се искључи у касним ноћним сатима.

Табела 10.1 Препоручене средње осветљености билборда

Средњи фактор рефлексије билборда	E_{sr} (lx)	
	Сјајно окружење	Тамно окружење
Низак	1000	500
Висок	500	200

На слици 10.1 приказани су примери како некавалитетно осветљених рекламних panoа, са блештањем и превише расипања светлости, тако и примери квалитетних решења, која су у складу са наведеним захтевима, јер обезбеђују осветљење без блештања и светлосног прекорачења.



Слика 10.1 Примери осветљења рекламних panoа: некавалитетно осветљење (лево) и квалитетно осветљење (десно)

У табели 10.2 (референца 3) дате су максималне дозвољене средње сјајности фасадних површина, светлећих панела и рекламних panoа у зависности од њихове локације.

Табела 10.2 Максималне дозвољене средње сјајности површина

Зона	Сјајност фасада и сличних површина [cd/m ²]	Сјајност рекламних паноа, панела и сл. [cd/m ²]
	Одређена као производ средње осветљености и фактора рефлексије подељеног бројем π	Одређена као производ средње осветљености и фактора рефлексије подељеног бројем π , а за изнутра осветљене панеле њихова средња сјајност
E1	0	50
E2	5	400
E3	10	800
E4	25	1000

Рефлектори за осветљење билборда постављају се или у нивоу доње, или у нивоу горње ивице паноа. Иако обе могућности имају предности и недостатке, чини се да рефлектори у нивоу доње ивице изазивају мање проблема. Тада је рефлектовано бљештање минимално, нема сенки од дневне светлости, светиљке се лакше одржавају, а постери једноставније мењају. Међутим, код оваквог решења посебну пажњу треба посветити отклањању следећих потенцијалних недостатака:

- рефлектори могу да заклањају делове поруке из појединих праваца посматрања, и
- извори светлости или протектори светиљки могу бити видљиви из појединих позиција пролазника и возача.

За осветљење билборда препоручују се метал-халогени извори светлости са керамичким гориоником, јер их карактеришу задовољавајућа енергетска ефикасност, релативно дуг век трајања (6 – 8 хиљада сати), одлична репродукција боја и стабилна температура боје. Због малих димензија, одличног усмеравања светлости, задовољавајуће светлосне искористивости и дугог века трајања, светиљке са LED изворима представљају будућност и у овој области.

У већим српским градовима, а поготово у Београду, неконтролисано се умножава број светлосних знакова и билборда. Ако се настави постојећи тренд и искористе додатне могућности које пружа LED технологија, за коју годину ћемо се суочити са хаотичним и визуелно агресивним системом рекламних светлећих елемената (какви већ постоје у Јапану, Хонг Конгу и неким градовима САД-а). Потврду за овакву бојазан представља ширење LED

светлећих знакова инсталираних испред зграда са апотекама у Београду, чија је главна карактеристика динамично осветљење које иритира пролазнике.

Насупрот овоме, контролисана употреба рекламних светлећих средстава, која подразумева правилан избор локација, вођење рачуна о минималном нарушавању дневног и ноћног изгледа окружења и испуњење напред наведених захтева, може допринети ноћном амбијенту (уколико се не претера, шаренило боја и динамичне промене осветљења могу позитивно да утичу на стварање атмосфере живости у граду). Да би то било могуће, неопходно је да се градска комисија задужена за јавно осветљење позабави и проблематиком осветљења рекламних знакова и билборда.

Референце

- [1] Z. Razis, "An aesthetic and sociocultural approach to urban lighting", Proceedings of Urban nightscape 2006, pp. 116-119, Athens, 2006.
- [2] N. Shchepetkov, "Lighting master plan", Proceedings of Urban nightscape 2006, pp.124-126, Athens, 2006.
- [3] CIE publication 150, "Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations", 2003.
- [4] IESNA, "Lighting handbook – reference and application" (9th edition), New York, 2000.
- [5] CIE Division 5, TC 5.21, "A guide to masterplanning urban lighting" (draft report – 7a.1), July 2007.

11. ФАЗНА РЕАЛИЗАЦИЈА МАСТЕРПЛАНА ОСВЕТЉЕЊА

С обзиром на обим и трајање реализације мастерплана осветљења, неминовно је његово фазно извођење. Због тога се препоручује градским властима да пре реализације мастерплана оформе стручну комисију, у чијем би раду учествовали и аутори мастерплана, са задатком да предложи поделу целокупног посла на фазе, водећи рачуна како о финансијским ограничењима и другим захтевима инвеститора, тако и о функционалном и естетском аспектима сваке фазе.

Почетна фаза треба да се односи на део града који садржи просторе и објекте за чије се осветљење очекује да буде нарочито ефектно. Уколико се то постигне, реакција јавности је најчешће таква да се власници не само јавних, него и вредних приватних објеката, мотивишу да инвестирају у њихово осветљење. Насупрот овоме, лоши почетни резултати (сиромашно, прејак или естетски наприхватљиво осветљење, бљештање итд.) изазивају негативне реакције јавности које се касније тешко превладавају.

Посебно наглашавамо да осветљење појединих урбаних целина, а поготово објеката, не треба да се фазно изводи. Када се оно оконча, треба фотографисати постигнуте ефекте и фотографије сачувати као део документације мастерплана осветљења.

Референца

[1] Brinjac Engineering, "Highlighting South Bethlehem – an architectural lighting plan", 2002.

12. ОДРЖАВАЊЕ ЈАВНОГ ОСВЕТЉЕЊА

Према америчком стандарду IESNA, CIE препорукама и бројним другим релевантним изворима, економски је оправдана периодична групна замена сијалица у уличном и амбијенталном осветљењу. Овакав став је заснован на чињеници да је цена групне замене свих сијалица у неком делу система јавног осветљења по правилу мања од укупне цене замене сваке од њих кад прегори (у другом случају значајно је већа цена ангажовања дизалице по светиљци). Због тога, оптимална процедура одржавања функционалног јавног осветљења подразумева комбинацију периодичне групне замене извора светлости, када, такође, треба очистити оптичке делове светиљки (протекторе и рефлекторе), и појединачне замене рано прегорелих извора. Оваква процедура одржавања уличног осветљења потребна је да би током целог периода одржавања (датог у табели 13.1) ниво осветљености (сјајности) био најмање једнак оном који је специфициран пројектом, као и да проценат неисправних извора светлости у сваком тренутку буде мањи од оног који је специфициран уговором између града и фирме задужене за одржавање јавног осветљења (обично испод 3%).

Идентификација неисправног осветљења треба да се спроводи у редовним интервалима (2 - 3 недеље). У циљу побољшања нивоа услуга, грађане треба охрабривати да пријављују кварове коришћењем бесплатних телефонских бројева. Компаније задужене за одржавање уличног осветљења треба да буду оспособљене да сваки пријављени квар отклоне у року од недељу дана.

Приликом замене сијалице посебну пажњу треба обратити на њен положај у светиљци, зато што он не сме да се мења.

Неисправне или оштећене компоненте инсталације уличног осветљења треба да се замене идентичним или потпуно компатибилним компонентама.

Одржавање архитектонског осветљења обрађено је у поглављу 5.2.19.

Сваки разводни орман осветљења треба да садржи једнополну шему са свим струјним кожима. Свака прекидачка компонента у орману треба да буде означена у складу са ознакама не једнополној шеми.

Треба направити и примењивати план одлагања и рециклирања прегорелих извора светлости и неисправних баласта.

Да би се приликом транспорта и складиштења спречило евентуално ломљење, неопходно је прегореле изворе светлости паковати на правилан начин. Када се врши групна замена извора светлости, потребно је прегореле изворе паковати у исте картонске кутије у којима су донети нови извори светлости. Затим ове кутије морају прописно да се означе, јер садрже отпад опасан по околину. Посебну пажњу треба посветити слагању кутија, где треба водити рачуна о броју кутија које смеју да се наслажу једна на другу (да не би дошло до ломљења садржаја кутија на дну).

Неки прерађивачи отпада ломе прегореле изворе светлости. Ово је дозвољено, али се мора урадити пажљиво и на прописан начин. За опрему за ломљење, као и за методе, односно просторије у којима се врши ломљење, морају да се поседују посебне дозволе надлежних органа. Извор светлости мора у потпуности да се сломи унутар посебних буради, да не би дошло до нежељеног ослобађања живине паре у атмосферу. Такође мора бити обезбеђена прописна вентилација просторије у којој се врши ломљење.

Транспорт токсичног отпада могу да обављају само регистровани превозници са возилима која су прошла одговарајуће техничке прегледе. Цена транспорта се одређује на основу броја извора светлости и буради, као и на основу километраже до објекта за рециклажу, односно депоније хемијског отпада.

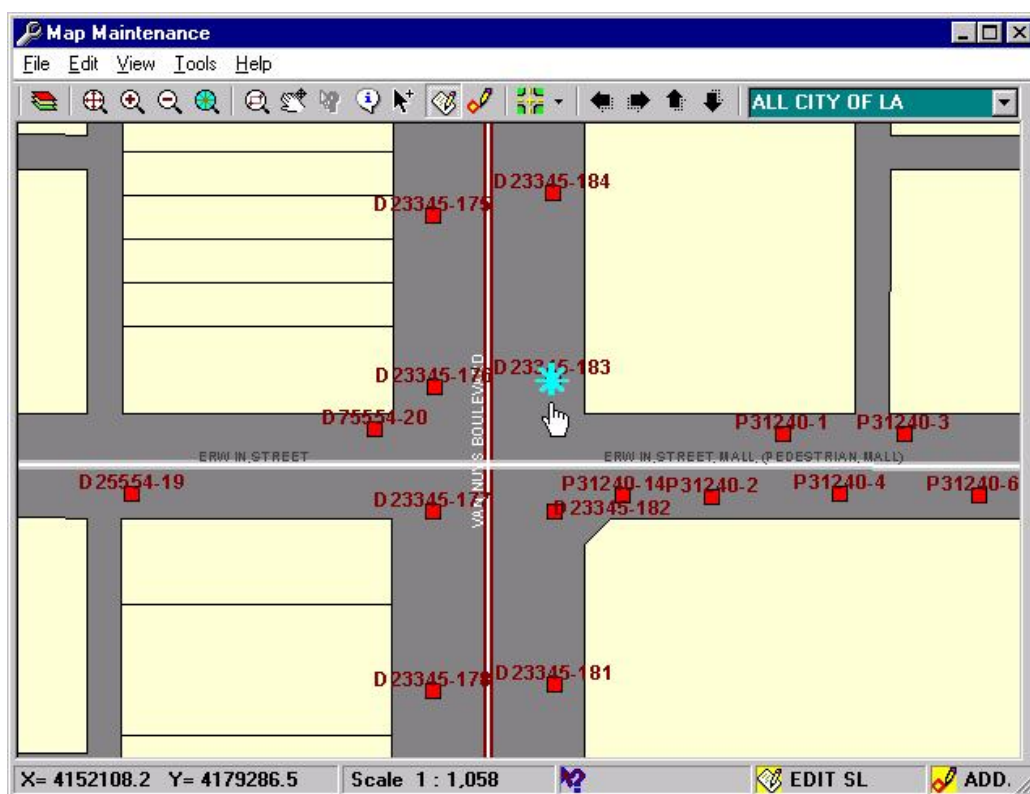
Да би сваки транспорт токсичног отпада имао свој траг, прописује се посебна документација коју сваки учесник у процесу одлагања отпада мора да води. Оваква документација мора да садржи информације о произвођачу отпада, типу и количини отпада, превознику отпада, објекту којем се отпад доставља, итд. Она мора да прати отпад током целог пута. Сваки следећи превозник, односно руководиоца објекта који је дошао у контакт са отпадом, мора да настави вођење документације, као и да један примерак чува код себе кад више не буде у контакту са отпадом. Уколико и једна карика у ланцу одлагања не прими одговарајућу документацију, одмах мора да обавести надлежне органе ради утврђивања грешке и одговорности, као и предузимања одговарајућих заштитних мера.

Надлежне државне институције прописују услове складиштења на депонијама хемијског отпада: специјалну бурад, количину отпада по бурету, испуну буради апсорбујућим материјалима који се користе као превенција од евентуалног цурења, обележавање буради, итд.

Треба урадити и стално ажурирати базу података (са пратећим софтвером за претраживање) која треба да садржи битне информације о свим релевантним елементима уличног и амбијенталног осветљења у граду, јер њено поседовање значајно олакшава одржавање јавног осветљења. Свака светиљка треба да има јединствену адресу, чији део треба да представља и адреса стуба на коме се светиљка налази. Укуцавањем адресе светиљке, треба да се отвори форма која садржи све релевантне податке о стубу и светиљци. То могу да буду тип темеља стуба, тип и датум инсталирања стуба, његова висина, број и пресек чланака стуба, као и тип, дужина и нагиб лине. Поред типа и датума монтаже светиљке, оваква форма треба да садржи и тип баласта (и игнатора, ако овај постоји), као и тип и снагу сијалице (сијалица), њен (њихов) положај унутар светиљке, датум последње групне замене сијалица, као и датуме појединачних замена сијалица у тој светиљци. Потребно је располагати и подацима о датумима замене баласта (и игнатора), протектора, грла,... За сваки бојени челични стуб треба познавати и датум последњег третмана површине стуба, укључујући и бојење.

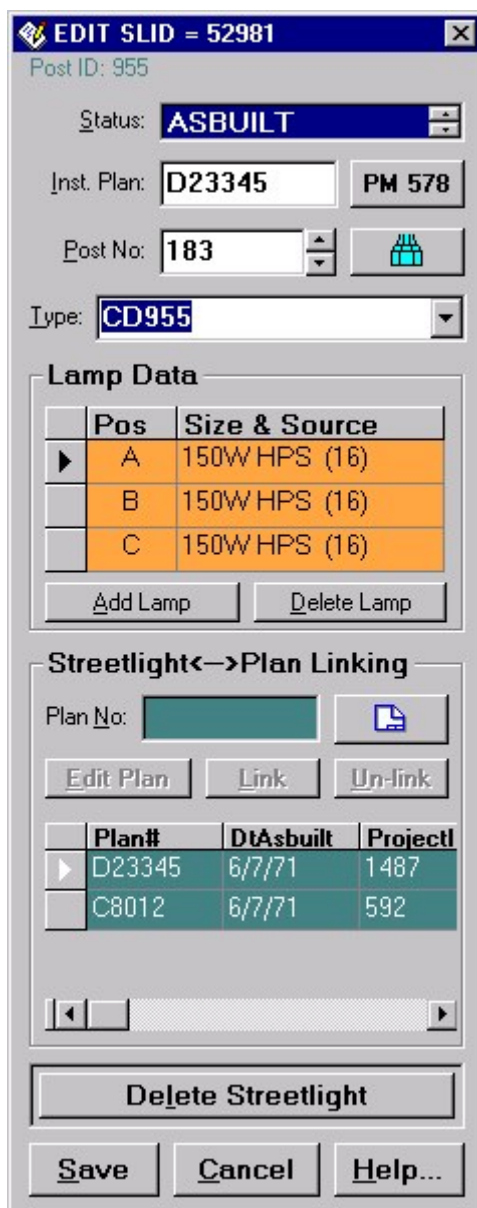
Било би добро да се за веће градове уради и географски информациони систем (ГИС), у чијој је основи представљање светиљки на мапи града. Треба омогућити да се „зумирањем“ (повећавањем размере) приказују све мањи делови града, да би се на крају приказала улица у којој се налази светиљка са откуцаном адресом, заједно са њеним непосредним окружењем. На сл. 12.1, која представља део ГИС-а Лос Анђелеса, приказана је раскрсница у којој се секу улица са означеном светиљком на стубу 183, чија је адреса D23345-183, и њој ортогонална улица. ГИС Лос Анђелеса уједно представља и светлотехничку карту града, јер је свакој улици, према боји којом је приказана њена оса, додељена одговарајућа светлотехничка класа. Овим је веома олакшана израда пројеката реконструкције уличног осветљења у граду, јер исто пројектно решење може да се примени на велики број улица исте (сличне) геометрије, које припадају истој светлотехничкој класи.

ГИС може да садржи и положај (са адресом) сваког разводног ормана осветљења у граду. Треба обезбедити да се кликом на одређени разводни орман или укуцавањем његове адресе прикаже одговарајућа форма која треба да садржи све битне информације о том разводном орману (тип и пресек напојног кабла, тип, пресек, прекидач и осигурач сваког струјног кола, адресе светиљки прикључених на свако струјно коло, итд.).



Слика 12.1. Делић мапе Лос Анђелеса са светиљкама представљеним помоћу црвених квадрата (и њима придружених адреса) и осама улица чије боје указују на њихову светлотехничку класу (помоћу осе браон боје приказан је главни булевар (Van Nuys Boulevard), а помоћу осе сиве боје улица са стамбеним објектима, која је мањег значаја)

„Кликом” на квадрат који представља посматрану светиљку, приказује се „пор-уп” форма, која садржи релевантне информације о тој светиљци и стубу на коме је она инсталирана (сл. 12.2.).



EDIT SLID = 52981

Post ID: 955

Status: **ASBUILT**

Inst. Plan: **D23345** **PM 578**

Post No: **183**

Type: **CD955**

Lamp Data

	Pos	Size & Source
▶	A	150W HPS (16)
	B	150W HPS (16)
	C	150W HPS (16)

Add Lamp Delete Lamp

Streetlight<->Plan Linking

Plan No: 

Edit Plan Link Un-link

	Plan#	DtAsbuilt	Projectl
▶	D23345	6/7/71	1487
	C8012	6/7/71	592

◀ ▶

Delete Streetlight

Save Cancel Help...

Слика 12.2. „Пор-уп” форма која садржи бројне релевантне податке о светиљци и стубу

Уз базу података (и евентуално ГИС) потребно је развити програм за њено (њихово) претраживање, који треба да обезбеди бројне информације у вези са предстојећим активностима одржавања функционалног осветљења у граду. На пример, може да се захтева да се добије информација:

- о броју свих сијалица које треба групно заменити у току следеће године (разврстано по типу и снази),

- о броју свих сијалица које треба групно заменити у току следећег месеца (разврстано по типу, снази и улицама),
- о броју свих бојених стубова (по типу и улицама) које треба заштитити и поново обојити у току следеће године,
- о процењеном броју свих рано прегорелих сијалица, протектора, баласта и грла (по типовима) које треба заменити у току следеће године (на основу података из претходних година),
- о проценту рано прегорелих сијалица одређеног типа и снаге у одређеном периоду (што може да представља основу за рекламације које треба упутити испоручиоцима сијалица),
- о броју свих светиљки одређеног типа, по улицама (податак који је значајан уколико се врши генерална реконструкција осветљења у граду – на пример, замена светиљки са живиним сијалицама светиљкама са натријумовим или метал-халогеним сијалицама), итд.

Рецимо на крају да Београду, са преко сто хиљада светиљки у функционалном осветљењу, недостаје савремена база података, која треба значајно да олакша и унапреди одржавање јавног осветљења у граду, које представља предуслов за његову пуну оперативност.

Референце

- [1] Brinjac Engineering, "Highlighting South Bethlehem – an architectural lighting plan", 2002.
- [2] City of Melbourne, "Lighting strategy", 2002.
- [3] IESNA, "Lighting handbook – reference and application" (9th edition), New York, 2000.
- [4] CIE Division 5, TC 5.21, "A guide to masterplanning urban lighting" (draft report – 7a.1), July 2007.
- [5] www.dorsetforyu.com, "Street lighting policy", 2003.
- [6] www.cityofsydney.nsw.gov.au, "The city of Sydney exterior lighting strategy", 2005.
- [7] Philips lighting B.V., "Lighting manual" (fifth edition), Eindhoven, Holland, 1993.
- [8] М. Костић, „Релевантни аспекти квалитета, енергетске ефикасности, економичности и одржавања функционалног јавног осветљења“ (студија), Наручилац: Град Београд, 2007.
- [9] CIE publication 154, "The maintenance of outdoor lighting systems", 2003.
- [10] ЕДБ, „Интерни стандард за јавно осветљење“, 2000.
- [11] М. Костић, Л. Ђокић и Н. Хаџиефендић, „Техно-економско поређење анкерисаних фарбаних и топло поцинкованих челичних стубова који се користе у јавном осветљењу“ (студија), Наручилац: ЕДБ, 2005.
- [12] R. L. Isahakian and P. Cross, "Street lighting information system", <http://gis.esri.com/library/userconf/proc00/professional/papers/PAP226/p226.htm>
- [13] М. Б. Костић, „Водич кроз свет технике осветљења“, Minel-Schreder, Београд, 2000.
- [14] М. Костић и Л. Ђокић са сарадницима, "Препоруке за пројектовање, извођење и одржавање функционалног и декоративног јавног осветљења у Београду" (студија), Наручилац: Град Београд, 2007.
- [15] М. Б. Костић, "Осветљење путева", Minel-Schreder, Београд, 2006.

13. ЕНЕРГЕТСКИ АСПЕКТ ЈАВНОГ ОСВЕТЉЕЊА

Проблем задовољења потреба за електричном енергијом представља један од основних проблема у Европи и свету у области енергетике. Постојеће технологије и расположиви ресурси примарних енергената не могу да обезбеде потребне количине електричне енергије. Услед дебаланса између могућности производње и растућих потреба, на тржишту је перманентно присутан раст цене електричне енергије.

Проблем дефицита електричне енергије довео је и до актуелизације свих могућих активности у циљу њене уштеде у сектору јавног осветљења. Међутим, успех оваквих активности значајно зависи од квантитативних показатеља уштеде о којима треба редовно обавештавати јавност, а у циљу подизања свести заједнице о значају предметне проблематике. Да би се постигли жељени ефекти, мора да се врши мерење (а не процена) утрошене електричне енергије у јавном осветљењу.

Када се говори о енергетском аспект јавног осветљења, најчешће се мисли на само два утицајна фактора:

- на употребу енергетски ефикасних извора светлости, и
- на употребу уређаја (система) за регулацију светлосног флукса, уз искључење делова амбијенталног и архитектонског осветљења у касним ноћним сатима.

Међутим, број утицајних фактора је значајно већи. Пошто се њиховим уважавањем могу постићи значајне уштеде електричне енергије, они треба да представљају саставни део сваког мастерплана осветљења.

Пре свега треба истаћи да не само потпуно нове инсталације, него и реконструкције осветљења улица и пешачких стаза, треба да се изводе на основу пројекта, а не на основу искустава стечених у претходним реконструкцијама (видети поглавље 15).

Како сви фотометријски захтеви и, последично, снага извора светлости и растојање између суседних стубова зависе од светлотехничке класе улице, значајне уштеде електричне енергије могу да се постигну њеним адекватним одређивањем (а не проценом).

Препоручује се да се рефлексивне карактеристике коловоза важнијих улица или путева одреде на основу мерења. Најчешће је довољно да се измере само два параметра:

- S_1 , који показује степен огледалности површине коловоза, и
- Q_0 , који показује степен рефлексивности (или светлине) површине коловоза.

У најчешће коришћеном R класификационом систему (одобреном од стране CIE) свака сува коловозна површина сврстава се у једну од четири стандардне рефлексионе класе ($R_1 - R_4$), и то само на основу вредности фактора S_1 . Свакој од ове четири стандардне класе придружени су одговарајућа r -табела и нормализована вредност коефицијента Q_0 . Како измерена вредност коефицијента Q_0 најчешће одступа од његове нормализоване вредности, и како је ниво сјајности коловоза, који веома утиче на инсталисану снагу осветљења улице или пута, линеарно пропорционалан са Q_0 , фотометријске прорачуне треба вршити коришћењем стварне (измерене) вредности Q_0 .

Напоменимо да је Schreder група развила мобилни (портابل) рефлектометар назван Memphis, који омогућава мерење рефлексионих својстава површине коловоза на лицу места.

Ако су за улично осветљење одабрани метал-халогени извори светлости, приликом одређивања потребног нивоа сјајности треба узети у обзир и закључке теорије мезопског виђења (видети поглавље 15).

Ако се примењују NaVP извори, они треба да буду са побољшаним фотометријским карактеристикама. Конструисани пре десетак година, овакви извори имају следеће предности у односу на конвенционалне изворе истог типа:

- већу светлосну искористивост (до 150 lm/W), и
- мањи проценат рано прегорелих извора, уз спорије опадање светлосног флуksа током животног века извора (тима се обезбеђује дужи економски век извора, који износи 16000 сати).

Техно-економско поређење употребе NaVP извора са побољшаним карактеристикама (типа МАСТЕР) и конвенционалних NaVP извора (типа ПРО) у уличном осветљењу (МАСТЕР и ПРО су ознаке извора светлости које производи Philips Lighting) показало је (референца 12):

- да су иницијални трошкови новопроектваног уличног осветљења изведеног помоћу извора типа МАСТЕР просечно 15% нижи од оних који карактеришу фотометријски упоредиво улично осветљење које је изведено помоћу извора типа ПРО (проценти који показују колико је са аспекта експлоатационих трошкова новопроектвана инсталација уличног осветљења изведена помоћу извора типа МАСТЕР просечно повољнија од оне која је изведена помоћу извора типа ПРО износе: по питању инсталисане снаге, односно трошкова за утрошену електричну енергију: 16%, а по питању трошкова групне замене извора: 33%), и
- да се у случају постојећих инсталација уличног осветљења имају приближно исти укупни актуелизовани трошкови.

Врло је важно да се приликом пројектовања функционалног осветљења користи коректна вредност фактора одржавања. Фактор одржавања (f), који представља однос средњих сјајности (осветљености) коловоза на крају и на

почетку једног циклуса одржавања, значајно утиче како на почетне (инвестиционе), тако и на експлоатационе трошкове инсталације функционалног јавног осветљења. Пошто се захтеване вредности сјајности (осветљености) које дефинишу стандарди (препорукe) односе на најмању експлоатациону вредност (ону која се има на крају сваког циклуса одржавања - непосредно пре замене извора светлости и чишћења светилки), јасно је да почетна вредност средње сјајности (осветљености) коловоза (она која се има при новим изворима светлости и новим светилкама) равноправно зависи како од стандардима (препорукама) дефинисаних захтева, тако и од вредности фактора одржавања. А управо почетна вредност средње сјајности (осветљености) одређује број светилки и стубова, који доминантно утичу како на инвестиционе, тако и на експлоатационе трошкове, међу којима су доминантни трошкови за утрошену електричну енергију.

Фактор одржавања у јавном осветљењу представља производ следећа два фактора:

- фактора старења извора светлости (f_1), који уважава опадање светлосног флуksа извора у току његовог експлоатационог века, и
- фактора за прљања светилке (f_2), који уважава смањење светлосног флуksа светилке услед за прљања њених оптичких делова.

На основу напред реченог може да се закључи да фактор одржавања треба да се одреди (израчуна) на основу претходно одређених фактора старења извора светлости и фактора за прљања светилке, који значајно зависе од периода групне замене извора и чишћења светилки (периода одржавања). Како доступна литература из ове области (чак и недавно публикована CIE препорука 154 – референца 24) не садржи методе за израчунавање периода одржавања, за његово одређивање је примењен оригиналан приступ (видети референцу 13). Финални резултати примењене методе приказани су у табели 13.1.

Може да се примети да одступање фактора одржавања од вредности 0.8 (коју пројектанти по правилу усвајају) најчешће није веће од 10%.

Напоменимо да произвођачи извора светлости специфицирају такозвани век сервисирања извора (lamp service life), дефинисан као период у оквиру кога ће се производ фактора старења и фактора непрегорелих извора светлости свести на усвојену вредност (обично 0.7 или 0.8). Јасно је да век сервисирања извора светлости не може да се користи као његов животни век, односно период одржавања, јер рано прегорели извори светлости у функционалном јавном осветљењу морају брзо да се замене, због чега практично не утичу на редукцију нивоа сјајности (осветљености) коловоза.

Препоручује се употреба фотометријски (енергетски) ефикасних светилки, које су једноставне за одржавање и имају степен механичке заштите најмање IP65 (видети референцу 14).

Табела 13.1 Препоручене вредности периода одржавања (Т) и фактора одржавања у функционалном јавном осветљењу

Степен загађења ваздуха Тип извора светлости Период одржавања (Т)	Висок	Средњи	Низак	Степен механичке заштите светилјке
Конвенционални NaVP извори (типа PRO): T=36мес. (3 год.)	0.73	0.77	0.79	IP6X
	0.78	0.80	0.84	SEALSAFE
NaVP извори типа MASTER: T=48мес. (4 год.)	0.74	0.81	0.85	IP6X
	0.84	0.86	0.89	SEALSAFE
Конвенционални живини извори: T=24 мес. (две године)	0.71	0.71	0.72	IP6X
	0.72	0.73	0.76	SEALSAFE
Метал - халогени извори снаге 250 и 400 W: T=18 мес. (година ипо)	0.74	0.75	0.76	IP6X
	0.75	0.76	0.79	SEALSAFE
Метал - халогени извори са керамичким гориоником снаге 70, 100, 150 и 250 W: T=18 мес. (година ипо)	0.71	0.72	0.73	IP6X
	0.73	0.73	0.76	SEALSAFE
Компакт флуо извори за спољно осветљење са електронским предспојним уређајем: T=42 мес. (три ипо године)	0.72	0.77	0.80	IP6X
	0.79	0.81	0.85	SEALSAFE
Живини извори типа HPL 4: T=48 мес. (4 год.)	0.75	0.76	0.76	IP6X
	0.76	0.76	0.80	SEALSAFE

Ефикасност светилјке зависи како од њеног степена искоришћења, тако и од расподеле светлости. На пример, светилјке са енергетски најефикаснијим изворима са натријумом ниског притиска (NaNP извори) генерално су мање ефикасне од светилјки са NaVP изворима, зато што су димензије NaNP извора такве да значајна количина светлости остане „заробљена” унутар светилјке. Уз то, веома је тешко постићи повољну фотометријску карактеристику у уздужној равни светилјки са NaNP изворима.

Светиљке са степеном механичке заштите најмање IP65 не само да су лакше за одржавање, него их карактеришу и већи фактори одржавања (видети табелу 13.1). Поред тога, њихов изглед је прихватљив током целог периода одржавања. Напоменимо да је Schreder група конструисала светиљке са тзв. SEALSAFE степеном механичке заштите, који обезбеђује *трајни* декларисани степен механичке заштите (IP65 - IP67).

Недавно су се на тржишту појавиле светиљке чији се стаклени протектори потпуно очисте после јаке кише, због чега их карактеришу већи фактори одржавања (на пример, self – cleaning luminaires које производи Schreder група). Захваљујући танком слоју TiO_2 , капи кише се разливају преко целе површине протектора, обезбеђујући одстрањивање неорганских честица. Уз помоћ TiO_2 и ултраљубичастих зрака које садржи дневна светлост, честице органског порекла се претварају у воду и угљен-диоксид, чиме се и оне одстрањују са површине протектора.

Напоменимо и следеће: иако су соларни панели још увек неекономични и, пре свега због превеликих димензија, неадекватни за примену у јавном осветљењу, треба пратити њихов развој, јер је напредак те технологије евидентан.

На крају, рецимо нешто и о знаку GREEN LIGHT. Да би светиљка могла да га добије, неопходно је да је карактеришу енергетска ефикасност и минимално светлосно загађење. Додатни захтев је да материјали од којих је израђена не загађују околину (на пример, Schreder група је интерно (унутар компаније) у вези са овим дефинисала следеће захтеве: светиљка треба да је мале масе, да се лако расклапа и да је израђена од рециклабилних материјала, а извор светлости не сме да садржи више од 15 mg живе). Уз то, транспорт светиљки треба да се врши са најмање утрошене енергије (логика дистрибуираних фабрика, од којих свака претежно испоручује светиљке (захтев Schreder групе: најмање 80%) дестинацијама у региону).

Референце

- [1] Department of public works of the city of Minneapolis, "Minneapolis parks & recreation board street lighting policy" (draft), July 2004.
- [2] City of Melbourne, "Lighting strategy", 2002.
- [3] IESNA, "Lighting handbook – reference and application" (9th edition), New York, 2000.
- [4] CIE Division 5, TC 5.21, "A guide to masterplanning urban lighting" (draft report – 7a.1), July 2007.
- [5] www.midwestlighting.com, "EU Green Light logo for Salzburg", 2003.
- [6] www.cityofsydney.nsw.gov.au, "The city of Sydney exterior lighting strategy", 2005.
- [7] Genesis automation and LightLab international, "Report on energy savings opportunities in streetlighting for SEDA and SEA", 1999.
- [8] NYSERDA, "How-to guide to effective energy-efficient street lighting for municipal elected/appointed officials", 2002.
- [9] NYSERDA, "How-to guide to effective energy-efficient street lighting for planners and engineers", 2002.
- [10] M. Kostic, L. Djokic, N. Hadziefendic and N. Strbac-Hadzibegovic, "Improved photometric performance and energy savings in street lighting by application of luminaires with advanced optics and sealsafe degree of protection, high pressure sodium lamps of MASTER type and step-dimming ballasts", Final report on project No. 401-00-36/2004-01, financed by both the European agency for reconstruction and the Belgrade power utility, 2006.
- [11] Philips lighting B.V., "Lighting manual" (fifth edition), Eindhoven, Holland, 1993.
- [12] М. Костић, Л. Ђокић, Н. Хаџиефендић и Н. Штрбац-Хаџибеговић, „Техно-економско поређење употребе натријумових извора високог притиска побољшаних карактеристика (типа MASTER) и конвенционалних натријумових извора високог притиска (типа PRO) у уличном осветљењу“ (студија), Наручилац: ЕДБ, 2004.
- [13] М. Костић, „Релевантни аспекти квалитета, енергетске ефикасности, економичности и одржавања функционалног јавног осветљења“ (студија), Наручилац: Град Београд, 2007.
- [14] ЕДБ, „Интерни стандард за јавно осветљење“, 2000.
- [15] British standard 5489, part 2, "Code of practice for lighting for traffic routes", 1992.
- [16] Schreder group GIE, "Ulysse 2" (програмски пакет), 2003.
- [17] M. Kostic, L. Djokic, D. Pojatar and N. Strbac-Hadzibegovic, "Technical and economic analysis of road lighting solutions based on mesopic vision", Building and Environment, Vol. 44, pp. 66-75, 2009.
- [18] CIE publication 81, "Mesopic photometry: history, special problems and practical solutions", 1989.
- [19] I. Lewin, "Lumen effectiveness multipliers for outdoor lighting design", J. Illum. Eng. Soc., Vol. 30, pp. 40-52, 2001.

- [20] S. Lettner, "Illumination master plan for Vienna", 2008.
- [21] М. Костић и Л. Ђокић са сарадницима, "Препоруке за пројектовање, извођење и одржавање функционалног и декоративног јавног осветљења у Београду" (студија), Наручилац: Град Београд, 2007.
- [22] М. Б. Костић, "Осветљење путева", Minel-Schreder, Београд, 2006.
- [23] М. Kostic and L. Djokic, "Recommendations for energy efficient and visually acceptable street lighting", Energy, Vol. 34, pp. 1565-1572, 2009.
- [24] CIE publication 154, "The maintenance of outdoor lighting systems", 2003.

14. УРЕЂАЈИ И СИСТЕМИ ЗА РЕГУЛАЦИЈУ СВЕТЛОСТИ У ЈАВНОМ ОСВЕТЉЕЊУ

14.1. Увод

Један од битних сегмената потрошње електричне енергије је осветљење саобраћајнице. Светска искуства показују да се у овом сектору могу постићи значајне уштеде електричне енергије. Пошто се осветљење саобраћајнице пројектује за најнеповољније услове у ноћним сатима (највеће густине возила и пешака и највеће сјајности окружења), јасно је да је, без угрожавања безбедности и сигурности саобраћаја, пројектовани ниво осветљености (сјајности) коловоза веома често могуће смањити у касним ноћним и раним јутарњим сатима, чиме се могу обезбедити значајне уштеде електричне енергије. У ту сврху се користе различити уређаји и системи за регулацију флуksа у јавном осветљењу.

Основни захтев који се поставља пред уређаје и системе овакве намене је задржавање пројектоване вредности равномерности осветљености (сјајности), због чега је могуће једно од следећа четири решења:

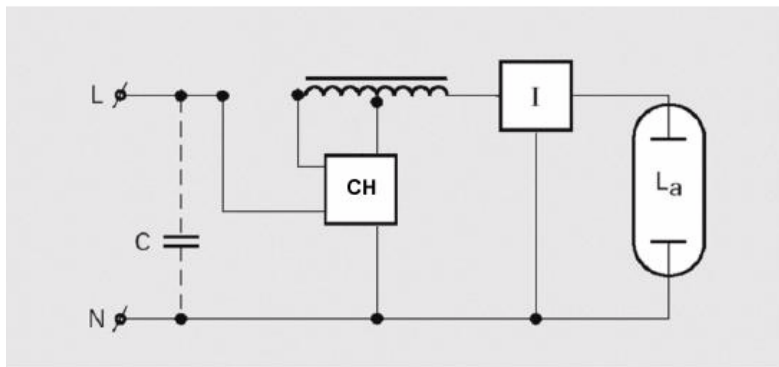
- употреба светиљки са два извора, од којих се један искључује у периоду редукције нивоа сјајности (овакво решење се веома ретко користи, зато што су светиљке превеликог габарита и зато што искључење једне сијалице мења фотометријску карактеристику светиљке),
- употреба двостепених баласта,
- употреба уређаја за централну регулацију светлосног флуksа извора светлости, и
- употреба уређаја за појединачну континуалну регулацију светлосног флуksа извора светлости и мониторинг њиховог рада.

Напоменимо да је захваљујући недавно развијеним уређајима могућа појединачна континуална регулација не само натријумових извора високог притиска, него и метал-халогених извора нове генерације (са керамичким горионом), као и недавно развијених извора беле светлости типа CosmoWhite (Philips Lighting).

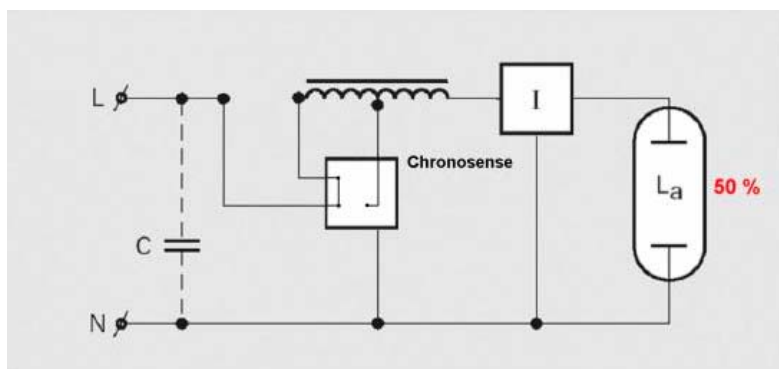
14.2. Употреба двостепених баласта у уличном осветљењу

У уличном осветљењу двостепени баласти се по правилу користе код светиљки са натријумовим изворима високог притиска, чије су снаге 150, 250 и 400 W. Код постојећих инсталација код којих је економски неприхватљиво (или физички немогуће) решење са ископом рова и полагањем контролног кабла, препоручује се решење са двостепеним баластом и часовником.

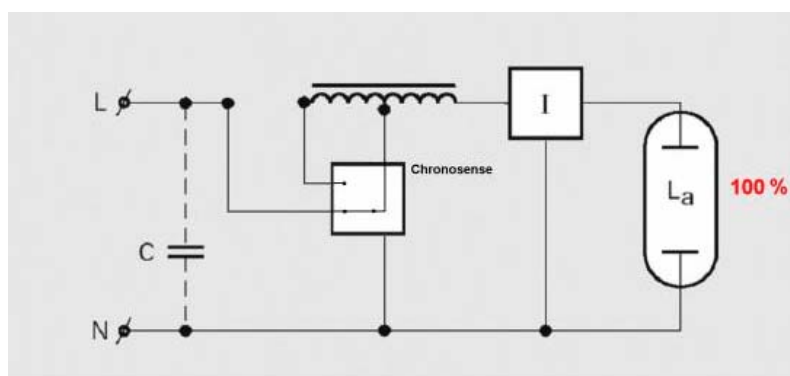
Постоје часовници са ручним и часовници са аутоматским подешавањем времена рада сијалице са редукованим светлосним флуksom. Први су једноставније конструкције и значајно јефтинији од других, али је у нашим условима, а услед значајних промена трајања укључености уличног осветљења у току године, њихова примена практично немогућа. Други садрже „интелигентан“ електронски уређај (*Philips*-ова ознака: *Chronosense controller LLC*), приказан на слици 14.1.



(a)



(б)



(в)

Слика 14.1 Шема повезивања двостепеног баласта и часовника (а), са преклопним контактом часовника у положају који обезбеђује 50% светлосног флуksа (б), односно 100% светлосног флуksа (в)

Овакав уређај сваког дана мери трајање укључености сијалице, при чему свака три дана одређује средње трајање укључености и израчунава тзв. средњу тачку, која се у Србији мало помера током године. Задају се (практично заувек) број сати пре и број сати после средње тачке у оквиру којих извор светлости ради са 50% номиналног светлосног флукса (задавање се врши дефинисањем положаја 7 микропрекидача). Значајна предност оваквог решења је непостојање контролног кабла.

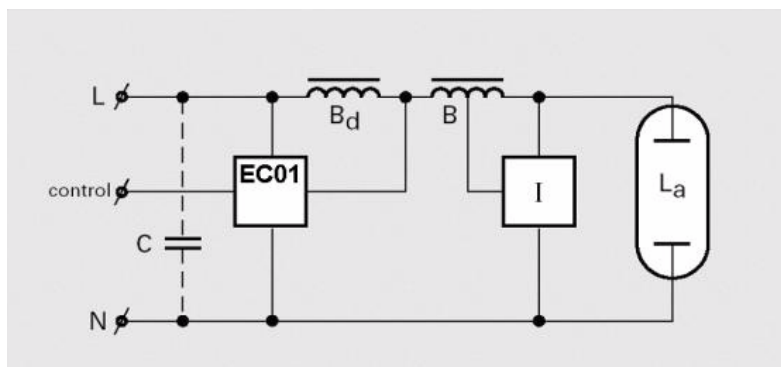
Напоменимо да се описано решење може применити једино у случају серијски повезаног игнitora, као и да је применљиво не само у случају „једноделног” баласта (приказаног на слици 14.1), него и у случају баласта из два дела (приказаног на слици 14.2).

У табели 14.1, добијеној применом методе актуелизације трошкова (уз, за наше прилике, уобичајену стопу актуелизације од $i=5\%$), дати су периоди после којих инвестиција у инсталирање двостепених баласта (са часовником) у постојећим инсталацијама уличног осветљења, која приближно износи 70 € по светиљци, постаје исплатива.

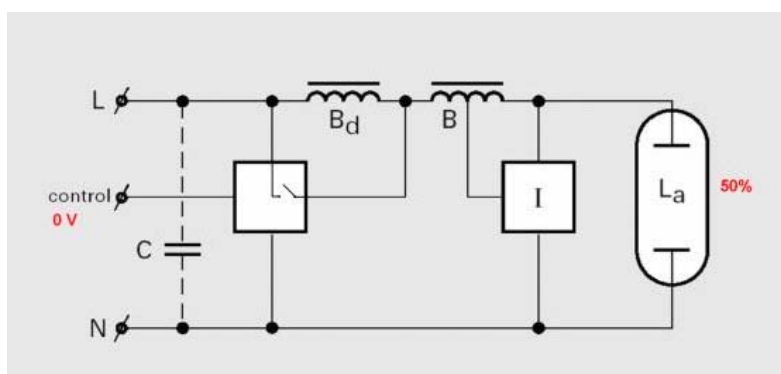
Табела 14.1 Зависност периода исплативости инсталирања двостепених баласта у постојећим инсталацијама уличног осветљења од снаге извора светлости и цене електричне енергије

Снага извора светлости (W)	Цена електричне енергије (€/kWh)	Период исплативости (год.)
150	0.04	40
150	0.05	24
150	0.06	18
250	0.04	12
250	0.05	9
250	0.06	7
400	0.04	8
400	0.05	6
400	0.06	5

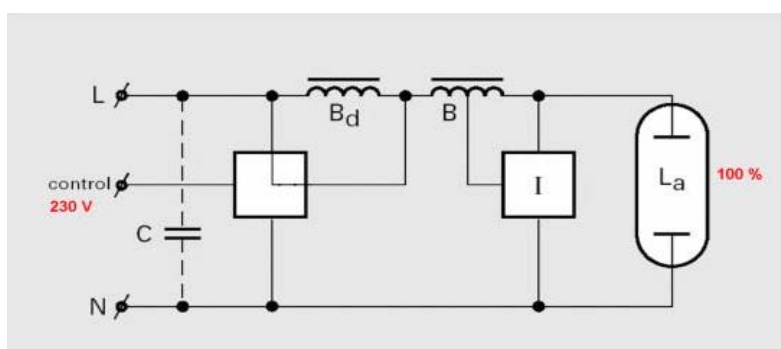
Код новопројектованих инсталација часовник није потребан, него се изводи контролни кабл, помоћу кога се преносе команде за укључење или искључење додатног електромагнетног баласта (означеног са B_d на слици 14.2). Овде се команда реализује уз помоћ електронског прекидача EC01 (који се користи код сијалица снаге 150 и 250 W), односно електронског прекидача EC03 (који се примењује код сијалица снаге 400 W).



(a)



(б)



(в)

Слика 14.2 Шема повезивања двостепеног баласта са контролним каблом и електронским прекидачем (а), са контактом прекидача у положају «отворено», који обезбеђује 50% светлосног флукса (б), односно у положају «затворено», који обезбеђује 100% светлосног флукса (в)

Напоменимо да је примена двостепених баласта приказаних на слици 14.2 могућа како са серијски, тако и са полу – паралелно повезаним игнитором.

Применом економске анализе, која је слична оној која је коришћена код решења са часовником, добијена је табела 14.2 у којој су дати периоди исплативости инсталирања двостепених баласта у новопроектованим инсталацијама уличног осветљења, изведеним помоћу натријумових извора високог притиска (за изворе снаге 150 и 250 W инвестициона сума, која

укључује испоруку и полагање контролног кабла, износи 39 € по светиљци, док за извор снаге 400 W она износи 52 € по светиљци).

Табела 14.2 Зависност периода исплативости инсталирања двостепених баласта у новопроектованим инсталацијама уличног осветљења од снаге извора светлости и цене електричне енергије

Снага извора светлости (W)	Цена електричне енергије (€/kWh)	Период исплативости (год.)
150	0.04	14
150	0.05	10
150	0.06	8
250	0.04	6
250	0.05	5
250	0.06	4
400	0.04	5
400	0.05	4
400	0.06	3

14.3. Употреба уређаја за централну регулацију светлосног флуksа у уличном осветљењу

Код уличног осветљења на један прикључак се везује већи број светиљки које су распоређене дуж једне или више улица. Основна идеја је да се регулацијом напона на прикључним крајевима напојног кабла регулише светлосни флуks свих извора светлости који су повезани на заједнички извод.

Постоје две врсте уређаја за централну, односно заједничку регулацију светлосног флуksа групе извора светлости. То су:

- уређаји за дискретну регулацију светлосног флуksа, и
- уређаји за континуалну регулацију светлосног флуksа.

14.3.1. Уређаји за дискретну регулацију светлосног флуksа

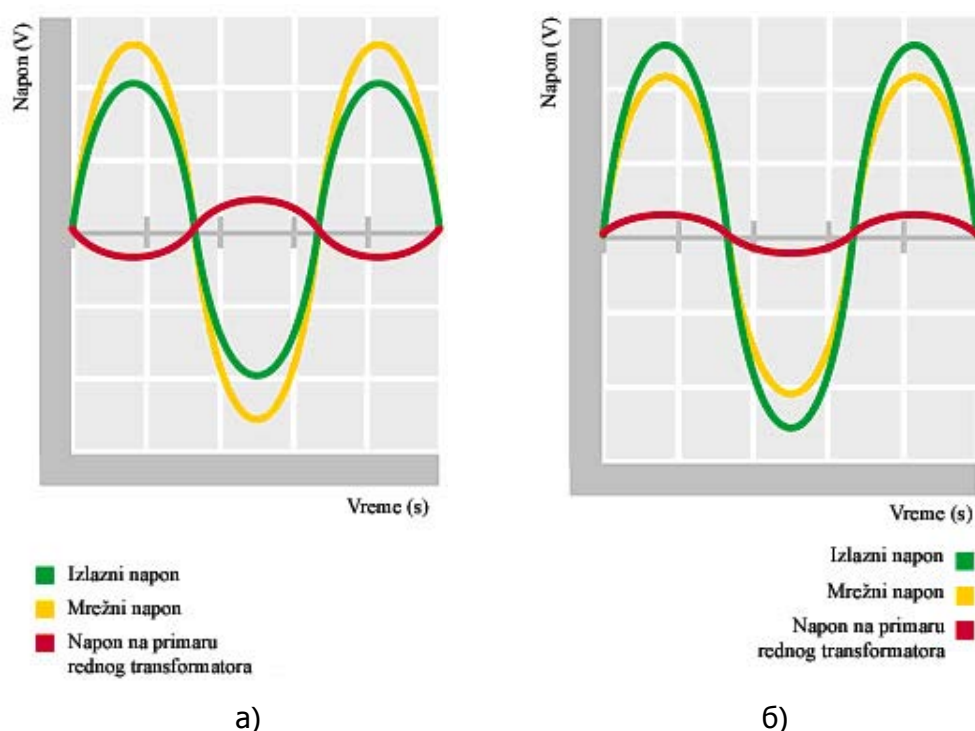
Основни део уређаја за дискретну централну регулацију светлосног флуksа најчешће представља трансформатор са више извода на секундарној страни (*step transformer*). Изводи обезбеђују регулацију светлосног флуksа у неколико степена, и то обично у опсегу између 100% и 50% Φ_{nom} . Насупрот овоме, француска фирма *Sogexi* је развила електронски уређај за дискретну централну регулацију светлосног флуksа (у оквиру система *Tegis*), који сем номиналног обезбеђује још два режима са редукованим светлосним флуksом. Вероватно подстакнути чињеницом да се препоручени нивои сјајности у уличном осветљењу разликују за 25% или 33% (у случају суседних светлотехничких класа), односно 50% (у случају светлотехничких класа које се разликују за 2 степена), инжењери који су развијали систем *Tegis* конструисали су уређај који обезбеђује редукцију од 25% и 50%, али

не светлосног флуksа, него активне снаге извора светлости. Пошто су редукције активне снаге од 25% и 50% праћене редукцијама светлосног флуksа, односно нивоа сјајности коловоза, од редом 35% и 67%, јасно је да се систем *Tegis* не може препоручити за редукцију светлосног флуksа у јавном осветљењу. Осим тога, овакви уређаји доводе до значајног изобличења таласног облика струје напајања осветљења.

14.3.2. Уређаји за континуалну регулацију светлосног флуksа

Развојем енергетске електронике, на тржишту су све више присутни уређаји за континуалну регулацију светлосног флуksа. Главна предност оваквих уређаја, у односу на уређаје за дискретну регулацију флуksа, је што могу да се програмирају за фино подешавање флуksа, а у квалитетнијим изведбама и да обезбеде стабилан напон напајања осветљења (и у условима варијација мрежног напона).

Савремени уређаји за континуалну централну регулацију светлосног флуksа извора светлости у уличном осветљењу најчешће раде на принципу контролисаног редног трансформатора (*booster transformer*), који по потреби додаје или одузима напон синусног облика мрежном напону. Тако се напон на светилкама стабилно одржава на жељеној вредности, чак и када постоје флукутације у мрежном напону (слика 14.3).

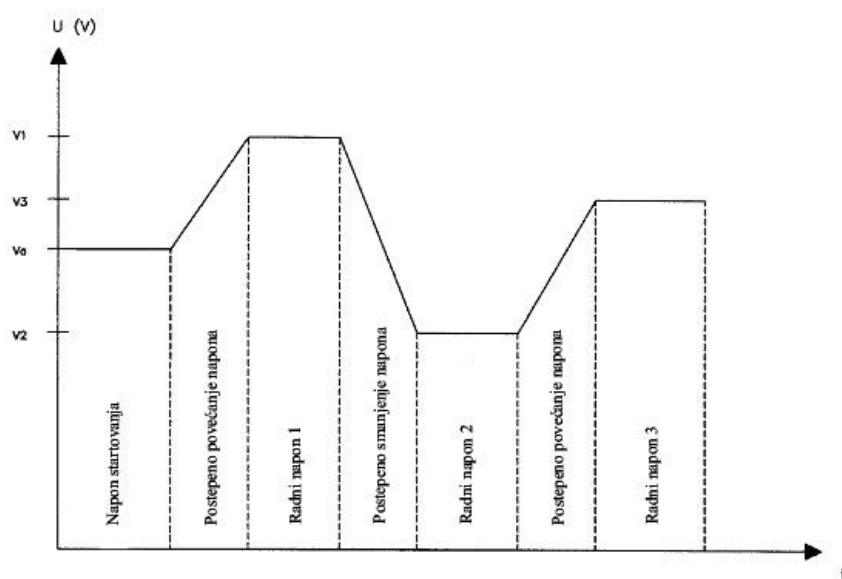


Слика 14.3 Принцип континуалне централизоване контроле излазног напона у јавном осветљењу инјектирањем напона помоћу контролисаног редног трансформатора

(а – снижавање напона напајања у односу на мрежни напон, б – повећавање напона напајања у односу на мрежни напон)

Већ сама карактеристика стабилизације напона, коју обезбеђују уређаји оваквог типа, има значајне позитивне ефекте на уштеду електричне енергије, јер је често у ноћном периоду мрежни напон виши од номиналног, па је и потрошња електричне енергије извора светлости тада већа од номиналне. Осим тога, стабилан напон напајања обезбеђује дужи век извора светлости, јер стабилизује радну температуру која директно зависи од напона напајања (у случају повећања мрежног напона она се повећава и узрокује брже старење). Уређаји оваквог типа могу да раде у комбинацији са свим типовима извора светлости који се данас користе у јавном осветљењу (инкандесцентни, флуоресцентни, индукциони, натријумови високог и ниског притиска, живини и метал-халогени).

Овакви уређаји поседују управљачко-контролну јединицу преко које се врши програмирање њиховог рада. Уређај се програмира тако што се дефинишу радни напони (напони на излазним прикључцима) за одређене временске периоде у току рада осветљења. Обично се уређај програмира тако да обезбеђује номинални напон у вечерњим сатима (највећа густина возила и пешака) и снижени напон у ноћним сатима. Осим контроле ефективне вредности напона напајања, уређај омогућава и контролу брзине преласка са једног на други напонски ниво. Споријим преласком се обезбеђује спорија промена светлосног флукса, коју возачи и пешаци практично не примећују, а спречавају се и брзе промене температуре сијалица и светилки, чиме се продужава њихов радни век. Програмирање радног циклуса врши оператер, преко панела управљачке јединице или даљинском комуникацијом. Правилан избор циклуса рада уређаја од суштинског је значаја за уштеду електричне енергије. Он подразумева оптималан компромис између задовољења фотометријских захтева, одржавања стабилног рада извора светлости и потрошње електричне енергије. На слици 14.4 приказан је могући циклус програмираних промена напона на прикључцима групе извора светлости у уличном осветљењу.



Слика 14.4 Могући циклус промена ефективне вредности напона на прикључцима групе извора светлости у уличном осветљењу, реализован помоћу уређаја за централну континуалну регулацију напона

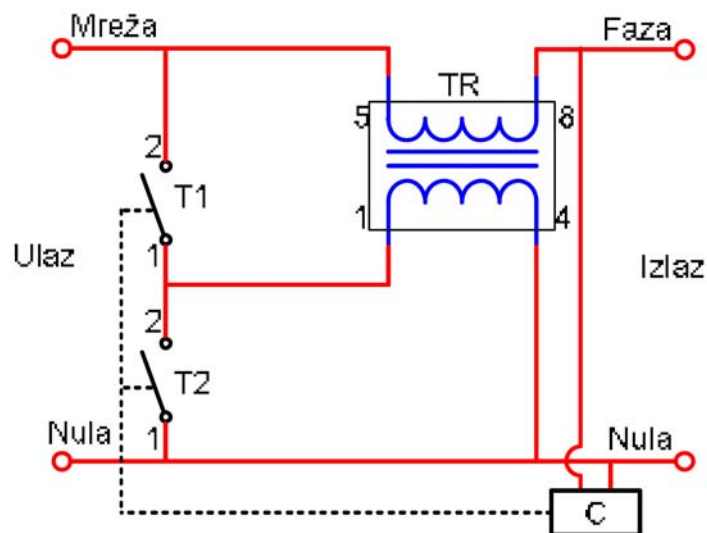
У погледу начина регулације напона постоје два типа оваквих уређаја: уређаји код којих се регулација врши помоћу аутотрансформатора и сервомотора и уређаји код којих се регулација врши помоћу редног трансформатора и прекидачке електронике у секундарном контролном намотају. Недостатак уређаја првог типа представља чињеница да они, због инертности механичког система (сервомотора који покрећу клизаче у регулационим трансформаторима) не могу да обезбеде брз одзив на нагле промене мрежног напона. Пошто је њихово одржавање прилично захтевно (због хабања покретних делова), уређаји другог типа се неупоредиво више развијају и користе.

Опис уређаја M-BOX intelight регулатор напона

M-BOX Intelight (произвођач: М Електроник, Земун) је електронски управљан напонски регулатор који има могућност регулације излазног напона у опсегу 230V до 170V. Регулација се врши помоћу статичких електронских компоненти (IGBT транзистора).

Принципска шема

M-BOX је напонски регулатор који ради на принципу електронски управљаног редног трансформатора. Обично се програмира тако да прелазак између задатих напонских нивоа не буде нагао (тренутан), већ да се врши континуалном променом напона од 2 V/min. На слици 14.5 приказана је принципска шема рада уређаја.



Слика 14.5 Принципска шема рада уређаја M-BOX

Уређаји M-BOX Intelight доступни су као монофазни и трофазни. Монофазни се производе за опсег снага од 3 kVA до 20 kVA, а трофазни за опсег снага од 9 kVA до 60 kVA.

Техничке перформансе оваквих уређаја утврђене су кроз експериментална истраживања која је спровео стручни тим Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Експериментална мерења су спроведена на трофазном уређају М-BOX, снаге 20 kVA (слика 14.6).



Слика 14.6 Уређај М-BOX, 20 kVA, на коме су вршена мерења

Мерењима су утврђене следеће карактеристике уређаја:

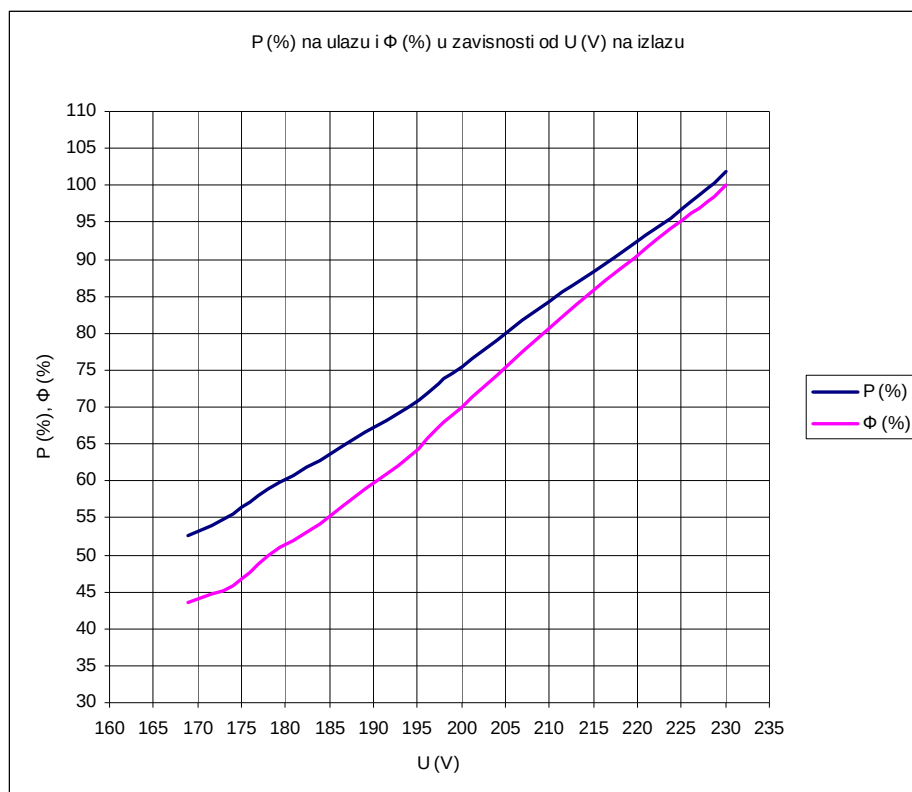
- зависности релативне вредности активне снаге и светлосног флукса од напона на излазу М-BOX-а, које се односе на натријумове изворе високог притиска, метал-халогене изворе и живине изворе високог притиска,
- релативна сопствена потрошња уређаја М-BOX за сва три типа испитиваних извора светлости, и
- утицај уређаја М-BOX на фактор снаге и садржај виших хармоника струје за сва три типа испитиваних извора светлости.

Анализа основних техничких перформанси уређаја

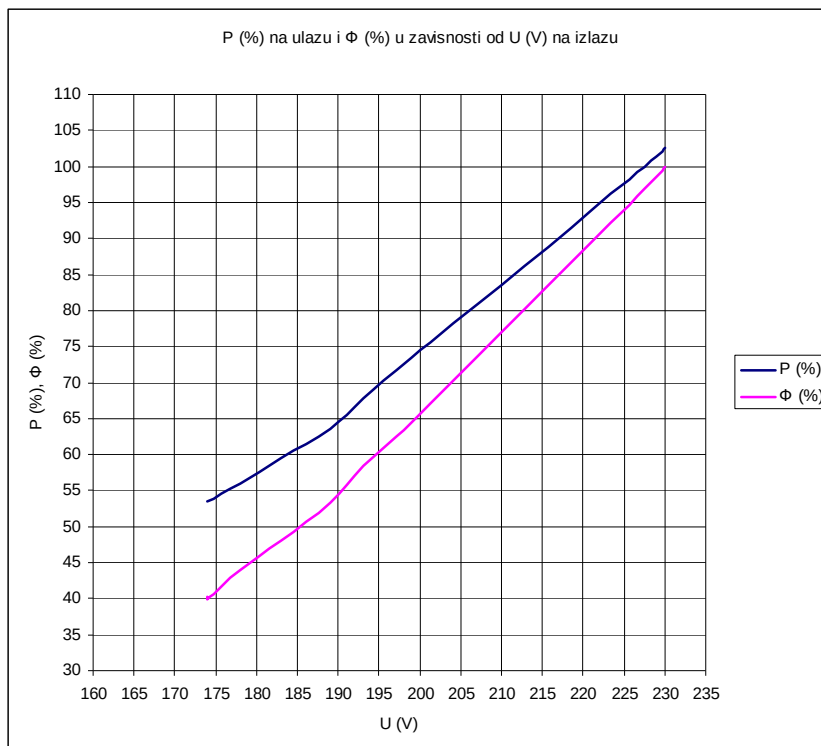
Мерења су вршена при раду М-BOX-а са три различита типа извора светлости: натријумовим сијалицама високог притиска, метал халогеним сијалицама и живиним сијалицама високог притиска. Између мреже и светиљки је постављен М-BOX који је тако програмиран да снижава напон на сијалицама од 230V до 170V. Од 230V до 200V напон је мењан у корацима од по 10V, док је испод 200V мењан у корацима од по 5V (све до 170V). Важно је напоменути да се приликом мерења ниједна од употребљених сијалица сва три типа није угасила ни при минималним напонима на излазу М-BOX-а (подешен (захтеван) напон 170V). У раду са натријумовим и метал-

халогеним сијалицама оптерећење уређаја је било 75% номиналног, а у случају живиних сијалица 25% номиналног.

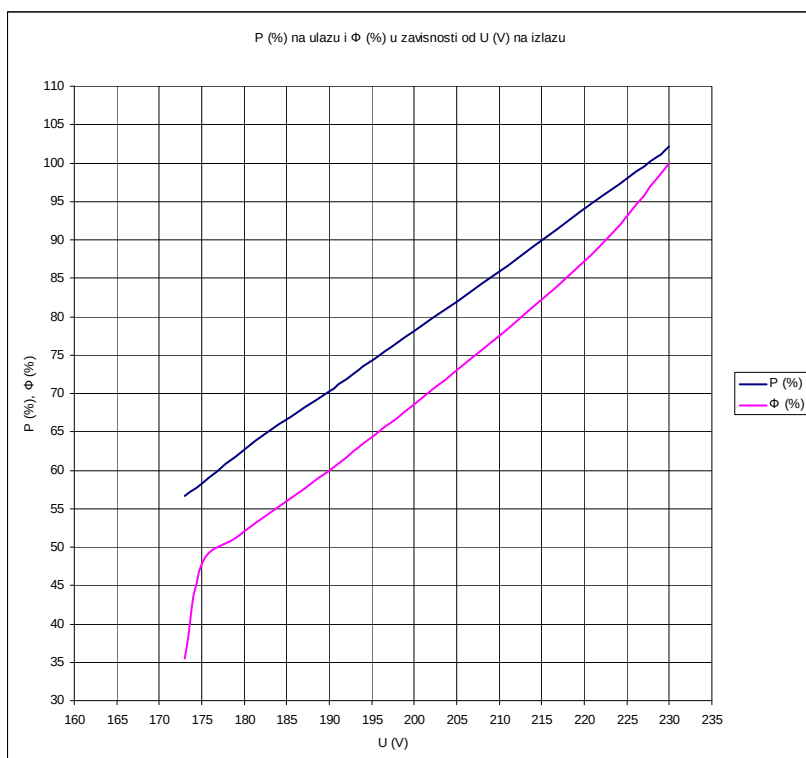
Детаљном анализом резултата мерења одређене су зависности релативне вредности активне снаге на улазу и светлосног флукса светиљки од напона на излазу М-ВОХ-а, за његов рад са наведеним типовима извора светлости (слике 14.7, 14.8 и 14.9). Важно је нагласити да је у активну снагу урачуната потрошња сијалица, предспојних уређаја и регулатора светлосног флукса.



Слика 14.7 Снага P (%) на улазу М-ВОХ-а и флукс Φ (%) у зависности од напона U (V) на излазу М-ВОХ-а (натријумове сијалице)



Слика 14.8 Снага P (%) на улазу и флуks Φ (%) у зависности од напона U (V) на излазу (живине сијалице)



Слика 14.9 Снага P (%) на улазу и флуks Φ (%) у зависности од напона U (V) на излазу (метал-халогене сијалице)

Може се приметити да при референтном напону од 230V релативна вредност флуksа износи 100 %, док релативна вредност снаге на улазу М-BOX-а износи нешто више (нпр. 101,75 % за рад са натријумовим сијалицама). Додатних 1,75 % у овом случају представља сопствену потрошњу М-BOX-а који би на излазу ка сијалицама одржавао напон од 230V у свакој фази (подсетимо да М-BOX није био номинално оптерећен и да би при номиналном оптерећењу релативни удео сопствене потрошње био још мањи). Међутим, при анализи утицаја М-BOX-а на потрошњу електричне енергије треба узети у обзир и следеће напомене, које генерално важе за све типове испитиваних извора светлости:

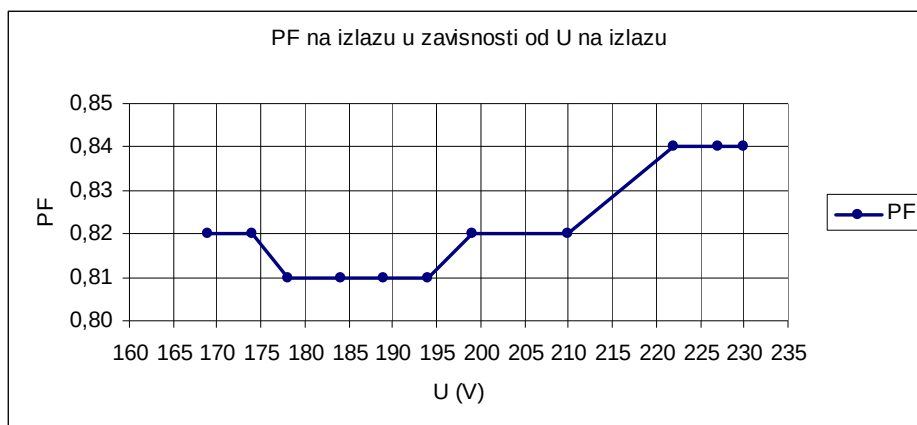
Напомена 1: Испитивана верзија уређаја М-BOX на излазу може дати само нижи напон него на улазу (произвођач је нагласио да купцу може да испоручи и верзију уређаја М-BOX која би могла на излазу дати виши напон од улазног, али таква верзија уређаја није испитивана).

Напомена 2: На основу резултата мерења за случај када М-BOX ради у by pass режиму (искључено електронско управљање, сијалице повезане на мрежу преко примара редних трансформатора), утврђено је да је пад напона кроз М-BOX око 3V. То значи да би у случају када се на излазу ка сијалицама одржава напон од 230V у свакој фази, на улазу морало да се има најмање 233V. Уколико би се светиљке у том случају повезале директно на мрежни напон 233V, без М-BOX-а, њихова потрошња би такође порасла, што значи да уређај практично не повећава потрошњу.

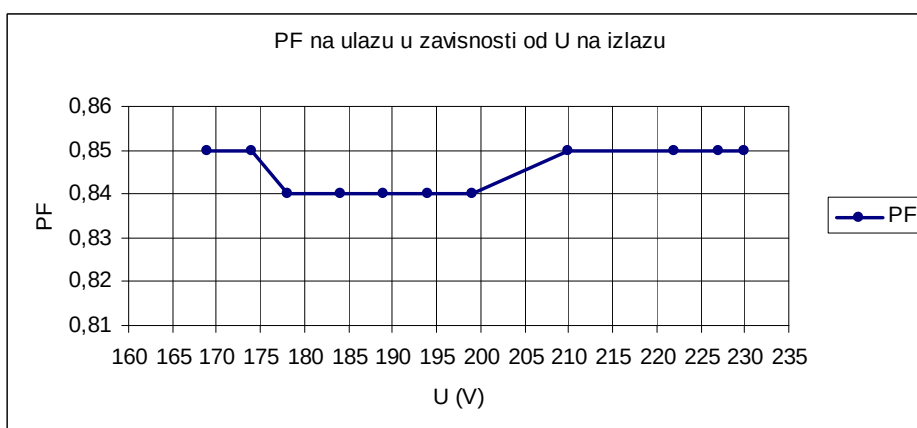
Напомена 3: У току целодневног мерења мрежни напон је варирао од 230 V до 239 V. Ако би светиљке биле повезане директно на овакав мрежни напон, њихова снага би током већег дела радног периода била значајно већа од номиналне. Уколико би између светиљки и мреже био повезан испитивани М-BOX уређај подешен да одржава излазни напон од 230 V, у том случају би напон ка светиљкама (на излазу М-BOX-а) током рада варирао између 227 V и 230 V, чиме би се оствариле значајне уштеде у потрошњи електричне енергије.

Утицај уређаја М-BOX на фактор снаге

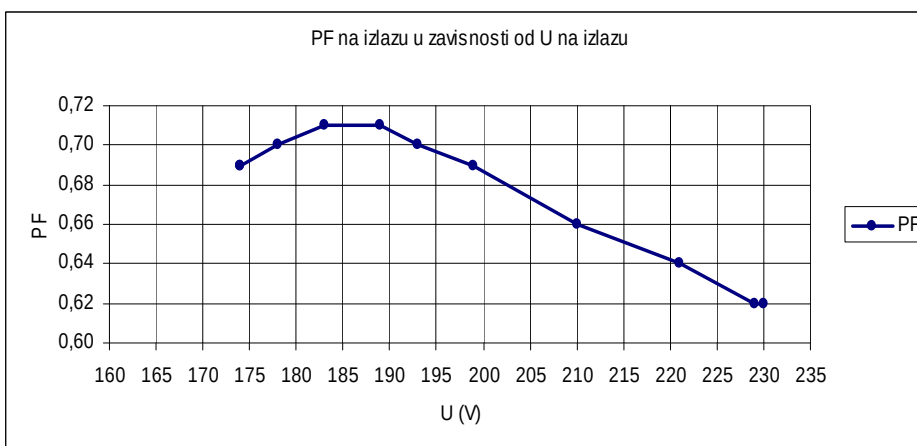
На сликама које следе приказан је фактор снаге (PF) на излазу и улазу М-BOX-а, а у зависности од напона U на излазу, за сва три типа испитиваних извора светлости.



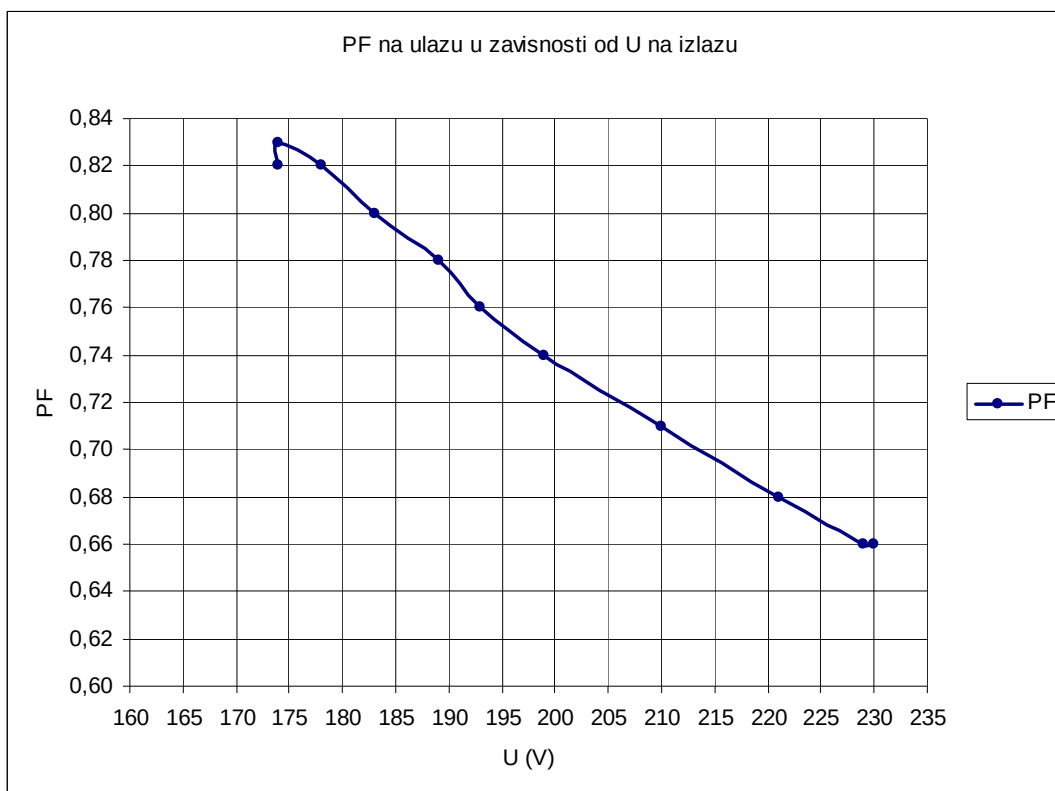
Слика 14.10 Фактор снаге (PF) на излазу М-ВОХ-а у зависности од напона U (V) на излазу (натријумове сијалице)



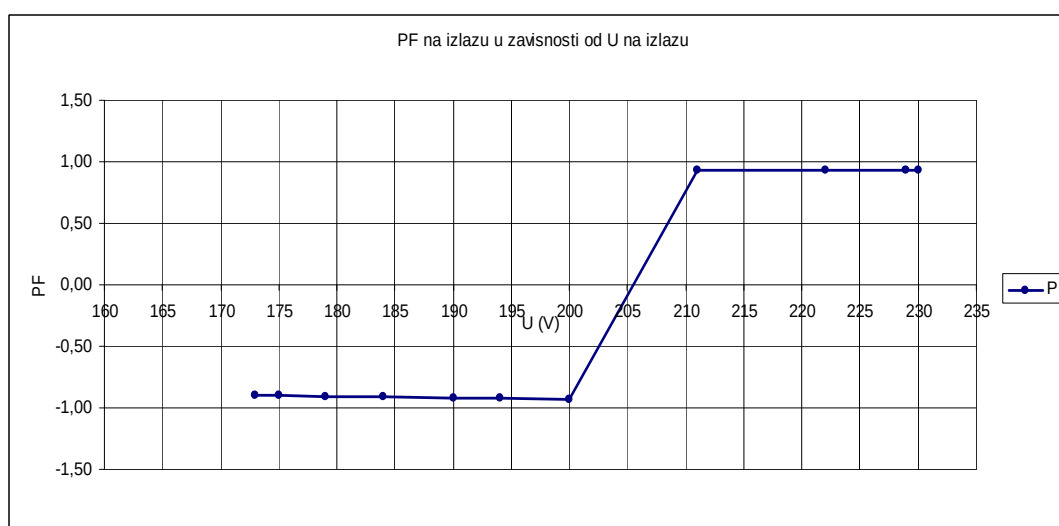
Слика 14.11 Фактор снаге (PF) на улазу М-ВОХ-а у зависности од напона U (V) на излазу (натријумове сијалице)



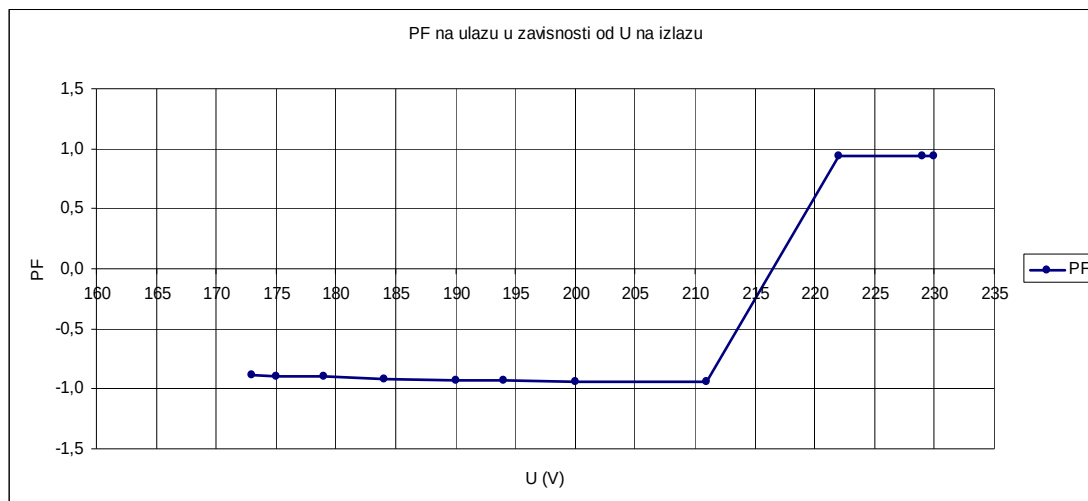
Слика 14.12 Фактор снаге (PF) на излазу М-ВОХ-а у зависности од напона U (V) на излазу (живине сијалице)



Слика 14.13 Фактор снаге (PF) на улазу М-ВОХ-а у зависности од напона U (V) на излазу (живине сијалице)



Слика 14.14 Фактор снаге (PF) на излазу М-ВОХ-а у зависности од напона U (V) на излазу (метал-халогене сијалице)



Слика 14.15 Фактор снаге (PF) на улазу М-BOX-а у зависности од напона U (V) на излазу (метал-халогене сијалице)

Анализом графика приказаних на претходним сликама може да се закључи да уређај М-BOX веома позитивно утиче на фактор снаге при смањењу излазног напона. Са натријумовим изворима високог притиска фактор снаге на улазу у М-BOX практично остаје константан, иако фактор снаге на излазу из М-BOX-а (ка светиљкама) мало опада са смањењем излазног напона. Са живиним изворима високог притиска фактор снаге на улазу у М-BOX значајно расте са смањењем излазног напона, док са метал-халогеним изворима фактор снаге на улазу у М-BOX смањењем излазног напона прелази од индуктивног ка капацитивном и у свим посматраним случајевима има вредност већу од 0,89. Такође је утврђено да потрошња реактивне енергије значајно опада са смањењем излазног напона.

Мерењима је такође утврђено да је сопствена потрошња уређаја М-BOX у посматраним конфигурацијама варирала у релативно уском опсегу при промени напона на излазу (са натријумовим изворима високог притиска од 0,22 kW до 0,30 kW, са живиним изворима од 0,07 kW до 0,14 kW (значајно подоптерећен уређај) и са метал-халогеним изворима од 0,16 kW до 0,32 kW). Стога се, уважавајући чињеницу да М-BOX није био номинално оптерећен, може очекивати да релативна потрошња уређаја у комбинацији са натријумовим изворима високог притиска и метал-халогеним изворима буде још мања, а са живиним изворима далеко мања уколико би уређај био номинално оптерећен.

Закључци о М-BOX-у

Резултати експеримената изведених са уређајем М-BOX потврдили су значајне могућности уштеде електричне енергије у јавном осветљењу, уз обезбеђивање неопходног нивоа сјајности (осветљености) у каснијим ноћним сатима. Уколико се допусти редукција нивоа сјајности (осветљености) од 50% (два степена нижи ниво сјајности од основног), минимална вредност излазног напона М-BOX-а износи 180 V за натријумове

и метал-халогене изворе, односно 185 V за живине изворе високог притиска. Редукција активне снаге, уз укључену сопствену потрошњу уређаја, тада износи 40% за натријумове, 37% за метал-халогене и 39% за живине изворе високог притиска (плус додатне уштеде услед стабилизације напона). Додатни повољан ефекат представља и значајна редукција губитака снаге у инсталацији јавног осветљења.

Констатовано је да M-BOX не утиче негативно на фактор снаге на мрежним прикључцима.

У режимима рада са сниженим напонам уређај M-BOX одржава константну програмирану вредност напона на излазним прикључцима, која не зависи од флукуација мрежног напона.

Фирма М-Електроник нуди могућност да се уређај тако конструише да може да се интегрише у систем даљинске контроле и управљања.

Напомена

Италијанска фирма AGENTECH производи регулатор светлости у уличном осветљењу који ради на сличном принципу као и уређај M-BOX (опсег снага њихових трофазних уређаја износи 12–35 kVA).

14.4. Системи за појединачну континуалну регулацију светлосног флукса и мониторинг у уличном осветљењу

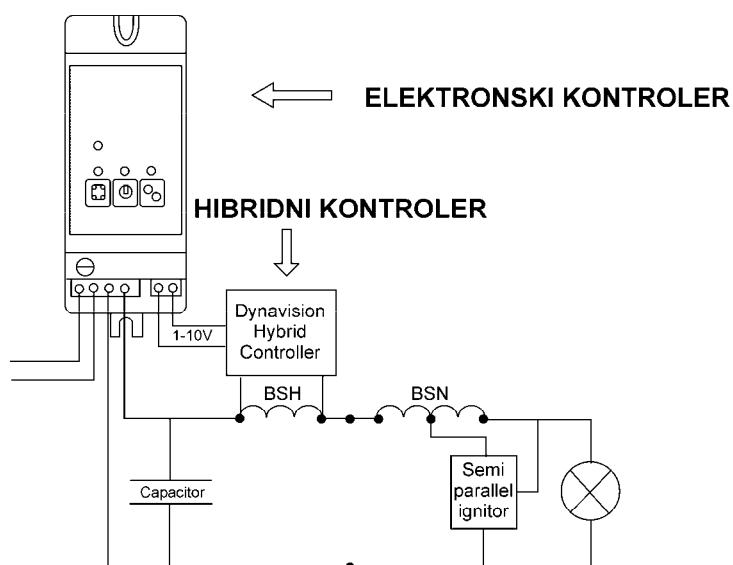
Главна мана уређаја за централну регулацију флукса је што се сви извори светлости прикључени на исти уређај регулишу идентично. Међутим, постоје ситуације у којима захтевани ниво флукса може бити различит за светиљке које су лоциране на различитим местима, а прикључене су на исти извод. У оваквим ситуацијама системи за појединачну континуалну регулацију пружају потпуни комфор у регулацији флукса и обезбеђују услове за оптималну потрошњу електричне енергије. Развијено је неколико оваквих система.

14.4.1. Систем за појединачну континуалну регулацију светлосног флукса и мониторинг у уличном осветљењу који је развио Philips Lighting

Систем за појединачну континуалну регулацију светлосног флукса и мониторинг у уличном осветљењу који је развио Philips Lighting јавља се у две варијанте.

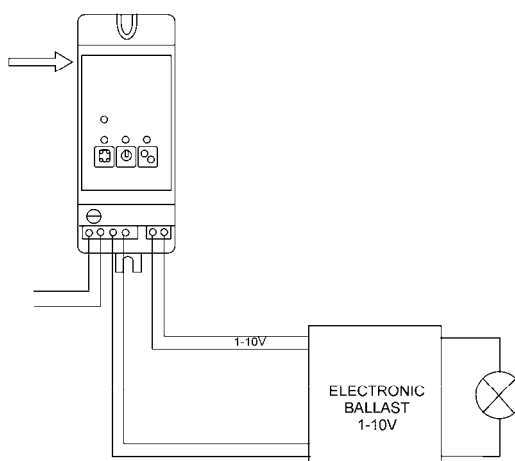
Прва се употребљава код светиљки са натријумовим изворима високог притиска снаге 250 и 400 W и погодна је за примену како у новим, тако и у постојећим инсталацијама уличног осветљења. Свакој таквој светиљци, која већ садржи конвенционалан електромагнетни баласт, придружују се како додатни електромагнетни баласт за димовање (континуалну промену

светлосног флуksа), тако и хибридни и електронски контролер, који су повезани као на слици 14.16. Овакав систем се назива хибридни систем за појединачну континуалну регулацију светлосног флуksа.



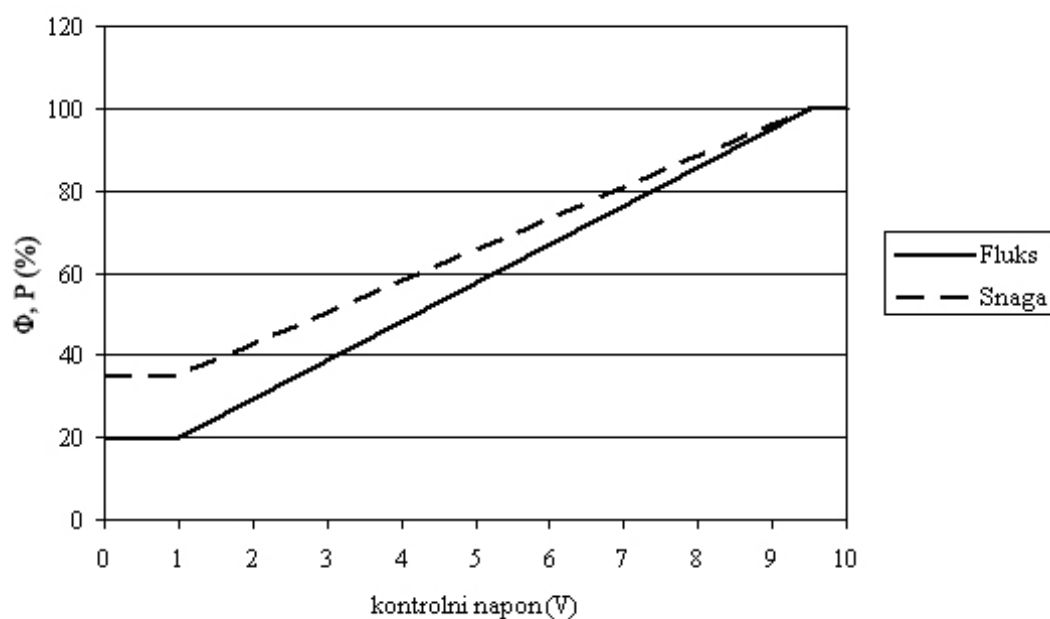
Слика 14.16 Хибридни систем за појединачну континуалну регулацију светлосног флуksа у уличном осветљењу

Друга, комплетно електронска варијанта (која се користи са новим светиљкама са NaVP изворима светлости снаге 100 и 150 W) подразумева употребу јединственог електронског баласта, који у себи садржи и игнитор и кондензатор за поправку фактора снаге. И у овој варијанти свакој светиљци је придружен електронски контролер. Електронски систем за појединачну континуалну регулацију светлосног флуksа у уличном осветљењу приказан је на слици 14.17.



Слика 14.17 Електронски систем за континуалну регулацију светлосног флуksа у уличном осветљењу

Важно је напоменути да се у обе варијанте веза између електронског контролера и електронског баласта, односно између електронског и хибридног контролера са једне и додатног баласта са друге стране, остварује не само помоћу електроенергетског проводника, него и помоћу двожилног кабла, којим се на аналогни улаз електронског баласта (хибридног контролера) доводи једносмерни командни напон 1–10 V. У зависности од величине командног напона светлосни флуks опадне за одређени проценат у односу на номиналну вредност. Контролери који се данас користе могу да смање светлосни флуks чак 80% (тада снага извора светлости опадне око 65%). Дијаграм на коме су приказане зависности између контролног напона са једне и светлосног флуksа и активне снаге извора светлости са друге стране, дат је на слици 14.18. Овај дијаграм показује да континуалну редукцију светлосног флуksа извора светлости прати опадање његове светлосне искористивости. Напоменимо да се и код хибридне и код електронске варијанте при номиналном светлосном флуksу обезбеђује фактор снаге од најмање 0.95. Код хибридне варијанте он износи преко 0.60 при 0.35 Φ_n , а код електронске преко 0.80 при 0.20 Φ_n .



Слика 14.18 Зависност светлосног флуksа (пуна линија) и активне снаге извора светлости (испрекидана линија) од контролног напона

У обе варијанте електронски контролер светиљке је постојећим мрежним (напојним) водом повезан са тзв. сегментним контролером, смештеним у разводном орману уличног осветљења или у посебном разводном орману, који се налази непосредно уз разводни орман уличног осветљења. Сегментни контролер са једне стране „комуницира“ са електронским контролерима светиљки, а са друге са централном управљачком јединицом (РС-јем). Један сегментни контролер довољан је за контролу рада до сто светиљки уличног осветљења, прикључених на различите изводе разводног ормана, уз ограничење да растојање између разводног ормана и

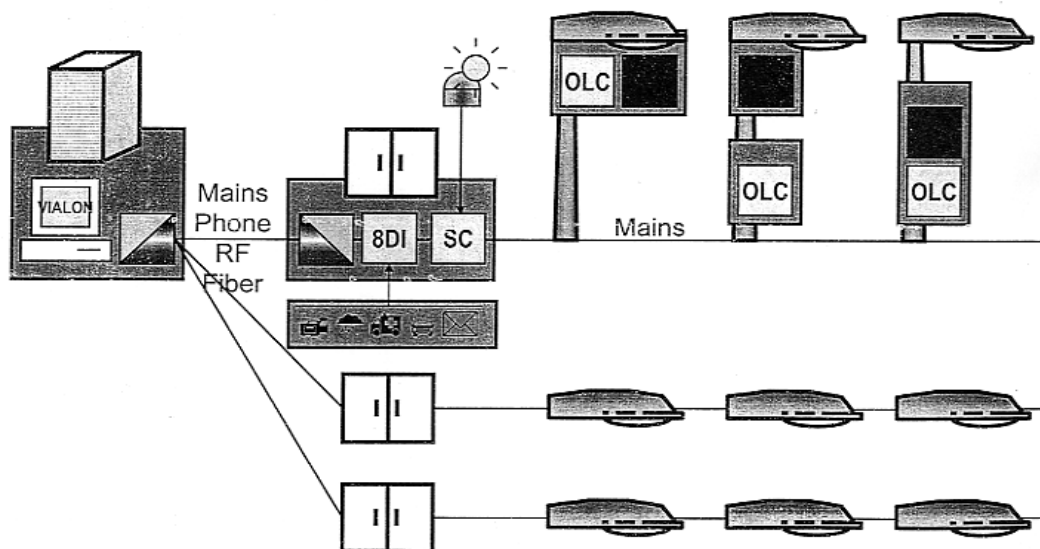
најудаљеније светиљке не сме да буде веће од 3 km. У разводни орман са сегментним контролером постављају се и три “прикључна елемента” (Phase Coupler-a), по један за сваку фазу. У хибридној варијанти је потребно да се у свакој светиљци uklони постојећи кондензатор за поправку фактора снаге. Уместо њега треба да се постави нов кондензатор, декларисан од стране произвођача додатног електромагнетног баласта (означеног са BSH на слици 14.16).

Оба описана система за појединачну континуалну регулацију светлосног флуksа у уличном осветљењу обезбеђују испуњење следећих захтева:

- У време нормалне густине саобраћаја потребно је обезбедити стандардима (препорукама) захтеване фотометријске параметре. Међутим, и при “нормалним условима” (нормалној густини саобраћаја) континуалном регулацијом светлосног флуksа могуће је постићи значајне уштеде електричне енергије. Наиме, уобичајене вредности фактора одржавања инсталације уличног осветљења припадају опсегу 0.7-0.8, што значи да су почетне вредности релевантног фотометријског параметра (нивоа осветљености или сјајности) 25-43% веће од оних које захтевају стандарди (препоруке). Практично, осветљеност или сјајност опадне до захтеваног нивоа тек при крају периода одржавања (непосредно пред замену извора светлости и чишћење светиљки). Континуална регулација светлосног флуksа извора светлости може да обезбеди да све време експлоатације ниво осветљености (сјајности) има приближно константну вредност, блиску оној која је дефинисана стандардима (препорукама). Применом система за континуалну регулацију светлосног флуksа могуће је избећи и чест проблем који се јавља при пројектовању уличног осветљења. Наиме, ограничавајући параметар за повећање растојања између суседних стубова најчешће представља подужна равномерност сјајности. Због тога је чест случај да је ниво сјајности већи од оног који захтевају стандарди (препоруке). Применом континуалне регулације светлосног флуksа ниво сјајности може да се смањи до препоручене вредности, а да се при томе не промене ни општа, ни подужна равномерност сјајности. На овај начин се избегавају нивои сјајности већи од захтеваних, што смањује не само утрошену електричну енергију, него и количину светлости која се после рефлексије од коловоза усмерава према небу (врста светлосног загађења).
- У касним ноћним сатима, када долази до значајног смањења густине саобраћаја, потребно је обезбедити испуњење блажих фотометријских захтева, односно треба постићи нижи ниво осветљености (сјајности). При томе би требало омогућити да он може да има било коју вредност, као и да у случају централног распореда стубова нивои осветљености (сјајности) коловоза за различите смерове вожње могу да буду различити.
- Независно од густине саобраћаја треба обезбедити да ниво осветљености (сјајности) за веома кратко време (пар секунди) може да се подигне до номиналног нивоа, што је веома важно у случају неких ванредних ситуација на путу (саобраћајне незгоде и слично).

14.4.2. Старсенс систем

У претходном поглављу су описани основни делови Philips Lighting-овог система за појединачну континуалну регулацију светлосног флукса, који се најчешће јавља у облику тзв. Старсенс архитектуре, приказане на слици 14.19.



Слика 14.19 Старсенс архитектура

Могућа је свака од следеће три варијанте, које су приказане на слици 4.4:

- електронски баласт (хибридни контролер) и електронски контролер налазе се унутар светиљке,
- електронски баласт (хибридни контролер) је унутар, а електронски контролер изван светиљке (инсталиран при дну стуба или у посебном ормарићу), и
- електронски баласт (хибридни контролер) и електронски контролер су изван светиљке (инсталирани при дну стуба или у посебном ормарићу).

Комуникација између централне управљачке јединице (PC-ја) и елемената сегментног контролера смештених у разводном орману може да се врши помоћу:

- 1) галванских веза, реализованих помоћу електроенергетских или телекомуникационих (телефонских или оптичких) каблова,
- 2) система GSM (global system for mobile communications), брзине 9.6 kbit/s, и
- 3) система GPRS (general packet radio service), брзине 115 kbit/s.

Свака светиљка има своју адресу и сегментни контролер са њом независно комуницира. За све време рада мери се активна снага светиљке (збир

активне снаге извора светлости и предспојног уређаја), на основу чега може прецизно да се израчуна утрошена електрична енергија. Пошто се мере и напон и струја, доступан је и податак о фактору снаге. У сваком тренутку се зна да ли је извор укључен или искључен, са коликим светлосним флуksom ради и да ли је исправан (могуће је предвидети престанак рада (прегоревање) извора). Централна управљачка јединица (PC) континуално контролише рад свих светиљки и податке о њиховом раду меморише у одговарајућу базу података.

Применом описаног система могуће је остварити значајне уштеде у току експлоатације инсталације уличног осветљења. Поменуте уштеде базирају се на следећим чињеницама:

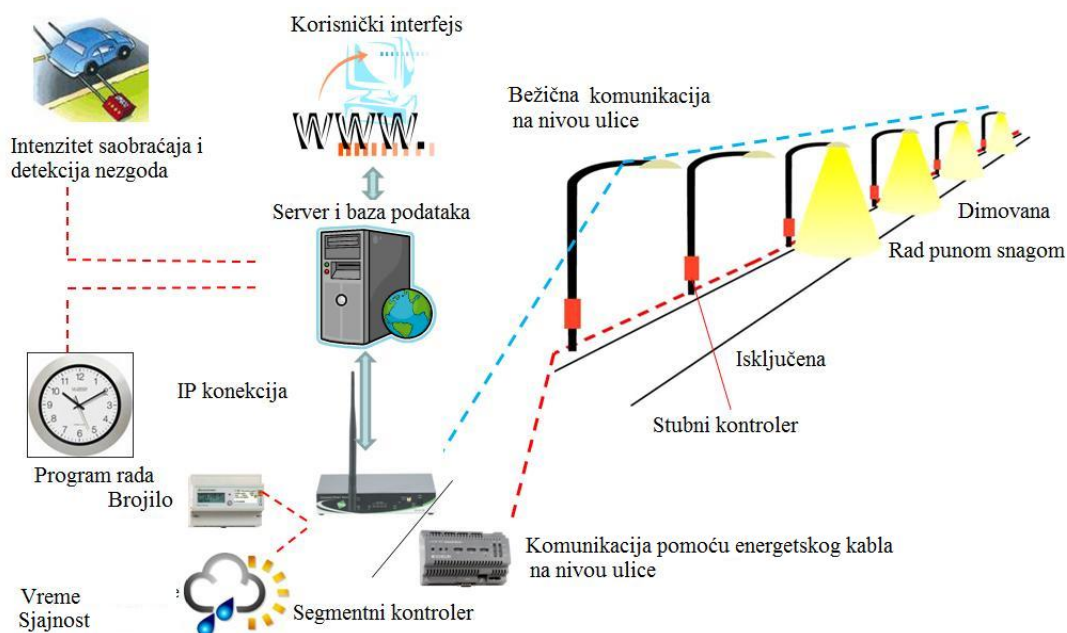
- Нису неопходна бројила за мерење утрошене електричне енергије, која је значајно мања него у конвенционалном систему у коме се не врши регулација светлосног флуksа. Штеди се не само на бројилима, него и на трошковима њиховог читавања.
- Мањи светлосни флуks извора подразумева мању произведену топлоту, односно спорије старење свих компоненти светиљке.
- Електронски баласт је такве конструкције да у случају неуспелог укључења извора у периоду од 5 мин. аутоматски прекида даље покушаје његовог укључења, чиме продужава век трајања баласта и игнитора.
- Компјутерски мониторинг елиминише потребу за обилажењем инсталације уличног осветљења, јер све информације о престанку рада извора светлости стижу у контролну собу са PC-јем. На овакав начин може да се гарантује рад уговореног процента укупног броја светиљки, који обично није мањи од 97%. Поред добијања информација о скором прегоревању извора светлости, могу да се прате и времена горења појединих извора, на основу којих су могуће рекламације ако је до прегоревања дошло у гарантном року.

Напоменимо да у сваком делу мреже јавног осветљења у коме се намерава уградња Старсенс система треба извршити претходна мерења, која треба да потврде да су сметње које настају приликом преноса сигнала по PL-20 протоколу у границама толерантног.

14.4.3. Систем Owllet (групација Schreder) за појединачну континуалну регулацију светлосног флуksа и мониторинг у јавном осветљењу

Систем Owllet за даљинско управљање и контролу јавног осветљења (систем за телеменаџмент, приказан на слици 14.20) конципиран је као мрежни систем са неколико нивоа командовања. Само језгро система чини сервер, смештен у управљачком центру, који је повезан са једним или више PC-јева помоћу којих се врши управљање системом јавног осветљења. Могуће је приступити корисничком интерфејсу помоћу мобилног телефона (путем GPRS или EDGE конекције), као и путем Интернета (приступањем на одговарајућу web страницу и регистрацијом). Сервер поседује апликативни

софтвер задужен за управљање целокупним системом, као и за прикупљање, анализу и обраду података. Из управљачког центра се може истовремено управљати већим бројем подсистема јавног осветљења, и то преко сегментних контролера који се најчешће налазе у разводним орманима за напајање тих подсистема. Комуникација између сервера и сегментних контролера врши се преко нисконапонске или телекомуникационе мреже (помоћу мобилне мреже или путем радио сигнала). Сегментни контролер је задужен за комуникацију између сервера с једне и стубних контролера, односно светиљки, с друге стране. Веза између сегментног и стубног контролера остварује се помоћу нисконапонске или телекомуникационе бежичне мреже, а може да се користи и посебан командни кабл. Стубни контролери су таквог облика и димензија да могу да се поставе у најнижи део стуба. Уз сервер, они представљају најсофистициранији део система (у њима се налази комплетна електроника потребна за управљање и надзор).

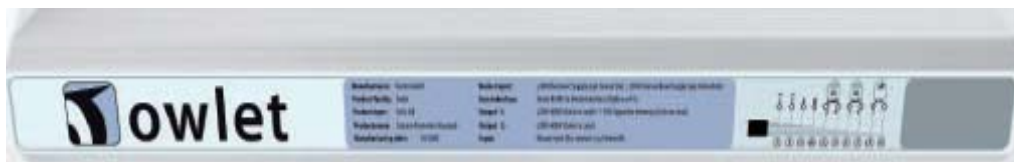


Слика 14.20 Архитектура Owlet система за телеменаџмент

Стубни контролер

Стубни контролер, чији је изглед приказан на слици 14.21, представља основни уређај система помоћу кога се дефинише стање једног или више извора светлости. Промена стања се реализује слањем адекватног сигнала баласту (електромагнетном или електронском, који редом обезбеђују двостепену или континуалну регулацију светлосног флукса). Комуникација између стубног контролера и баласта базира се на телекомуникационим стандардима за широку употребу, од којих се највише користе стандард 1-10 V и Dali стандард. Употреба компоненти система заснованих на овим стандардима омогућава употребу и комбинацију производа различитих произвођача у једном систему. Постоје и патентирани системи комуникације

који користе сопствено развијене протоколе (затворени системи, који су без веће перспективе, јер тржишна логика намеће коришћење отворених протокола – нпр. Owlet, Brown Betty (САД), Echelon, Siteco, Philips, Luminext, SELC, UMPI,...).



Слика 14.21 Изглед Owlet стубног контролера

Главне одлике стубног контролера су:

- прекидачка функција и регулација двостепених баласта, односно континуална регулација електронских баласта (димовање),
- непрестани мониторинг баласта,
- слање повратних информација са саме светилке (статус, сати рада, потрошња енергије, неисправност склопа, отказ сијалице итд.), и
- аутономан рад.

Мерењем струје светилке, контролер логички препознаје стање баласта и светилке, на основу чега прослеђује податке о њима и њиховој потрошњи у свим режимима рада. Архитектура самог управљачког модула контролера зависи од жеље корисника и потреба за мониторингом појединих параметара, чија сложеност утиче на цену производа (већина система је заснована на струји измереној у баласту, а може да се омогући и мерење одговарајућих електричних величина на осталим елементима кола - кондензатор, упаљач,...).

Могуће је вршити регулацију на свим најчешће заступљеним типовима извора светлости у јавном осветљењу (NaVP, метал халогеним и живиним изворима), уз напомену да уштеда енергије значајно зависи од типа употребљеног извора.

Већина система користе стубни контролер смештен у самом стубу на коме је монтирана надгледана светилка. Он је обично опремљен са више улазно-излазних модула и додатним функцијама. Једном речју, један исти стубни контролер може да се користи без обзира да ли се одлучимо за жични или бежични систем. У случају бежичног система, RF антена (која обезбеђује везу између стубног и сегментног контролера) представља основну, а не додатну компоненту система. Она се налази на самом стубу, а у близини светилке.

После испитивања на терену са антенама различитих снага и конструкција, дошло се до закључка да су дипол антене најбоље. Изабрана је whip антена која је снаге 10mW и средњег домета 231,2m (максимални домет 441,1m, а

минимални 227,5m). Она представља добар баланс између цене и квалитета. Напоменимо да је са антенама снаге 2mW могуће остварити пренос између стубова растојања до 100m. Ако сигнал није довољне јачине, што се дешава у случајевима када није остварена добра видљивост између два стуба, као и при наиласку радио таласа на неку препреку (типа бетонског зида, зграде и слично), пожељно је поставити „антене премоснице“ сигнала. Потребно је да најмање једна антена стубног контролера буде у домету антене сегментног контролера, тј. да растојање између сегментног и најближег стубног контролера не буде веће од 227,5m.

Димензије патентираног стубног контролера компаније Owlet су 360mmx40mmx50mm. Он представља синтезу електронике, претварача, давача итд. Поред главног, контролер може да садржи и два додатна излаза, који обезбеђују да се, на пример, помоћу једног стубног контролера врши регулација светлосног флуksа два извора светлости на истом стубу, док трећи излаз може да се употреби за светиљку која је монтирана на нижој висини, а намењена је осветљењу тротоара, или за регулацију осветљења околног мобилијара, светлећих реклама итд. Могуће је мерење утрошене електричне енергије (класе тачности 1) за сваки од излаза, као и обрада бројних повратних информација са извора светлости.

Због своје комплексне технологије и израде, стубни контролер је најскупља јединица целокупног система. Економски аспект је веома битан за одлуку потенцијалних корисника за имплементацију оваквог система, тако да је могуће извршити значајне уштеде редукцијом захтеваних функција стубног контролера (на пример, ако се не захтева функција мерења потрошње енергије сваког извора, већ се врши групно мерење).

Сегментни контролер

Већи број светиљки повезаних са стубним контролерима (којих може да буде до 150) комуницира са истим сегментним контролером. Основна структура сегментног контролера састоји се од интелигентног уређаја који обавља различите функције распоређивања, контроле и детектовања података и алармних стања по сегменту, по принципу рада WAN-а (wide area network) или LAN-а (local area network).

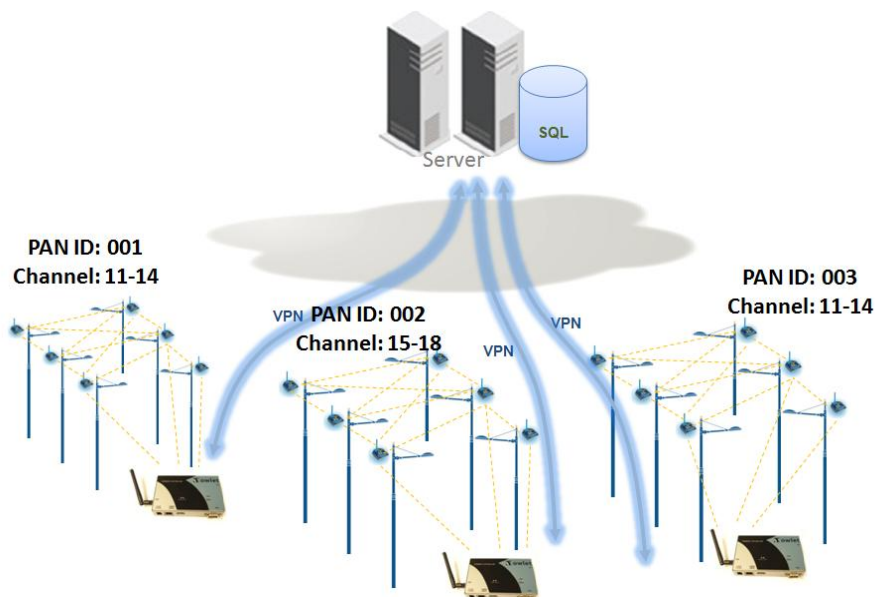
Основне одлике сегментног контролера су:

- независно аутоматско укључење и искључење,
- регулација снаге,
- управљање унетим сценаријима рада и временским програмима рада,
- читавање стања светиљки дуж трасе,
- мрежни интерфејс ка различитим протоколима и серверима,
- аутоматско прикупљање и детекција података од конектованих стубних контролера,
- уграђени астрономски часовник,
- могућност слања информација серверу путем рутера,

- постојање преносиве меморије капацитета 2Gb за сигурносно складиштење података, и
- могућност аутоматског освежавања новог софтвера и података добијених од стубних контролера.

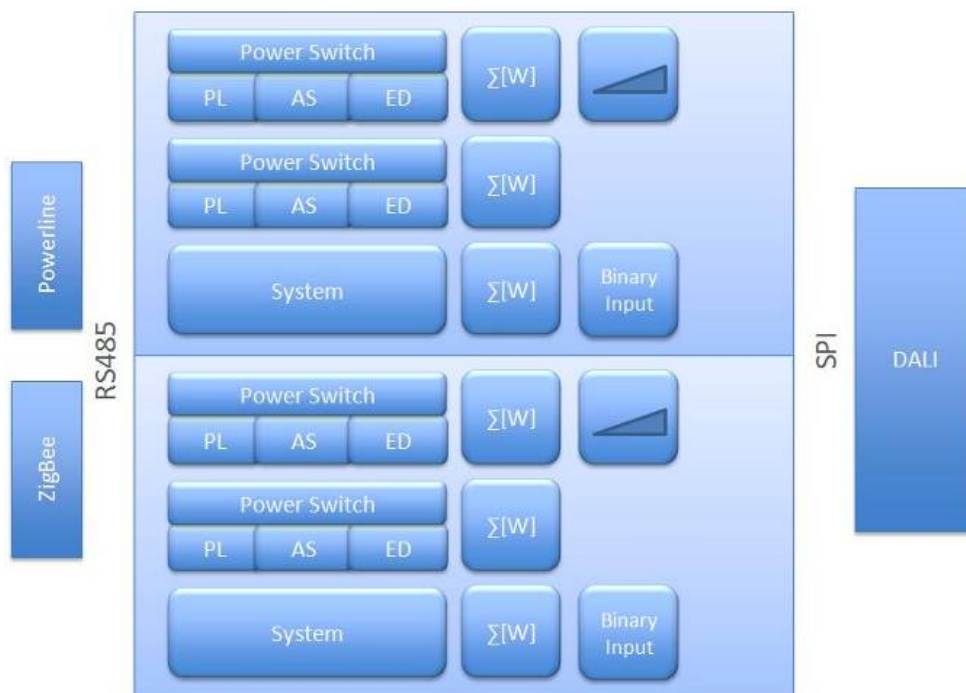
Сегментни контролер компаније Owlet од раније је познат у свету бежичног умрежавања. Оквирне димензије овог уређаја прилагођеног апликацијама јавног осветљења су 135mmx90mmx30mm. Најчешће се монтира у орман јавног осветљења. Сегментни контролер може да врши управљање и надзор до 150 стубних контролера (чворова). Поред прекидачке, може да врши и функцију димовања, као и функцију меморисања података о свакој светиљци у последњих неколико дана. По захтеву SQL сервера ти подаци се даље прослеђују кориснику.

Напоменимо да сегментни контролер садржи адресе свих припадајућих стубних контролера, а да сервер садржи адресе свих припадајућих сегментних контролера. Адреса сваке светиљке састоји се од два дела, од којих први дефинише припадност сегментном контролеру, а други припадност стубном контролеру (видети слику 14.22).



Слика 14.22 Сегментни контролери и њима припадајући стубни контролери разврстани по адресама

На слици 14.23 приказан је дијаграм двосмерног тока сигнала од сегментног контролера до светиљке, уз навођење основних функција стубног контролера.



Слика 14.23 Дијаграм тока сигнала и блок шема основних функција стубног контролера. Ознаке на слици имају следеће значење: PL = public lighting (јавно осветљење); AS = advertising sign (на контролер могу, на пример, да се прикључе до две рекламе); ED = external device (нпр. семафор); $\Sigma[W]$ = потрошња енергије; троугласти знак = функција димовања; binary input = 0 или 1 (информација о неком од спољашњих стања – на пример, да ли су вратанца на стубу затворена).

Сегментни контролер је доста једноставније израде од стубног, јер он само служи као уређај за пренос података (мрежни рутер). Због тога му је и цена далеко нижа од цене стубног контролера.

Управљачки софтвер

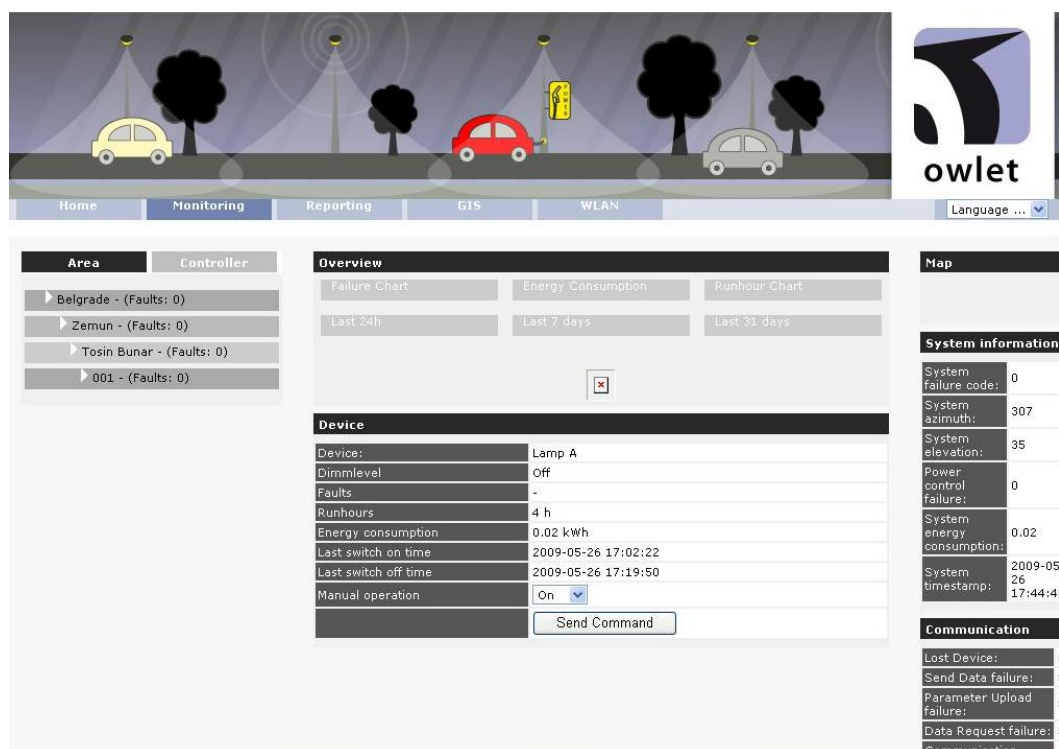
Управљачки софтвер је одговоран за комуникацију између оператора (корисника) и осветљеног подручја. Он садржи модуле за аквизицију и смештај података, као и екран са приказом. Три главна параметра овог дела система су: конфигурација, дијагностика и контрола у реалном времену.

Део за конфигурацију одговоран је за смештај константних параметара, као што су географске координате, тип и снага светиљке, конфигурација сегментних контролера, конфигурација стубних контролера итд. Део за дијагностику се стара о приказу параметара одржавања, који се односе на неисправне светиљке, животни век, дефект баласта, губитак комуникације итд. Контрола у реалном времену је задужена за мануелно управљање, јер је брз приступ жељеној информацији понекад веома важан. Систем мора остати у функцији чак и када управљачки софтвер не функционише или

када WAN (или LAN) комуникација спречава слање контролних порука сегментним контролерима.

Неке од могућности софтвера су програмско sukcesивно укључење светиљки, дефинисање програма рада, редукција снаге светиљке по задатом програму, дефинисање логичких група светиљки, као и прикупљање информација о исправности светиљке, тренутном уклопном стању и тачној локацији. Постоји и могућност графичког приказивања елемената система на мапи града. Главни рачунар (сервер) задужен је за континуално управљање и контролу система и садржи базу података у коју меморише све релевантне параметре о свакој светиљци, као и оне који се односе на кориснички дефинисане програме рада. Оператер преко корисничког интерфејса дефинише логичке групе светиљки, дефинише и мења програм рада групе светиљки, а може да мења и време укључења и редукцију снаге сваке светиљке. Могуће је вршити надзор и управљање над сваком светиљком, као и над одређеном кориснички дефинисаном групом светиљки у оквиру истог сегментног контролера. Допуштено је постојање више клијената управљања у оквиру једног сервера, и то са различитих локација. Лако проширење система је једна од битних предности оваквог система. Кориснички интерфејс је графички, у облику web странице, која садржи податке који се односе на мапе и тачну локацију инсталисаног система, као и релевантне податке о спољној температури, нивоу осветљености, фреквенцији саобраћаја итд.

На слици 14.24 представљен је изглед једне web странице за мониторинг и управљање системом.



Слика 14.24 Пример web странице за мониторинг и управљање системом

Употреба баласта у системима за телеменаџмент

Поред конвенционалних једностепених електромагнетних баласта, који су, иако онемогућавају регулацију светлости, највише у употреби, користе се и двостепени електромагнетни баласти, као и електронски баласти, који могу да буду и специфичне изведбе која омогућава континуалну регулацију флукса. У последње време тежи се замени електромагнетних (конвенционалних) баласта, јер је због уштеде енергије пожељна примена електронских. С друге стране, цена електронских баласта је 4–5 пута скупља од електромагнетних, што представља главни разлог за одсуство њихове масовне употребе.

Због потребе детекције, као и комуникације између светиљке и сервера, неопходно је да сваки извор светлости поседује јединствену адресу (садржану у оквиру стубног контролера). Стога, електронски баласти коришћени за двосмерну комуникацију и мониторинг морају бити адресабилни, тј. морају бити у комбинацији са адресабилним модулом (контролером) за баласт.

Телеменаџмент и нисконапонска мрежа јавног осветљења

Јавно осветљење може да буде прикључено на две врсте нисконапонске мреже:

- мрежу са засебним напајањем – наменску мрежу (аутопутеви, главни путеви), и
- заједничку мрежу за напајање јавног осветљења и резиденцијалних, јавних и пословних објеката.

Несметан рад сваког телеменаџмент система зависи од:

- дисторзије сигнала и шума (транзијенти, пикови, фликери, хармоници,...),
- слабљења сигнала (редукције нивоа сигнала), и
- конфигурације система (распореда и присуства енергетске и телекомуникационе мреже).

Главне одлике система јавног осветљења напајаног из засебне трансформаторске станице су:

- не постоји шум или је лимитиран, што важи и за дисторзију сигнала на напојном каблу у случају да ништа друго на њега није прикључено,
- лимитирано је слабљење сигнала ако је деоница кабла прилагођена снази и дужини мреже, и

- дистрибутивне шеме су доступне, па се лако може сагледати конфигурација мреже.

Главне одлике система јавног осветљења напајаног заједно са другим потрошачима су:

- присутни су и велики шум и дисторзија сигнала, који потичу од несинусоидалних таласних облика које изазивају димери, уређаји енергетске електронике, рачунари, апарати за домаћинство, клима уређаји итд.,
- значајно је слабљење сигнала, које је експоненцијално, а изазвано је различитом врстом и дужинама напојних водова, и
- идеалан распоред мреже је веома често тешко успоставити због већ постојеће нисконапонске мреже.

Комуникација између сегментног и стубног контролера

Постоје три најчешће коришћене технике за комуникацију сегментних са стубним контролерима:

- коришћење нисконапонских енергетских каблова (Powerline communication = PLC),
- коришћење радио таласа (wireless), и
- коришћење посебног проводника (командног кабла).

Коришћење енергетских нисконапонских каблова (PLC)

Највећа предност оваког система огледа се у чињеници да није потребно полагати додатне каблове између сегментних и стубних контролера, па се комуникација и управљање одвијају преко напојног нисконапонског вода. Owlet систем који предлаже компанија Schreder пружа могућност коришћења комуникације оваког типа.

PLC је систем за пренос података који користи проводнике за пренос електричне енергије. Сви PLC системи раде на принципу утискивања модулисаног сигнала веће фреквенције у проводник. Иако се нисконапонска мрежа проводника првенствено користи за пренос електричне енергије, она поседује и ограничену могућност преноса сигнала високих фреквенција, што умањује потребу за полагањем нових проводника.

Главни проблеми који се јављају при преносу података путем PLC-а су:

- шум који је генерисан од стране електронских баласта отклања се филтром који је интегрисан у стубном контролеру или се инсталира као посебна компонента; филтар побољшава квалитет преноса, али не елиминише проблем,

- приликом прослеђивања примљеног сигнала, долази до његовог изобличења, што повећава слабљење; оптимизација квалитета овакве комуникације не елиминише проблем, јер функција прослеђивања изазива временско кашњење сваког наредног сигнала, и
- са становишта напојне мреже, захтевају се провере нивоа сигнала, који најчешће лимитирају број светиљки по сегментном контролеру.

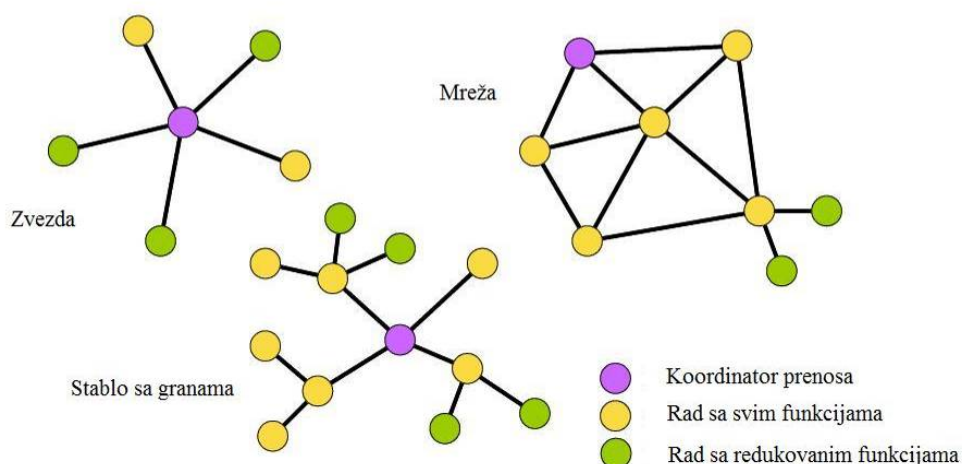
Из напред наведених чињеница може да се закључи да употреба PLC-а захтева добро познавање напојне мреже, доста уложеног труда у мрежну анализу, као и особље које је оспособљено да измери јачину сигнала на местима на којима се врши приступ мрежном напајању.

Мреже мешовите потрошње карактеришу слаб квалитет преноса сигнала, компликована решења за случај напајања инсталације из различитих разводних ормана и проблеми који су последица ограниченог пропусног опсега система за утиснуте сигнале виших фреквенција (реда 100 kHz). На основу напред реченог може да се закључи да је Powerline комуникација могућа само у посебно напајаним мрежама јавног осветљења.

Комуникација бежичним преносом

Начин комуникације на делу система између управљачког центра и сегментног контролера идентичан је за оба начина преноса: путем PLC-а или бежичног преноса. Једина разлика је у методу комуникације између сегментног и стубних контролера. У случају радио сигнала, бежични сигнал се трансмитује на одређеној фреквенцији (868 MHz или 2,4 GHz, а у зависности од протокола). Сигнал носи информацију о размени података, као и о управљачким командама. У случају употребе PLC-а, кабл дистрибутивне мреже извршава овај задатак. Предност оба оваква начина преноса представља непостојање контролног кабла чија би инсталација била веома компликована у постојећој мрежи. Компанија Schreder је међу првима развила систем телеменаџмента базиран на бежичној комуникацији коришћењем ZigBee модела. У случају примене ZigBee комуникације сваки чвор (тј. стубни контролер) представља уједно и пријемник и предајник.

ZigBee комуникацију је могуће применити у мрежама које имају следеће топологије (приказане на слици 14.25): Star (облик звезде), Mesh (облик мреже) и Cluster tree (облик разгранатог дрвета). Топологије типа Star се уобичајено користе, иако Mesh (облик мреже) обезбеђује висок ниво поузданости, базиран на већем броју могућих путања токова сигнала кроз мрежу. Последњи облик мреже, Cluster tree, користи комбинацију Star и Mesh топологије и комбинује погодности обе мреже. Употреба ZigBee протокола захтева да се најмање један од чворова користи као координатор мреже.



Слика 14.25 Типови топологија ZigBee комуникације

Пожељно је да конфигурација мреже буде типа Mesh, односно да поседује структуру мреже чије су све гране бежично повезане, јер се тада сигнали несметано преносе кроз мрежу адекватним путањима. При томе, у случају примене Mesh или Cluster tree топологије, функционалност стубних контролера на крајевима мреже може бити редукована.

У топологији типа Mesh могућа је самопоправка путање. Наиме, мрежа се сама стара да сигнал дође до својих крајњих одредишта. Ако је неки од чворова главне путање тока сигнала у квару, информацијом о настанку грешке на том чвору или путањи мрежа сама проналази и имплементира алтернативне путање како би сигнал несметано стигао на своје одредиште.

Главни проблеми који се јављају при преносу података бежичним путем су:

- иако присуство шума и дисторзије сигнала дистрибутивне мреже није изражено због бежичног преноса, значајан проблем представља утицај осталих радио таласних емитера (WLAN је најгори могући случај – WiFi и Bluetooth раде на истој фреквенцији од 2,4 GHz, због чега се захтева робуснија технологија у циљу спречавања сметњи),
- слабљење сигнала које је могуће смањити повећањем снаге емитовања, броја репетитора сигнала или инсталирањем додатне антене, и
- док конфигурација енергетске мреже нема утицаја (комуникација је независна од напајања), на подешавање система бежичне мреже битно утиче околина (зграде, дрвеће итд.).

Једну од предности овакве комуникације над PLC-ом представља сигурније, једноставније и поузданије добијање мерених резултата. Напоменимо да су брзине преноса података код ZigBee протокола око 250 kbit/s, односно да су око 50 пута веће него код PLC система. Пре почетка инсталације

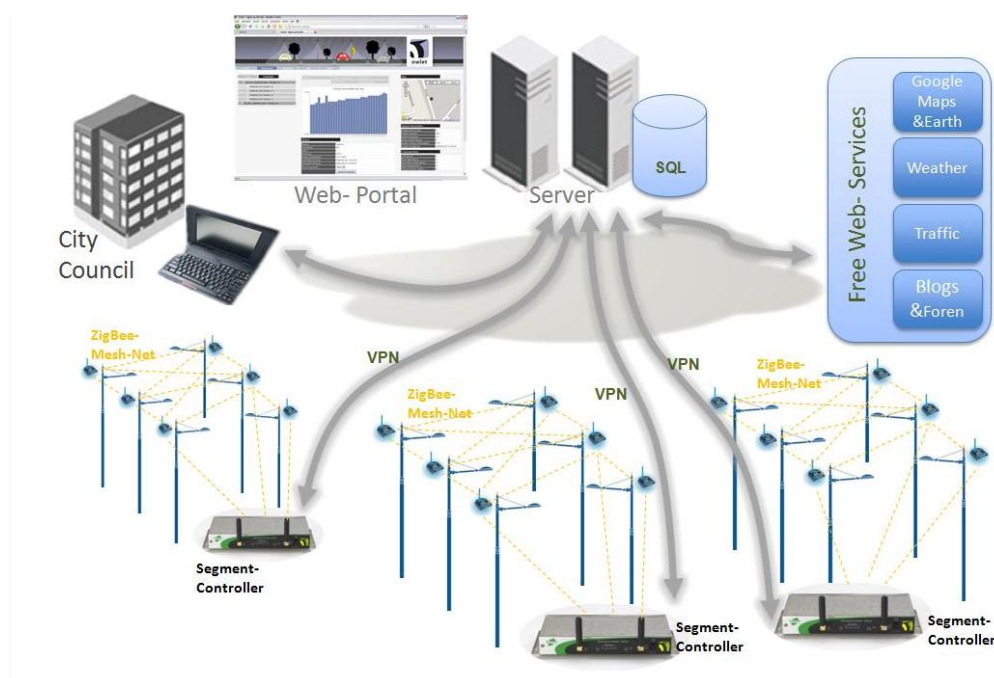
бежичне мреже управљања стубним контролерима потребно је знати оптималне положаје за монтажу антена и проверити јачину сигнала након постављања сваке антене, што може да резултује потребом за додатним постављањем сегментних контролера и локалних емитера.

Засебно вођени проводник

Овакав вид комуникације се ретко користи, а одвија се преко додатног кабла чија је једина улога размена сигнала. Његово постављање је у појединим случајевима практично немогуће извести, а увек је веома скупо у постојећим мрежама јавног осветљења. Деонице на којима се примењује командни кабл су кратке, да слабљење не би прешло граничну дозвољену вредност. Оваква могућност комуникације није адекватна за употребу у уличном, него у тунелском осветљењу.

Owlet

Owlet је први систем телеменаџмента који поред PLC-а користи и ZigBee, отворени индустријски стандард базиран на бежичном преносу. Континуална регулација флуksа (димовање) врши се применом неког од отворених протокола DALI, DMX и 1-10V. DALI (Digital Addressable Lighting Interface) представља отворени дигитални протокол развијен за потребе управљања осветљењем и двосмерне комуникације. DMX такође представља протокол за комуникацију између контролера и димера. Као што је напред објашњено, код протокола 1–10V величина једносмерног командног напона одређује светлосни флуks (снагу) извора светлости. На слици 14.26 приказана је топологија Owlet система.



Слика 14.26 Топологија Owlet система

Напомена

Пошто обрађивачи студије не располажу ценама појединих компоненти Owlet система, није било могуће извршити анализу исплативости његове примене.

14.5. Економско поређење уређаја и система за регулацију светлосног флукса у јавном осветљењу

Један од главних показатеља економске оправданости коришћења неког уређаја или система за регулацију светлосног флукса јесте период повраћаја уложеног новца (T), који може да се израчуна решавањем следеће једначине:

$$W_{el} \cdot c_e \left[1 + \left(1 + \frac{i}{100}\right) + \left(1 + \frac{i}{100}\right)^2 + \dots + \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T-1} \right] = C_{inv} \left(1 + \frac{i}{100}\right)^T,$$

у којој су:

- W_{el} – електрична енергија која се годишње уштеди по светилу,
- c_e – цена електричне енергије,
- i – стопа актуелизације (у процентима), и
- C_{inv} – инвестициона цена уређаја по светилу.

Решење претходне једначине гласи:

$$T = \ln \frac{100W_{el}c_e}{100W_{el}c_e - i \cdot C_{inv}} / \ln \frac{100+i}{100}.$$

У табели 14.3 дати су инвестициони трошкови за анализирани уређај и систем по светилу, C_{inv} (€) (референца 57). Табеле 14.4–14.6 садрже времена повраћаја новца уложеног у инсталирање анализираних уређаја и система, одређена за различите цене електричне енергије (са R је означен однос захтеваног и постигнутог нивоа сјајности, а са X процентуално смањење нивоа сјајности у касним ноћним сатима).

Табела 14.3 Инвестициони трошкови за анализирани уређај и систем по светилу, C_{inv} (€)

	NaVP 150W	NaVP 250W
M-BOX	47.62	76.92
STARSENS	471.22	445.47

Табела 14.4 Време повраћаја новца (изражено у годинама), за важећу цену електричне енергије од 0.045 €/kWh

	NaVP 150W				NaVP 250W			
	R=0.9		R=1		R=0.9		R=1	
	X=25%	X=33%	X=25%	X=33%	X=25%	X=33%	X=25%	X=33%
M-BOX	6.21	5.99	7.82	7.42	6.23	6.01	7.85	7.44
STARSENS	59.79	57.68	76.99	73.16	33.10	31.95	42.50	40.42

Табела 14.5 Време повраћаја новца (изражено у годинама), за цену електричне енергије од 0.06 €/kWh, која се очекује у неколико наредних година

	NaVP 150W				NaVP 250W			
	R=0.9		R=1		R=0.9		R=1	
	X=25%	X=33%	X=25%	X=33%	X=25%	X=33%	X=25%	X=33%
M-BOX	4.66	4.49	5.86	5.56	4.67	4.50	5.88	5.57
STARSENS	44.59	43.02	57.32	54.49	24.75	23.89	31.75	30.20

Табела 14.6 Време повраћаја новца (изражено у годинама), за просечну европску цену електричне енергије од 0.1 €/kWh

	NaVP 150W				NaVP 250W			
	R=0.9		R=1		R=0.9		R=1	
	X=25%	X=33%	X=25%	X=33%	X=25%	X=33%	X=25%	X=33%
M-BOX	2.79	2.69	3.52	3.33	2.80	2.70	3.53	3.34
STARSENS	26.57	25.65	34.10	32.43	14.80	14.28	18.96	18.04

На основу спроведене анализе може да се закључи да је економски значајно повољнија употреба уређаја M-BOX, који и у условима ниске важеће цене електричне енергије у Србији обезбеђује релативно кратак период повраћаја уложеног новца.

Референце

- [1] M. Kostic, L. Djokic, N. Hadziefendic and N. Strbac-Hadzibegovic, "Improved photometric performance and energy savings in street lighting by application of luminaires with advanced optics and sealsafe degree of protection, high pressure sodium lamps of MASTER type and step-dimming ballasts", Final report on project No. 401-00-36/2004-01, financed by both the European agency for reconstruction and the Belgrade power utility, 2006.
- [2] Philips lighting B.V., "Lighting manual" (fifth edition), Eindhoven, Holland, 1993.
- [3] М. Костић, „Релевантни аспекти квалитета, енергетске ефикасности, економичности и одржавања функционалног јавног осветљења“ (студија), Наручилац: Град Београд, 2007.
- [4] M. Kostic and L. Djokic, "Recommendations for energy efficient and visually acceptable street lighting", Energy, Vol. 34, pp. 1565-1572, 2009.
- [5] М. Б. Костић, "Осветљење путева", Minel–Schreder, Београд, 2006.
- [6] М. Костић и Л. Ђокић са сарадницима, "Препоруке за пројектовање, извођење и одржавање функционалног и декоративног јавног осветљења у Београду" (студија), Наручилац: Град Београд, 2007.
- [7] М. Костић, Ј. Трифуновић, Ж. Ђуришић и М. Јечменица, "Техно–економска анализа употребе постојећих уређаја и система за уштеду електричне енергије у јавном осветљењу" (студија), Наручилац: ЈП за изградњу Обреновца, 2009.

15. ЕКОНОМСКИ АСПЕКТ ЈАВНОГ ОСВЕТЉЕЊА

Осветљење улице, трга, зграде, моста и осталих елемената урбаног простора треба да испуни све захтеве струке и инвеститора, укључујући и економске. Важан задатак пројектанта је да уочи и анализира све релевантне аспекте пројекта, као и да идентификује оне приоритете који могу да се реализују у оквиру расположивог буџета. При томе, треба истаћи да ограничен буџет не може да буде разлог за лоша пројектна решења.

Економски оправдани пројекти уличног и амбијенталног осветљења

У процесу замене дотрајале инсталације функционалног осветљења, треба да се размотре две опције: опција реконструкције (побољшања постојеће инсталације осветљења које се реализује тако што се нове светилке постављају на постојеће стубове) и опција потпуно новог решења (које није ограничено постојећим стубовима и постојећом инсталацијом).

Реконструкција уличног или амбијенталног осветљења треба да се изврши на основу претходно урађеног пројекта. Међутим, она се понекад заснива само на искуству стеченом у претходним реконструкцијама. На пример, светилке са живиним изворима снаге 400 W замењују се светилкама са NaVP изворима снаге 150 W, што је најчешће фотометријски коректан приступ. Међутим, уколико су били присутни пре реконструкције, на овакав начин се задржавају непотребно високи нивои осветљености (сјајности), чиме се наставља прекомерна потрошња електричне енергије. Драстичан пример који ово потврђује представља осветљење улице Димитрија Туцовића у Београду, којој одговара светлотехничка класа M2 (видети референцу 7). У оквиру спроведене реконструкције примењен је фотометријски оправдан приступ, којим су старе светилке (IP54) са конвенционалним NaVP изворима снаге 400 W замењене светилкама са унапређеном оптиком, степеном механичке заштите IP66 и NaVP изворима са побољшаним фотометријским карактеристикама снаге 250 W. Каснији фотометријски прорачуни су показали да погонски нивои сјајности пре и после реконструкције износе 4.79 cd/m^2 и 4.42 cd/m^2 , респективно. Такође је показано да је реконструкцију требало извршити са NaVP изворима од само 100 W, који би обезбедили погонски ниво сјајности од 1.52 cd/m^2 , који је практично једнак нивоу сјајности који одговара класи M2 (1.5 cd/m^2).

Приликом сваке замене дотрајале инсталације коју карактерише већа инвестициона сума, треба извршити економско поређење решења са реконструкцијом и потпуно новог решења (урађеног не водећи рачуна о постојећој инсталацији осветљења). Препоручује се примена опште прихваћене методе актуелизације трошкова, која узима у обзир не само почетне, него и експлоатационе трошкове (за утрошену електричну енергију и одржавање), и то током целог периода коришћења, односно амортизације

инсталације осветљења (обично 25 - 30 година). У наставку је дат кратак приказ ове методе.

Економско поређење варијантних решења врши се поређењем укупних трошкова унутар истог амортизационог периода, T . Почетни (иницијални) трошкови обухватају трошкове израде пројекта (чији је део и пројекат осветљења), трошкове за опрему и материјал (трансформаторске станице, разводни ормани, каблови, стубови, лире, светиљке, извори светлости,...), трошкове свих неопходних радова, као и трошкове тестирања новоизведене инсталације. Пошто су многи од наведених трошкова практично једнаки у свим анализираним случајевима (цена пројекта, трансформаторских станица, разводних ормана, каблова, тестирања,...), пореде се само цене стубова, лира, светиљки и извора светлости, које укључују и њихову монтажу. Имајући то у виду, иницијални трошкови (C_{in}) могу да се израчунају применом следеће формуле:

$$(1) \quad C_{in} = N_p \cdot [C_p + C_b + k \cdot (C_l + m \cdot C_{l.s.} + C_{i.l.}) + C_{f.p.} + C_{i.p.}],$$

у којој су:

N_p укупан број стубова на посматраној деоници пута,
 C_p цена стуба са неопходном опремом (анкер плочом са анкерима, таблом са осигурачем (осигурачима), ожичењем,...),
 C_b цена једнокраке или двокраке лире (ако постоје),
 k број светиљки по стубу,
 C_l цена светиљке (заједно са предспојним уређајем),
 m број сијалица у светиљци,
 $C_{l.s.}$ цена сијалице,
 $C_{i.l.}$ цена монтаже светиљке на стуб (његову лиру),
 $C_{f.p.}$ цена извођења темеља стуба, и
 $C_{i.p.}$ цена монтаже стуба.

Трошкови за једногодишњу утрошену електричну енергију могу да се израчунају применом формуле:

$$C_{eleng} = k \cdot N_p \cdot C_{1e}, \quad (2)$$

у којој C_{1e} представља годишње трошкове за утрошену електричну енергију по светиљци, који могу да се израчунају применом формуле:

$$C_{1e} = m \cdot P_1 \cdot T_g \cdot C_{kWh}, \quad (3)$$

у којој су:

P_1 укупна снага сијалице и предспојне справе,
 T_g број часова „горења” сијалице у току године, и
 C_{kWh} просечна цена електричне енергије која се односи на јавно осветљење.

Трошкови одржавања пре свега укључују трошкове чишћења светилки и трошкове замене извора светлости (пошто су значајно мањи од претходних, трошкови замене неисправних предспојних справа и игнатора обично се не узимају у обзир). У даљој анализи нису узети у обзир ни трошкови одржавања стубова, јер је претпостављена примена топло поцинкованих стубова, које, захваљујући квалитетној површинској заштити, карактерише минимално одржавање. Уз то, техно-економске анализе показују да су укупни трошкови нижи при употреби топло поцинкованих него при употреби, иницијално јефтинијих, бојених челичних стубова, јер код ових других корозиона заштита и поновно бојење морају да се обављају сваких пет година (референца 7).

Пошто оптимална процедура одржавања инсталације функционалног осветљења подразумева да се врши периодична групна замена извора светлости, као и да се светилке чисте само онда када се врши групна замена извора, трошкови групне замене извора и чишћења светилки (C_{GR}) могу да се израчунају по формули:

$$C_{GR} = k \cdot N_p \cdot (C_{1cl} + m \cdot (C_{l.s.} + C_v + C_{ch} + C_{dis})), \quad (4)$$

у којој су:

C_{1cl} цена чишћења светилке,

C_v цена рада и ангажовања дизалице приликом замене сијалице при групној замени,

C_{ch} цена провере исправности сијалице пре транспорта, и

C_{dis} трошкови прописног одлагања и рециклирања прегореле сијалице.

Поред трошкова групне, постоје и трошкови појединачне замене рано прегорелих извора, који у j -тој години (C_{rpj}) могу да се израчунају применом формуле:

$$C_{rpj} = N_j \cdot (C_{l.s.} + C_{1v} + C_{ch} + C_{dis}), \quad (5)$$

у којој су:

N_j број рано прегорелих сијалица у j -тој години ($j = 1, 2, \dots, T_{GR}$, при чему је са T_{GR} означен период групне замене); претпоставља се да сваке j -те године након извођења инсталације, односно након групне замене, прегори исти број сијалица, и

C_{1v} цена рада и ангажовања дизалице приликом појединачне замене сијалице.

Укупни актуелизовани трошкови инсталације осветљења улице или пута, C_T , сведени на крај периода експлоатације, T , могу да се одреде применом следеће формуле:

$$C_T = C_{ink} + C_{elenk} + C_{GRk} + C_{rpk} \quad (6)$$

у којој су:

C_{ink} почетни (инвестициони) трошкови сведени на крај периода експлоатације

$(C_{ink} = C_{in} \cdot \left(1 + \frac{i}{100}\right)^T)$, где је i стопа актуелизације, изражена у процентима),

C_{elengk} укупни трошкови за утрошену електричну енергију, сведени на крај периода експлоатације,

$$C_{elengk} = C_{eleng} \cdot \left[1 + \left(1 + \frac{i}{100}\right) + \left(1 + \frac{i}{100}\right)^2 + \dots + \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T-1} \right]$$

односно,

$$C_{elengk} = C_{eleng} \cdot \frac{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^T - 1}{\frac{i}{100}}, \quad (7)$$

C_{GRk} укупни трошкови свих групних замена извора светлости и чишћења светиљки током периода експлоатације, сведени на крај тог периода:

$$\begin{aligned} C_{GRk} &= C_{GR} \cdot \left[\left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T_{GR}} + \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{2 \cdot T_{GR}} + \dots + \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{n_z \cdot T_{GR}} \right] \\ C_{GRk} &= C_{GR} \cdot \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T_{GR}} \cdot \left[1 + \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T_{GR}} + \dots + \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{(n_z-1) \cdot T_{GR}} \right] \\ C_{GRk} &= C_{GR} \cdot \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T_{GR}} \cdot \frac{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^{n_z \cdot T_{GR}} - 1}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T_{GR}} - 1} \end{aligned} \quad (8)$$

(у горњим формулама T_{GR} представља период групне замене (период одржавања), односно век трајања извора светлости, док је са n_z означен укупан број групних замена у току периода експлоатације T :

$$n_z = \frac{T}{T_{GR}} - 1), \quad (9)$$

$C_{гpk}$ укупни трошкови замене свих рано прегорелих извора светлости, сведени на крај периода експлоатације.

Укупни трошкови замене рано прегорелих извора светлости у току свих j -тих година након извођења и након сваке групне замене ($j = 1, 2, \dots, T_{GR}$), сведени на крај периода експлоатације, износе:

$$\begin{aligned}
 C_{rpj} &= C_{rpj} \cdot \left[\left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T-j} + \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T-(j+T_{GR})} + \dots + \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T-(j+n_Z \cdot T_{GR})} \right] \\
 C_{rpj} &= C_{rpj} \cdot \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T-(j+n_Z \cdot T_{GR})} \cdot \left[\left(1 + \frac{i}{100}\right)^{n_Z \cdot T_{GR}} + \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{(n_Z-1) \cdot T_{GR}} + \dots + 1 \right] \\
 C_{rpj} &= C_{rpj} \cdot \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T-(j+n_Z \cdot T_{GR})} \cdot \frac{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^{(n_Z+1) \cdot T_{GR}} - 1}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T_{GR}} - 1} \\
 C_{rpj} &= C_{rpj} \cdot \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T_{GR}-j} \cdot \frac{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^T - 1}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T_{GR}} - 1} \quad (10)
 \end{aligned}$$

Укупни трошкови замене свих рано прегорелих извора, сведени на крај периода експлоатације, износе:

$$C_{rp} = \sum_{j=1}^{T_{GR}} C_{rpj} = \frac{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^T - 1}{\left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T_{GR}} - 1} \cdot \sum_{j=1}^{T_{GR}} \left(C_{rpj} \cdot \left(1 + \frac{i}{100}\right)^{T_{GR}-j} \right) \quad (11)$$

Сагласно савременим економским изворима, стопа актуелизације износи 5% до 10%.

Треба напоменути да су у случају потпуно нових инсталација функционалног осветљења трошкови појединачне замене извора светлости по правилу мањи од 1% укупних трошкова, па се у таквим случајевима они могу занемарити.

У случају дугих улица (путева), због буџетских уштеда се препоручује да се ураде најмање две верзије идејног пројекта осветљења и изврши њихово економско поређење, коришћењем методе актуелизације трошкова. Израда две верзије идејног пројекта осветљења нарочито се препоручује при пројектовању осветљења аутопутева, јер су прорачуни показали да за осветљење аутопутева не постоји генерални закључак о томе да ли је економски оправданије решење са високим или ниским стубовима (референца 4). Уколико се врши економско поређење решења са натријумовим и метал-халогеним изворима светлости, које има смисла само ако примена првих не деградира изглед окружења, треба уважити закључке теорије мезопског виђења, чија се суштина састоји у следећем.

Људско око различито реагује на светлосне надражаје у условима фотопског (дневног), скотопског (ноћног) и мезопског виђења (виђења у сумраку). У условима мезопског виђења (какве ствара и улично осветљење) око је значајно осетљивије на светлост таласних дужина које су ближе левом крају спектра него при дневном виђењу, према коме се одређује светлосни флуks сваког извора светлости. Због тога се у условима мезопског виђења применом метал-халогених извора добијају интензивнији светлосни утисци него применом натријумових извора високог притиска истог светлосног флуksа (другим речима, потребни су мањи нивои сјајности који се добијају применом метал-халогених извора да би се обезбедио исти светлосни утисак као и применом натријумових извора). Табела 15.1 садржи (фотопске) нивое сјајности које треба постићи у уличном осветљењу применом NaVP и MH извора светлости.

Табела 15.1 Стандардни фотопски нивои сјајности, L_{sr} (важе за NaVP) и одговарајући фотопски нивои сјајности који важе за MH изворе светлости (L_{srMH})

L_{sr} (cd/m ²)	2	1.5	1	0.75	0.5	0.3
L_{srMH} (cd/m ²)	2	1.5	0.74	0.52	0.32	0.18

Веома једноставна практична примена табеле 15.1 може да се илуструје на следећем примеру. Ако је за решење са NaVP изворима усвојен фотопски ниво сјајности од 0.5 cd/m², фотопски ниво сјајности од 0.32 cd/m² довољан је за решење са MH изворима да би се постигла једнака мезопска сјајност у оба случаја. Уважавањем података из табеле 15.1 који се односе на L_{srMH} , сви фотометријски прорачуни и надаље могу да се врше коришћењем комерцијалних програмских пакета заснованих на уобичајеним (фотопским) флуksевима извора светлости.

На економске показатеље инсталације уличног осветљења значајно утиче чињеница да су NaVP извори енергетски ефикаснији, јефтинији и два пута дуговечнији од MH извора. Међутим, теорија мезопског виђења показује да постоји и предност MH извора која доводи до мањег броја светиљки и стубова. Због тога је урађена свеобухватна техно-економска анализа (референца 7), у оквиру које су разматране све релевантне светлотехничке класе путева и улица и сви уобичајени распореди стубова (светиљки).

Најпре је извршена анализа у којој је разматран велики број различитих саобраћајница, која је показала да снага MH извора треба да буде једнака снази NaVP извора. Такође је показано да је, уз уважавање наведеног закључка, код највећег броја саобраћајница растојање између суседних стубова веће, односно инсталисана снага мања, у случају решења осветљења са MH изворима. Наведени закључак потврђује да ће свако повећање цене електричне енергије бити у корист примене MH извора.

Даља анализа је вршена за два периода експлоатације (Т) инсталације уличног осветљења - 24 и 27 година.

Пошто се стопа актуелизације налази између 5% и 10%, у оквиру спроведене економске анализе разматране су њене три типичне вредности: $i = 5\%$, 7.5% и 10% .

За сваку од 6 анализираних комбинација вредности параметара Т и i урађена је табела која садржи укупне (актуелизоване) трошкове фотометријски упоредивих решења осветљења скоро свих релевантних саобраћајница, реализованих помоћу NaVP и МН извора светлости. Анализиране су саобраћајнице са различитим бројем возних трака и различитих светлотехничких класа, осветљене применом одговарајућег распореда стубова.

Табела 15.2 може да послужи као илустрација добијених резултата, јер се практично идентични закључци добијају анализом свих 6 табела. Она показује да су за светлотехничке класе ME6 и ME5 ($L_{sr} = 0.3 \text{ cd/m}^2$, односно $L_{sr} = 0.5 \text{ cd/m}^2$ – видети референцу 9) решења уличног осветљења са МН изворима економски повољнија од фотометријски упоредивих решења са NaVP изворима. За саобраћајнице светлотехничке класе ME4 ($L_{sr}=0.75 \text{ cd/m}^2$) процентуалне разлике у цени припадају опсегу -1.9% до $+5.9\%$, одакле може да се закључи да, с обзиром на бројне остале предности, МН извори светлости могу да се препоруче и за улице са потребним нивоом сјајности од 0.75 cd/m^2 .

Услед значајних предности које поседује у односу на монофазни и двофазни систем (мањи пресеци проводника за исте падове напона и већа ефикасност заштите у случају индиректног додира), за осветљење путева и дужих улица препоручује се трофазни систем. Да би се илустровао економски аспект проблема, довољно је рећи да значајно мањи пресеци каблова у трофазном систему обезбеђују уштеду у новцу која се креће и до 50%.

Београд представља један од ретких градова у којима се користи двофазни систем напајања уличног осветљења, инсталиран у циљу уштеда електричне енергије, јер омогућава једноставно искључење сваког другог извора светлости у низу током касних ноћних сати, када се смањи интензитет саобраћаја. Међутим, искључење сваке друге светилке продукује наизменично појављивање светлих и тамних делова на површини улице или пута, изазивајући непријатан „цик-цак” ефекат и замор возача. Стога, иницијална идеја о искључењу једне фазе није дуго коришћена у Београду, тако да током целе ноћи улично осветљење ради са комплетном инсталисаном снагом.

Табела 15.2 Укупни (актуелизовани) трошкови фотометријски упоредивих решења осветљења најчешћих саобраћајница ($i = 7.5 \%$ и $T = 24$ год.)

Распоред стубова	Класа	Укупни (актуелизовани) трошкови [дин.]		$\frac{C_2 - C_1}{C_1} \cdot 100$
		C_1 (NaVP)	C_2 (MH)	
једностранни 2 траке	ME6	24.592.988	22.641.725	-7,9%
	ME5	26.628.041	25.844.375	-2,9%
	ME4b	31.942.418	31.346.275	-1,9%
	ME3c	42.587.867	46.460.056	9,1%
двострани померени (цик-цак) 3 траке	ME6	28.772.701	26.211.296	-8,9%
	ME5	39.642.019	35.511.972	-10,4%
	ME4b	46.016.708	45.633.579	-0,8%
	ME3b	52.633.309	55.385.186	5,2%
двострани наспрамни 3 траке	ME5	44.174.178	39.818.193	-9,9%
	ME4a	50.698.354	53.713.008	5,9%
	ME3a	63.502.729	68.457.135	7,8%
двострани наспрамни 4 траке	ME5	48.193.716	45.935.596	-4,7%
	ME4a	57.524.176	60.780.257	5,7%
	ME3a	70.515.357	72.632.664	3,0%
централни 2 траке	ME3a	57.113.445	62.090.540	8,7%
централни 3 траке	ME3a	58.265.617	65.174.405	11,9%

Напомена

Ни приликом израде пројеката архитектонског осветљења не треба занемаривати економски аспект. Увек треба тежити да „однос“ постигнутог ефекта и уложених средстава буде максималан.

Референце

- [1] R. P. Leslie, "A simple cost estimation technique for improving the appearance and security of outdoor lighting installations", *Building and Environment*, Vol. 33, pp. 79-95, 1998.
- [2] City of Melbourne, "Lighting strategy", 2002.
- [3] IESNA, "Lighting handbook – reference and application" (9th edition), New York, 2000.
- [4] М. Костић, З. Марковић, Л. Ђокић и Н. Хациефендић, „Поређење класичних (ниских) и високих стубова у осветљењу аутопутева“ (студија), Наручилац: ЕДБ 2004.
- [5] M. Kostic, L. Djokic, D. Pojatar and N. Strbac-Hadzibegovic, "Technical and economic analysis of road lighting solutions based on mesopic vision", *Building and Environment*, Vol. 44, pp. 66-75, 2009.
- [6] М. Б. Костић, „Водич кроз свет технике осветљења“, Minel-Schreder, Београд, 2000.
- [7] М. Костић и Л. Ђокић са сарадницима, "Препоруке за пројектовање, извођење и одржавање функционалног и декоративног јавног осветљења у Београду" (студија), Наручилац: Град Београд, 2007.
- [8] М. Костић, Ј. Трифуновић, Ж. Ђуришић и М. Јечменица, "Техно–економска анализа употребе постојећих уређаја и система за уштеду електричне енергије у јавном осветљењу" (студија), Наручилац: ЈП за изградњу Обреновца, 2009.
- [9] CEN publication 13201, "Road lighting", 2003.

16. СПОЉНО ОСВЕТЉЕЊЕ ОБЈЕКТА У ПРИВАТНОМ ВЛАСНИШТВУ

Мастерплан осветљења треба да укључи не само јавне, него и приватне објекте који имају историјски, архитектонски, културни или урбанистички значај. Иако мастерплан третира ограничен број (најзначајнијих) приватних објеката, пракса показује да њихово осветљавање подстиче власнике других објеката да се укључе у улепшавање града помоћу светлости. Наравно, треба успоставити процедуру по којој архитектонско осветљење приватног објекта који се налази у зони од јавног значаја не може да се реализује без сагласности градске комисије задужене за осветљење. Пошто не смеју да се допусте неконтролисане приватне иницијативе, јер су оне често у супротности са интенцијама мастерплана, предлаже се дефинисање локалне регулативе која треба да укључи:

- сагласност Комисије на светлотехничко решење архитектонског осветљења приватног објекта, која може да се изда тек после презентације решења на лицу места,
- сагласност Комисије на изведено решење,
- обавезу приватног власника да архитектонско осветљење објекта одржава у складу са стандардима који важе за јавне објекте у граду (видети поглавље 12),
- израду стандарда са дефинисаним захтевима које треба да испуни осветљење слободностојећих рекламних panoа (видети поглавље 10) и реклама на објектима,
- израду стандарда који се односе на опсег температуре боје извора светлости који се користе за осветљење радњи и других комерцијалних простора у нижим деловима објеката, и
- израду стандарда који се односи на осветљење дворишта и зиданих ограда приватних стамбених објеката.

Предлаже се да се у оквиру Дана светлости (видети поглавље 7) организује и додељивање награде за најбоље осветљен објекат (који може да буде и у приватном власништву).

У тексту који следи описани су примери који потврђују неопходност напред поменути регулативе у области осветљења приватних објеката.

Осветљење једне од најважнијих трговачких улица у центру Бремена реконструисано је на основу приватне иницијативе, чији је резултат било прејако улично осветљење, прејако осветљене фасаде околних зграда и још интензивније осветљење њихових улаза. Због тога су најзначајнији урбани елементи у центру града (градска кућа, катедрала и околни тргови) постали визуелно тамнији и престали да буду доминантни.

У једној од најлепших улица са дрворедом, радњама и ресторанима у Визбадену отворила се радња за продају сијалица. За само неколико недеља фасада објекта била је осветљена применом интензивног динамичног осветљења са наглашеним променама боја. Овакво осветљење

је потпуно нарушило „равнотежу“ улице и њен урбанистички концепт, битно пореметивши постојећи поредак који су дефинисали објекти сличне архитектуре.

Иако старо градско језгро Виљнуса представља културну баштину под заштитом UNESCO-а, у једном тренутку је осветљавање приватних кућа које се у њему налазе узело маха. Пошто је резултат био далеко од естетски задовољавајућег, градске власти су покренуле иницијативу за доношење регулативе у области спољног декоративног осветљења, која ће да се односи и на објекте у приватном власништву.

Референце

- [1] Brinjac Engineering, "Highlighting South Bethlehem – an architectural lighting plan", 2002.
- [2] S. Horn, "Identity of urbanity – urban identification", Proceedings of Urban nightscape 2006, pp.112-114, Athens, 2006.
- [3] G. Miknevičienė, "Master plan for Vilnius historic centre lighting (concept and proposals for regulations)", Proceedings of Urban nightscape 2006, pp. 152-155, Athens, 2006.
- [4] U. Brandi, "Light for cities", Birkhäuser, 2007.
- [5] North Lincolnshire Council, "Street lighting guide for private development", 2005.

17. ДЕЛАТНОСТИ ГРАДСКЕ КОМИСИЈЕ ЗА ЈАВНО ОСВЕТЉЕЊЕ

Претходна поглавља су јасно показала неопходност формирања стручне комисије која би била задужена за урбано осветљење у граду. Акт о формирању такве комисије треба да садржи спецификацију свих њених обавеза и овлашћења.

Комисија треба да се бави и функционалним (уличним и амбијенталним), и архитектонским осветљењем.

За функционално осветљење Комисија треба да:

- одређује карактеристике извора светлости, светиљки и стубова за нову инсталацију уличног или амбијенталног осветљења, односно само карактеристике извора светлости и светиљки за реконструкцију таквог осветљења (део тендерске документације за набавку светиљки и стубова),
- у изузетним случајевима (старо градско језгро, паркови,...), а у сарадњи са Заводом за заштиту споменика културе, даје скице светиљки и стубова (део тендерске документације за набавку светиљки и стубова), и
- потврђује да су карактеристике понуђених светиљки и стубова у складу са захтевима.

За архитектонско осветљење Комисија треба да:

- специфицира делове објеката које треба истаћи и дефинише њихову хијерархију (део конкурса или тендерске документације за израду пројекта),
- одређује делове објеката чије осветљење треба приказати на лицу места (део конкурса или тендерске документације за израду пројекта),
- одбацује светлотехничка решења (ако су принципи осветљења приказани на лицу места неприхватљиви), чиме се спречава извођење архитектонског осветљења по лошим светлотехничким решењима, односно сугерише корекције светлотехничких решења приказаних на лицу места која су генерално прихватљива (приликом приказивања светлотехничког решења на лицу места учесник на тендеру доставља члановима Комисије типове и распоред свих рефлектора, као и опис светлотехничког решења, што се захтева тендерском документацијом),
- усваја коригована светлотехничка решења после њиховог поновног приказивања на лицу места (она морају да се доставе члановима Комисије), и
- усваја изведене инсталације архитектонског осветљења са аспекта светлотехничког решења (после евентуалних корекција, изведених са циљем да осветљење одговара прихваћеном светлотехничком решењу).

У случају осветљења пејзажне архитектуре, активности Комисије треба да буду идентичне онима које се односе на архитектонско осветљење.

Комисија треба да се бави и израдом мастерплана (мастерпланова) осветљења. У том циљу, она треба да:

- предложи корекције и евентуалне допуне израђеног мастерплана осветљења одређене градске целине, и
- усвоји (кориговани) мастерплан осветљења.

Комисија треба да пропише и захтеве који се односе на осветљење радњи и других просторија у приземљу зграда које оивичују улице и тргове (видети поглавља 4.1.5 и 16).

Значајна активност Комисије треба да буде и дефинисање периода одржавања појединих елемената јавног (урбаног) осветљења (периода групне замене извора светлости и чишћења светилки, као и периода бојења (заштите) челичних бојених стубова). Комисија треба да брине и о спровођењу дефинисаних мера одржавања.

Комисија треба да организује и прати ефекте пилот пројеката који се организују да би се на лицу места демонстрирале нове технологије у области јавног осветљења и анализирали њихове перформансе (LED технологија, уређаји и системи за уштеду електричне енергије у јавном осветљењу итд.).

Ингеренције Комисије треба да се односе како на објекте у јавном, тако и на објекте у приватном власништву, а посебно оне који значајно учествују у креирању урбаног амбијента (видети поглавље 16). Због тога Комисија мора да одреди улице (зоне, делове града) у којима се налазе такви приватни објекти.

Комисија треба да дефинише и захтеве које мора да испуни осветљење рекламних панела и билборда (видети поглавље 10).

Било би добро да Комисија установи и сваке године организује Дан светлости, у оквиру кога могу да се спроводе активности предложене у поглављима 7 и 16.

Комисију треба да чине представници града, истакнути стручњаци из области јавног осветљења (пре свих, архитекте и електроинжењери), представник Српског друштва за осветљење, представници релевантног Завода за заштиту споменика културе, представник Комисије за јавне набавке и представници приватног сектора.

Референце

- [1] L. Fellin, P. Fiorentin, E. Tognon, M. Vio and A. Vivona, "Guidelines for a master plan for urban lighting in Venezia", Proceedings of Lux Europa 2009, Vol. 2, pp. 1099-1106, Istanbul, 2009.
- [2] Brinjac Engineering, "Highlighting South Bethlehem – an architectural lighting plan", 2002.
- [3] G. Paissidis, I. Stathi and S. Dascalopoulou, "Evaluation of undermining factors impeding the utilization and implementation of a lighting masterplan", Proceedings of Urban nightscape 2006, pp. 144-147, Athens, 2006.
- [4] Department of public works of the city of Minneapolis, "Minneapolis parks & recreation board street lighting policy" (draft), July 2004.
- [5] www.jyvaskyla.fi/cityoflight, "Jyväskylä – the city of light", 2009.
- [6] S. Lettner, "Illumination master plan for Vienna", 2008.
- [7] City of Melbourne, "Lighting strategy", 2002.

18. УМЕСТО ЗАКЉУЧКА (ИЛИ: ШТА СВЕ ТРЕБА ДА ОБУХВАТИ МАСТЕРПЛАН ОСВЕТЉЕЊА)

За велике градове (какви су Београд, Ниш, Нови Сад и Крагујевац) препоручује се да се, пре израде мастерпланова осветљења за поједине градске зоне, издвоје градски репери и дефинишу жељени панорамски изгледи града (видети поглавље 2.1). Затим је, коришћењем смерница из поглавља 2.2, потребно извршити поделу града на целине за које ће се радити мастерпланови осветљења. Један од кључних задатака приликом израде појединачног мастерплана осветљења представља избор локалних репера (за тај део града) и одређивање њихове хијерархије (видети поглавље 2.3). Напомињемо да прва два (од наведена три) корака не постоје код мањих градова.

Водећи рачуна о смерницама из поглавља 3, потребно је извршити анализу постојећег стања функционалног (уличног и амбијенталног) и архитектонског осветљења у граду и предложити решења за неопходне интервенције.

Коришћењем смерница из поглавља 4.1.1-4.1.4 мастерплан треба у потпуности да дефинише светлотехничко решење осветљења сваке улице у посматраном делу града (тип стубова, светиљки и извора светлости, као и геометрију инсталације осветљења).

Мастерплан треба да садржи смернице (до нивоа идејног решења) за пројектовање осветљења комерцијалних зона, тргова, раскрсница и спортских терена (видети поглавље 4.1.5). Исто важи за осветљење паркова (поглавље 4.2) и пејзажа (поглавље 4.3).

Мастерплан треба да садржи и смернице за пројектовање архитектонског осветљења свих појединачних објеката који су у њему издвојени као значајни (видети поглавље 5.1). Оне треба да представљају основу за израду пројектног задатка. Поглавља 5.2-5.5 редом садрже детаљне препоруке за осветљење зграда, мостова, споменика и фонтана, које треба користити приликом дефинисања смерница за архитектонско осветљење појединачних објеката.

Уколико се као репер издвоји зграда са стакленом фасадом, треба размотрити могућност осветљења њеног ентеријера (видети поглавље 6). Због уштеде електричне енергије, препоручује се да се не осветљава комплетан ентеријер, него да се осветљењем одређених простора креира складна композиција.

Уколико се у делу града за који се израђује мастерплан осветљења предвиђа развој туризма, разноврсности туристичке понуде могу да допринесу светлосне инсталације и осветљење намењено едукацији или забави. Треба размотрити и могућност примене динамичног осветљења (до нивоа спектакла). Мастерпланом треба предвидети просторе на којима су

могуће овакве презентације и евентуално дати идеје за конкретне реализације (видети поглавља 7 и 8).

Мастерплан осветљења мора да садржи предлог мера које треба да ограниче (до нивоа прихватљивог) светлосно загађење у граду (сјај неба, светлосно прекорачење и бљештање), као и његов утицај на живи свет (видети поглавље 9). Због потенцијалних негативних ефеката на амбијенталне вредности, осветљење рекламних панела и билборда треба такође третирати (видети поглавље 10).

Свакако треба третирати и одржавање јавног осветљења. За све типове извора светлости треба дефинисати периоде групне замене и напоменути да приликом замене сијалица треба очистити оптичке делове светиљки. Треба третирати и одржавање стубова. За веће градове треба препоручити и израду базе података која треба да садржи битне информације о свим релевантним елементима јавног осветљења (видети поглавље 12).

Проблеми са којима се суочава савремена цивилизација, као и економски разлози, захтевају да се мастерпланом посебно обради енергетски аспект јавног осветљења. Поглавље 13 садржи све релевантне мере које могу да допринесу енергетски ефикасним решењима. Посебно су, у поглављу 14, представљени савремени уређаји и системи за регулацију светлости у јавном осветљењу.

За осветљење улица које подразумева велика инвестициона улагања препоручује се израда варијантних решења. Уз њих треба приложити техно-економску анализу помоћу које ће се издвојити оптимално решење (видети поглавље 15).

Мастерплан осветљења треба да укључи не само јавне, него и приватне објекте који имају историјски, архитектонски, културни или урбанистички значај. Препоручује се и да се мастерпланом дефинишу смернице за осветљење приватних стамбених објеката и локала (видети поглавље 16).

Мастерплан осветљења града треба да укаже на неопходност формирања стручне комисије која би била задужена за јавно осветљење у граду, као и да специфицира њену квалификациону структуру, обавезе и овлашћења (видети поглавље 17). Било би добро да се мастерпланом предложи и увођење Дана светлости (видети поглавља 7 и 16).

19. ПРИЛОЗИ

19.1. Мастерплан функционалног осветљења Обреновца

Иако Мастерплан Обреновца садржи две целине, од којих се једна односи на функционално, а друга на декоративно осветљење, оне морају да буду усклађене, јер представљају део јединственог плана осветљења простора. Потребе свих корисника за осветљењем (грађана, посетилаца, туриста) у вези су са емоцијама. Дакле, да би се креирао успешан ноћни амбијент, емоције које изазива осветљен простор морају да се узму у обзир.

Основни циљеви функционалног осветљења су безбедност, сигурност, лака оријентација и удобно одвијање моторног и пешачког саобраћаја, као и комерцијалних и спортских активности.

Функционално осветљење Обреновца обухвата:

- улице које чине границу ужег градског језгра
- подужне правце унутар ужег градског језгра
- попречне правце унутар ужег градског језгра
- приступне путеве
- важније правце изван ужег градског језгра
- улице у насељима
- важне раскрснице
- пешачке прелазе на улицама у оквиру ужег градског језгра
- пешачку зону
- паркове и
- стамбена насеља (јавне просторе у окружењу стамбених објеката).

С обзиром на то да је функционално осветљење у великој мери заступљено у осветљењу града, у смислу броја инсталираних светиљки, оно значајно утиче на атмосферу коју ствара осветљени простор. Због тога, горе наведена подела, која се првенствено односи на функционалне целине, истовремено има значај код дефинисања амбијенталних целина, које заједно са функционалним доприносе презентацији града.

19.1.1. Основни принципи

Истицање хијерархије вредности

Мастерпланом функционалног осветљења Обреновца истакнута је хијерархија вредности појединих урбаних елемената и амбијенталних

целина, као и разумевање урбане концепције. Нијансирање обезбеђено кроз адекватну примену боје светлости, њеног интензитета, репродукције боја и примењених светиљки и стубова издваја просторе различитог значаја и омогућава јасан увид у различите градске зоне.

Нивои сјајности (осветљености) и спречавање појаве бљештања

Због своје функције и значаја, различити простори захтевају различите нивое сјајности. С обзиром на то да се ради о осветљењу спољног простора за који је позадина потпуни мрак, водило се рачуна о томе да се у простору не појаве јаки контрасти и ситуације које би изазвале физиолошко бљештање. У том смислу, циљ је био постизање адекватног баланса између функционално захтеваних сјајности, визуелног ефекта који се жели постићи, могућих контраста и енергетске ефикасности, о којој се нарочито водило рачуна. Уз предлоге за реконструкцију функционалног осветљења улица дати су фотометријски прорачуни који се односе на постојеће, као и на ново (планирано) осветљење, из којих се види да су сјајност, равномерност сјајности и ограничење бљештања у дозвољеним границама, препорученим за одређене категорије, односно намену саобраћајница.

Боја и интензитет светлости

Боја светлости доприноси одразу амбијента. Простори у којима се окупљају људи или простори у којима се одвија интензиван пешачки саобраћај захтевају топло белу боју светлости (~3000K), која доприноси удобности у простору. Топло бела боја светлости, која је обезбеђена применом предложених метал-халогених извора светлости са керамичким гориоником, заступљена је у осветљењу јавних простора који се налазе у непосредном окружењу стамбених објеката, ма где се они налазили, као и у осветљењу улица ужег градског језгра, пошто је у тим улицама највећа густина пешачког саобраћаја.

За осветљење улица које се налазе изван ужег градског језгра, с обзиром на мању фреквенцију пешачког кретања, примењени су натријумови извори светлости високог притиска, чија је боја топла (жута). Овакви извори светлости обезбеђују добре услове за одвијање моторног саобраћаја, а карактеришу их максимална енергетска ефикасност и дуг век трајања (4-5 година).

Интензитет светлости је пропорционалан значају појединих урбаних елемената (улице, трга) или амбијената. Најинтензивније осветљење је планирано у пешачкој зони и у улицама ужег градског језгра, затим у

важнијим улицама изван ужег градског језгра, док је најмањи интензитет предвиђен у улицама унутар појединачних насеља. Напоменимо да у Обреновцу нема улице чија је светлотехничка класа, према важећој CIE препоруци, већа од М3, што значи да са аспекта добре видљивости нема потребе за нивоима сјајности већим од 1 cd/m^2 . Једино су за улице које представљају делове важних урбаних целина (на пример, прстен око или подужни правци унутар ужег градског језгра), као и за улице са дрворедом са густим крошњама, предвиђени нешто виши нивои сјајности.

Дакле, за диференцијацију различитих делова простора углавном су коришћени боја светлости и њен интензитет.

Репродукција боја

Способност извора светлости да што реалније (што сличније дневној светлости) прикаже боје површина које се осветљавају од изузетног је значаја у просторима у којима се окупљају људи. Због тога је и ово важан разлог због кога су у ужем градском језгру примењени метал-халогени извори са керамичким гориоником. Ради се о изворима који имају веома висок индекс репродукције боја (изнад 80, на скали до 100), што је потпуно задовољавајуће за простор за који су предвиђени. Овај параметар квалитета светлости у великој мери доприноси квалитету амбијента и привлачности простора, подстичући дуже задржавање људи.

За осветљење улица које се налазе изван ужег градског језгра, у којима доминира моторни или мешовити саобраћај, примењени су натријумови извори светлости. Иако их не одликује добра репродукција боја, они се сматрају одговарајућим за овакве саобраћајнице. За осветљење слободних површина у непосредном окружењу стамбених објеката предвиђени су искључиво метал-халогени извори са керамичким гориоником.

Равномерност сјајности (осветљености)

Да би се постигле безбедност и удобност у саобраћају, неопходна је равномерност сјајности на улицама, о чему се водило рачуна при изради Мастерплана. Приложени фотометријски прорачуни показују да су равномерности у оквиру прихватљивих граница. Простори у којима се одвија искључиво пешачки саобраћај и у којима се људи окупљају могу да имају и неравномерне расподеле осветљености на релевантним површинама.

Флексибилност

Осим што носе светиљке, у одређеним приликама на стубове могу да се поставе заставе или мале жардињере са цвећем, које такође доприносе квалитету амбијента.

19.1.2. Постојеће стање функционалног осветљења

Постојеће осветљење у простору који је обухваћен Мастерпланом искључиво је функционално, углавном са бетонским стубовима и светиљкама које не доприносе квалитету простора. Нема дистинкције са аспекта боје и интензитета светлости, тако да често није могуће одвојити важне од мање важних улица. Извори светлости су углавном неадекватни по питању боје светлости и њихове способности репродукције боја. Сјајности које су постигнуте на улицама углавном су непотребно високе, при чему, с обзиром на неадекватне изворе, не доприносе квалитету амбијента. Визуелни доживљај града додатно је нарушен надземним електричним водовима, који су разапети између постојећих стубова.

У оквиру пешачке зоне и површина које окружују стамбена насеља у ужем градском језгру примећује се почетак реконструкције, чији је циљ увођење квалитетније инсталације осветљења.

19.1.3. Предлог решења будућег осветљења

Пошто је Мастерпланом обухваћена велика површина урбаног простора, све интервенције су дате у два вида, који се могу реализовати у складу са могућностима инвеститора. Први вид интервенције је реконструкција, која углавном обухвата замену постојећих светиљки и извора светлости савременим и енергетски ефикаснијим светиљкама и изворима, уз једноставне додатне интервенције у виду бојења постојећих стубова. Други вид интервенције је предлог новог решења, које обухвата замену постојећих стубова одговарајућим топлопоцинкованим челичним стубовима и замену светиљки и извора светлости, а често (нарочито у ужем градском језгру) и увођење подземне кабловске инсталације (уместо постојеће надземне). У оквиру табеле 19.1, која представља извод из табеле која се односи на све улице у Обреновцу, поред постојећег стања уличног осветљења, дат је предлог за реконструкцију или за ново решење, а понегде су дата оба предлога (остављено је инвеститору да изабере вид интервенције). Поред табеле 19.1, приложене су две карте на којима су приказани усвојени типови извора светлости (карта 1) и светиљки (карта 2).

Улице које чине границу ужег градског језгра (УГЈ)

Уже градско језгро уоквирено је улицама Краља Александра I (од Краља Петра I до Љубе Ненадовића), Краља Петра I, Милоша Обреновића (од Љубе Ненадовића до Краља Петра I) и Љубе Ненадовића.

У овим улицама су углавном постављене старе Z светиљке, на бетонским електродистрибутивним (ЕД) стубовима или на стубовима јавног осветљења (ЈО). Светиљке су постављене директно на стубове у Краља Александра I и делимично у Милоша Обреновића, а у осталим деловима ужег градског језгра постављене су на стубове преко надограђених лира. У свим наведеним улицама инсталиране су светиљке са натријумовим изворима светлости и у свим улицама (изузев у улици Краља Александра I) изведени су надземни водови.

У улицама које представљају границу ужег градског језгра предвиђене су светиљке типа FURYO 3 (представљене у прилогу *Каталог*) са метал-халогеним изворима од 150 W са керамичким гориоником. Температура боје извора је ~3000K, која одговара светлости топло беле боје. Репродукција боја оваквих извора је веома добра (индекс износи 80, на скали до 100). Висина на којој се налазе светиљке је 8 метара. Светиљке и стубови су у боји *AKZO 900 sanded grey*. У свим улицама, осим у улици Краља Александра I, на стубовима су предвиђене лире типа Flo (представљене у прилогу *Каталог*), дужине 0,8 метара.

Јединствено решење у свим улицама које чине границу УГЈ омогућава лаку оријентацију у простору, и то како за пешаке, тако и за возаче. Јединствена боја светлости и њен интензитет увећавају значај УГЈ. Треба напоменути да је већи број светиљки које се налазе у ул. Краља Александра I окружен густим крошњама дрвећа, што је проблем у летњем периоду, због чега се мора водити рачуна о одржавању зеленила у стању које омогућава функционисање инсталације осветљења.

Осим оне која учествује у граници УГЈ, улица Краља Александра I садржи још две деонице, од којих део између улица Љубе Ненадовића и Војводе Мишића нема никакво осветљење. Овде се предлаже исто решење као и за главни део улице, како би се учврстио њен континуитет. Деоница од ул. Краља Петра I до ул. Војводе Путника је у фази изградње, али се из истог разлога и у овом делу предлаже идентично решење.

Главни део улице Милоша Обреновића (од ул. Љубе Ненадовића до ул. Краља Петра I) чини део границе УГЈ, а затим се ова улица наставља према Београду. Решење које је предложено за главни део улице задржава се до раскрснице са путем који води до излетишта Забран. Овај део улице уводи

путнике који стижу из правца Београда у Обреновац. Управо ова раскрсница представља улаз у град који треба да се истакне осветљењем. Од ове раскрснице надаље пешаци и возачи лако могу да прате границу ужег градског језгра и да идентификују центар града.

Подужни правци унутар ужег градског језгра

Унутар ужег градског језгра разликујемо подужне и попречне правце, који су различите дужине и значаја. Два основна подужна правца представљају улице Вука Караџића и Војводе Мишића. Улица Вука Караџића може да се подели на четири деонице (због скретања, као и због тога што садржи различите стубове: ЈО и ЕД). Улица Војводе Мишића је третирана од улице Краља Петра I до улице Краља Александра I, а надаље се предлага решење које је дато у поглављу *Пут за Шабац*.

Иако се не налази у оквиру граница УГЈ, због тога што се ради о улици која се надовезује на ул. Војводе Мишића и представља везу између УГЈ и Малог парка, у овом одељку је третирана и Узун Миркова улица.

Улице Вука Караџића (главни део) и Војводе Мишића карактерише дрворед са богатим крошњама листопадног дрвећа. Заступљени су и ЈО и ЕД стубови, углавном са старим Z светилкама. Извори светлости су натријумови, превелике снаге (250 W) и неадекватни због боје светлости и лоше репродукције боја. Примењени су и живини извори светлости, такође неадекватни у функционалном, естетском, енергетском и еколошком смислу.

У свим наведеним улицама предлага се светиљка типа CITEA MIDI (представљена у прилогу *Каталог*) са метал-халогеним извором од 150 W са керамичким гориоником. Светиљке и стубови су у боји *AKZO 900 sanded grey*. Висина на којој се налазе светиљке је 8 метара. На стубове треба поставити одговарајуће лире дужине 2 метра у главном делу улице Вука Караџића и у улици Војводе Мишића, како би се што више избегао негативан утицај крошњи (остали стубови су без лире). Ипак, треба водити рачуна о одржавању зеленила у стању које обезбеђује неометано функционисање инсталације осветљења. У Узун Мирковој улици предлага се лира од 1 метра.

Подужни правци представљају улице у којима се одвија спорији моторни саобраћај него на улицама које чине границу УГЈ. Ове правце карактерише и значајан пешачки саобраћај (због комерцијалних и пословних садржаја). Удобни видни услови за возаче и пешаке постижу се топло белом бојом светлости, већим интензитетом (који је оправдан и због густог зеленила) и веома добром репродукцијом боја која квалитативно доприноси амбијенту.

Попречни правци унутар ужег градског језгра

Улице које се налазе унутар УГЈ, а управне су на главни део улице Вука Караџића и улицу Војводе Мишића, третиране су као попречни правци. Ради се о улицама које су много краће и уже од улица које припадају подужним правцима. Осим улица које се налазе у оквиру УГЈ, овде су укључене и улице Војводе Путника, Богољуба Михајловића и Тополице, како би се истакла амбијентална целина која окружује Мали парк.

У наведеним улицама су примењени стубови ЈО, као и стубови ЕД. Углавном су примењене светиљке типа Z, док су извори светлости различити: натријумови или живини. Оба типа извора светлости су неадекватна за центар града у коме се окупљају људи и где је велика фреквенција пешачког саобраћаја.

На већим и значајнијим улицама које припадају попречним правцима унутар УГЈ (Здравковићева, Хајдук Вељкова, Кнеза Михаила, Карађорђева и Војводе Путника) предвиђене су светиљке типа ONYX 2 (представљене у прилогу *Каталог*) са метал-халогеним изворима од 100 W. Светиљке и стубови су у боји *сива RAL 7040*. У улицама мањег значаја адекватне су светиљке типа NANO 1 или OPALO 1 (представљене у прилогу *Каталог*), са изворима од 70 W. Боја светиљке типа NANO 1 и припадајућег стуба је *AKZO grey 900 sanded*, а када се ради о светиљкама OPALO 1 *RAL 7040*. С обзиром на то да се ради о улицама унутар УГЈ, предвиђени су искључиво метал-халогени извори са керамичким гориоником. Као што показује фотометријски прорачун, сјајности које се добијају са изворима снаге 100 или 70 W потпуно су задовољавајуће за улице у којима су примењени.

Приступни путеви

Путеви којима се стиже у Обреновац разматрани су посебно. То су пут за Шабац (и улица Цара Лазара), пут за Ваљево, пут за Забран, пут за Београд, пут за ТЕНТ и пут за Степојевац.

На свим приступним путевима примењене су светиљке OPALO 1 (боја светиљке и стуба: *RAL 7040*) са натријумовим изворима од 100 W, на стубовима ЕД. Једино су на путу за Забран примењени натријумови извори од 70 W. Ипак, на путу за ТЕНТ, као и за Забран, постоје неосветљене деонице. У улици Цара Лазара постоје стубови ЈО са светиљкама типа OPALO 3 (боја светиљке и стуба: *RAL 7040*) и натријумовим изворима од 250 W, као и стубови ЕД са светиљкама типа Z са живиним изворима од 250 W.

Путеви за Шабац, Ваљево и Београд заслужују осветљење већег интензитета, тако да су у овим случајевима предвиђене светиљке типа OPALO 3 са натријумовим изворима од 150 W. Осветљење у улици Цара Лазара је превеликог интензитета, па се за њу предлаже замена постојећих натријумових извора од 250 W натријумовим изворима од 150 W.

Путеви за Забран, ТЕНТ и Степојевац су мањег значаја, због чега се код њих задржавају постојећа решења, с тим што је потребно неосветљене деонице решити на исти начин на који су решене осветљене.

Важнији правци изван ужег градског језгра

Улице које се налазе изван ужег градског језгра, а које повезују значајне правце или представљају везе између насеља, издвојене су као важнији правци. Међу овим улицама постоје разлике у дужини и значају, тако да се и предложена решења осветљења разликују. Тренутно постоје стубови ЈО, као и стубови ЕД, а када су у питању извори светлости, примењени су натријумови и живини извори, неретко превелике снаге.

У већим улицама, као што су Ђачког батаљона, Тамнавска, Немањина и Равногорска, предвиђене су светиљке типа ONYX 2 (боја светиљке и припадајућег стуба: *сива RAL 7040*) са натријумовим изворима од 150 W. У улицама у којима је започета реконструкција са светиљкама типа OPALO са натријумовим изворима предвиђа се наставак реконструкције на исти начин, с тим што се у неким улицама (нпр. Цара Душана) предвиђа замена натријумових извора од 250 W натријумовим изворима од 150 W. У улицама у којима још није започета реконструкција предвиђају се светиљке типа NANO 1 (боја светиљке и припадајућег стуба је *AKZO 900 sanded grey*) са натријумовим изворима од 70 W.

Улице у насељима

У локалним улицама појединачних насеља налазе се и ЕД и ЈО стубови, на којима су углавном инсталиране светиљке са живиним изворима светлости. У улицама у којима су живини извори замењени натријумовим предлаже се задржавање постојећег решења, док се у улицама у којима још није започета реконструкција предлажу светиљке типа NANO 1 са натријумовим изворима (боја светиљке и припадајућег стуба је *AKZO 900 sanded grey*).

Ново решење које подразумева и замену постојећих стубова новим топлопоцинкованим челичним стубовима, као и замену надземних водова подземним, предвиђено је само за следеће улице: Белополску, Саве

Ковачевића, Вашариште, Доситејеву и улицу која пролази кроз индустријску зону.

Важне раскрснице

На улицама које чине границу ужег градског језгра налази се неколико важних раскрсница које би требало да буду истакнуте осветљењем. Ради се о следећим раскрсницама: Краља Петра I и Милоша Обреновића, Краља Петра I и Краља Александра I, Краља Александра I и Љубе Ненадовића, Љубе Ненадовића и Војводе Мишића, као и Љубе Ненадовића и Милоша Обреновића. С обзиром на то да су на улицама које чине границу ужег градског језгра предвиђене светиљке типа FURYO са метал-халогеним изворима светлости са керамичким гориономиком, за осветљење раскрсница се предвиђају светиљке истог типа на одговарајућим топлопоцинкованим стубовима. Температура боје извора је ~3000K. Светиљке и стубови су у боји *AKZO 900 sanded grey*. Осветљење сваке од наведених раскрсница захтева израду посебног пројекта.

Пешачки прелази на улицама у оквиру ужег градског језгра

Предвиђено је посебно осветљење пешачких прелаза на појединим улицама које се налазе у оквиру ужег градског језгра. Ради се о светиљкама које обезбеђују такву расподелу светлосног флуksа да су пешаци који прелазе улицу видљиви и препознатљиви. Вертикална осветљеност омогућава јасну и брзу перцепцију целе особе која прелази улицу. Светиљке које се примењују за ову сврху имају огледало типа ZEBRA и постављају се на посебне стубове. У оквиру ужег градског језгра Обреновца предвиђена су два типа светиљки са оваквим огледалима за пешачке прелазе. На пешачким прелазима у улицама Краља Александра I, Краља Петра I, Милоша Обреновића и Љубе Ненадовића предвиђене су светиљке типа NEOS, док су на пешачким прелазима у улицама Вука Караџића и Војводе Мишића предвиђене светиљке типа CITEA (систем ZEBRA је представљен у прилогу *Каталог*). Све светиљке су на стубовима висине 6 метара и садрже метал-халогене изворе са керамичким гориономиком. И светиљке и стубови за пешачке прелазе су у боји *AKZO 900 sanded grey*.

Пешачка зона

Карађорђева улица у Обреновцу, која се протеже од улице Милоша Обреновића до улице Вука Караџића, а затим скреће за 90° и завршава се код аутобуске станице, делимично је претворена у пешачку зону. Она се

налази између улица Милоша Обреновића и Вука Караџића, а пресечена је улицом Војводе Мишића. На пешачком платоу су постављене урбане светиљке на стубовима висине око 4 метра. Светиљке које се налазе између улица Војводе Мишића и Милоша Обреновића садрже натријумове изворе светлости од 70 W, што је неприхватљиво за пешачку зону, док светиљке које се налазе између улица Војводе Мишића и Вука Караџића садрже адекватне метал-халогене изворе од 100 W.

Пешачка зона у центру Обреновца има значај најважнијег урбаног елемента. Од изузетне важности је да се у њој примене извори светлости топло беле боје (~3000K), који имају веома добру репродукцију боја и одговарајући светлосни интензитет који ће на најбољи могући начин истаћи ову вредност. Дизајн светиљке и стуба је такође значајан фактор препознатљивости амбијента и привлачности простора. Због тога су у пешачкој зони предвиђене светиљке типа THYLIA са метал-халогеним изворима са керамичким гориоником и одговарајућим топлопоцинкованим челичним стубовима (представљене у прилогу *Каталог*). Светиљке и стубови су у боји *AKZO 900 sanded grey*. Решење осветљења пешачке зоне подразумева израду посебног пројекта који ће дефинисати позиције и висине стубова, као и снагу извора.

Део Карађорђевог улице од улице Вука Караџића до улице Краља Александра I користи се за мешовити саобраћај (улица садржи паркинг и одвојени тротоар). И на овој деоници су предвиђене светиљке типа THYLIA, како би се још више истакао значај пешачке зоне.

Паркови

У простору који обухвата Мастерплан Обреновца издвајају се два парка: Парк хероја и Мали парк. С обзиром на то да паркови представљају атрактивна места окупљања, неопходно је да у њима, слично пешачкој зони, буду примењени извори светлости топло беле боје са веома добром репродукцијом боја.

У Парку хероја постављени су стубови типа NEMO, који се задржавају. Уз то, пошто се Парк хероја налази уз пешачку зону, у његовом осветљењу учествоваће и светиљке типа THYLIA. Неопходно је да како у светиљкама типа NEMO, тако и у светиљкама типа THYLIA, буду инсталирани извори топло беле боје (~3000K).

Мали парк се налази уз улице Краља Александра I и Узун Миркову. Изван је ужег градског језгра, али у његовој непосредној близини. У овом парку су инсталиране светиљке K-LUX (представљене у прилогу *Каталог*). Предлогом

реконструкције предвиђена је само замена натријумових извора метал-халогеним изворима од 70 W са керамичким гориоником.

Стамбена насеља (јавни простори у окружењу стамбених објеката)

У непосредном окружењу стамбених објеката који се налазе у насељима изван центра града предвиђене су амбијенталне светиљке са метал-халогеним изворима са керамичким гориоником које су адекватне у просторима у којима се људи крећу и задржавају. Вођено је рачуна да се изаберу светиљке које не емитују светлост навише, како би се редуковало светлосно загађење.

У насељу Тополице предвиђене су светиљке какве већ постоје у Малом парку, да би се истакла вредност амбијента. Реконструкција простора у насељу Старо игралиште започета је са светиљкама типа BALKAN (представљене у прилогу *Каталог*), па се у том насељу препоручују исте светиљке као замена за старе са куглама. У насељу Сењак, које припада Рватима, предвиђене су урбане светиљке KECSKEMET (представљене у прилогу *Каталог*) са метал-халогеним изворима од 70 W са керамичким гориоником, које ће се поставити на постојеће челичне стубове на којима се сада налазе неодговарајући, мали фењери.

У насељу Сточна пијаца задржава се постојеће решење са светиљкама URBANA и метал-халогеним изворима од 100 W. За насеље Дудови предвиђају се светиљке типа ALURA (представљене у прилогу *Каталог*) или K-LUX, а за насеља Ројковац и Сава светиљке типа KIO (представљене у прилогу *Каталог*).

Напомена: све предвиђене интервенције (како реконструкције, тако и нове инсталације) засноване су на следећим кључним критеријумима:

- безбедности и осећају сигурности учесника у саобраћају,
- лакој оријентацији и удобности кретања,
- енергетској ефикасности,
- адекватном истицању урбаних вредности,
- атрактивности простора,
- адекватној боји и репродукцији боја извора светлости,
- једноставном одржавању инсталације осветљења, и
- максималној редукцији светлосног загађења.

LOKACIJA (ulica / objekat)	Detalniji opis lokacije	Broj fotografije	POSTOJEĆE STANJE (geometrija saobraćajnice, opis instalacije i fotometrijski proračun)	PREDLOG REKONSTRUKCIJE	PREDLOG NOVOG REŠENJA
TABELA 19.1 ULICE KOJE ČINE GRANICU UŽEG GRADSKOG JEZGRA (UGJ)					
Kralja Aleksandra I	Glavni deo ulice (od Kralja Petra I do Ljube Nenadovića)	1725 1726 1727	2 trake 7m; stub (JO) uz ivicu kolovoza, bez lire; H~9m; drvored - svetiljke u krošnji. Svetiljke Z3 N 250 (na sl. je svetiljka Opalo, ali u pitanju je samo jedna, koja je zamenjena kada je udaren stub); Plus 4kom svetiljki AX H 125. Fotometrijski proračun tip V.	Na sve postojeće stubove (sa Z3 i sa AX svetiljkama) postaviti svetiljke tipa FURYO 3 sa metal-halogenim izvorima od 150 W sa keramičkim gorionikom. Postojeće stubove obojiti u boju svetiljke. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 1.1.	Novo rešenje podrazumeva svetiljke tipa FURYO 3 sa metal-halogenim izvorima od 150 W sa keramičkim gorionikom i toplopocinkovane čelične stubove visine 8m. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 1.1.A.
Kralja Aleksandra I	Deo od Ljube Nenadovića do Vojvode Mišića	1832 1922	2 trake 7m; Nema osvetljenja - nema ni stubova.		Rešenje podrazumeva svetiljke tipa FURYO 3 sa metal-halogenim izvorima od 150 W sa keramičkim gorionikom i toplopocinkovane čelične stubove visine 8m. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 1.1.A.

Kralja Aleksandra I	Deo od Kralja Petra I do Vojvode Putnika		Izgradnja ulice u toku.		Rešenje podrazumeva svetiljke tipa FURYO 3 sa metal-halogenim izvorima od 150 W sa keramičkim gorionikom i toplopocinkovane čelične stubove visine 8m. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 1.1.A.
Autobuska stanica	Pogled od Karađorđeve i Vuka Karadžića	1944 1947	Stub JO bez lire H~9m; stare svetiljke tipa Z.	Na postojeće stubove postaviti svetiljke tipa ONYX 2 sa metal-halogenim izvorima sa keramičkim gorionikom od 100 W, sa lirom dužine 1 m. Postojeće stubove obojiti u boju svetiljke. Temperatura boje izvora ~3000K.	Novo rešenje podrazumeva svetiljke tipa ONYX 2 sa metal-halogenim izvorima od 100 W sa keramičkim gorionikom i toplopocinkovane čelične stubove visine 8 m. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 2.1.
Kralja Petra I	Deo od Kralja Aleksandra I; Deo kod Vojvode Mišića i Uzun Mirkove i pogled ka crkvi.	1732 i 33 1749 i 50	2 trake 8m; stub (ED+nadogradjena lira) H~9m; lira ~1m (preves 0,5) nagib ~ 5-10; Z2 N 250. Fotometrijski proračun tip III.	Na postojeće betonske stubove postaviti lire od 0,8 m i svetiljke tipa FURYO 3 sa metal-halogenim izvorom od 150 W sa keramičkim gorionikom. Svetiljke postaviti na visinu od 8 m. Postojeće stubove obojiti u boju svetiljke. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 1.2. Rekonstrukcija se predlaže samo u slučaju finansijskih ograničenja koja onemogućavaju novo rešenje.	Novo rešenje podrazumeva svetiljke tipa FURYO 3 sa metal-halogenim izvorima od 150 W sa keramičkim gorionikom i odgovarajuće toplopocinkovane čelične stubove (iste boje kao svetiljka) visine 8m, sa lirom od 0,8 m. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 1.2. Nadzemne vodove zameniti podzemnom kablovskom instalacijom.

Miloša Obrenovića	Glavni deo ulice; Kod biblioteke; kod pošte (peš.zona)	1776/77/78 1800/01	2 trake 7m; stub (ED+nadogradjena lira) H~9m; lira ~1m (preves 0,5); nagib ~ 5-10; Z N 250. Fotometrijski proračun tip III.	Na postojeće betonske stubove postaviti lire od 0,8 m i svetiljke tipa FURYO 3 sa metal-halogenim izvorom od 150 W sa keramičkim gorionikom. Svetiljke postaviti na visinu od 8 m. Postojeće stubove obojiti u boju svetiljke. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 1.2. Rekonstrukcija se predlaže samo u slučaju finansijskih ograničenja koja onemogućavaju novo rešenje.	Novo rešenje podrazumeva svetiljke tipa FURYO 3 sa metal-halogenim izvorima od 150 W sa keramičkim gorionikom i odgovarajuće toplopocinkovane čelične stubove (iste boje kao svetiljka) visine 8 m. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 1.2. Nadzemne vodove zameniti podzemnom kablovskom instalacijom.
Miloša Obrenovića	Od ul. Kralja Petra I do raskrsnice sa putem koji vodi do izletišta „Zabran”	1853	2 trake 7m; stub (JO) H~9m, bez lire; Granica različitih stubova (JO i ED) je na raskrsnici kod škole i crkve; Instalacija ka putu za BG se završava iza hotela, sledi neosvetljeni deo, pa je put za Beograd osvetljen tek u Bariču; Z2 N 250; Fotometrijski proračun tip III.	Važi isto kao za glavni deo ul. Miloša Obrenovića.	Važi isto kao za glavni deo ul. Miloša Obrenovića.

Ljube Nenadovića	Deo ka ul. Miloša Obrenovića pored naselja Stočna pijaca;	1833	2 trake 7m; stub (ED+nadogradjena lira) H~9m; lira ~1,5m (preves 0,5) nagib ~ 5;	Na postojeće betonske stubove postaviti lire od 0,8 m i svetiljke tipa FURYO 3 sa metal-halogenim izvorima od 150 W sa keramičkim gorionikom. Svetiljke postaviti na visinu od 8 m. Postojeće stubove obojiti u boju svetiljke.	Novo rešenje podrazumeva svetiljke tipa FURYO 3 sa metal-halogenim izvorima od 150 W sa keramičkim gorionikom i odgovarajuće toplopocinkovane čelične stubove (iste boje kao svetiljka) visine 8 m sa lirom od 0,8 m.
	Raskrsnica sa V.Mišića - deo ulice ka Kralja Aleksandra I;	1840	Opalo 3 N 150	Temperatura boje izvora ~3000K.	Temperatura boje izvora ~3000K.
	Pogled iz A. Rajsa, raskrsnica sa Kralja Aleksandra I	1921	Fotometrijski proračun tip 6.2.	Fotometrijski proračun tip 1.2. Rekonstrukcija se predlaže samo u slučaju finansijskih ograničenja koja onemogućavaju novo rešenje.	Fotometrijski proračun tip 1.2. Nadzemne vodove zameniti podzemnom kablovskom instalacijom.

PODUŽNI PRAVCI UNUTAR UŽEG GRADSKOG JEZGRA

Vuka Karadžića (1)	Deo ispred JP za izgradnju	1705 1706	2 trake 7m + parking (5m);stub (JO) uz ivicu kolovoza, bez lire;H~8m; Z2H 250. Fotometrijski proračun tip I.	Na postojeće stubove postaviti svetiljke tipa CITEA MIDI sa metal-halogenim izvorima od 150 W sa keramičkim gorionikom. Svetiljke postaviti na visinu od 8 m. Postojeće stubove obojiti u boju svetiljke. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 3.1.	Novo rešenje podrazumeva svetiljke tipa CITEA MIDI sa metal-halogenim izvorima od 150 W sa keramičkim gorionikom i odgovarajuće toplopocinkovane čelične stubove visine 8 m. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 3.1.
--------------------	----------------------------	--------------	--	---	--

Vuka Karadžića (2)	Drugi deo ulice, ka ul. Kralja Aleksandra; Deo naselja „Staro igralište” bez osvetljenja	1728 1729 1730	Isto kao VK(1), fotografija 1705 Z H 250 ulica, i AX H 125 parkinzi. Fotometrijski proračun tip I.	Na postojeće stubove postaviti svetiljke tipa CITEA MIDI sa metal-halogenim izvorima od 150W sa keramičkim gorionikom. Svetiljke postaviti na visinu od 8 m. Postojeće stubove obojiti u boju svetiljke. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 3.1.	Novo rešenje podrazumeva svetiljke tipa CITEA MIDI sa metal-halogenim izvorima od 150 W sa keramičkim gorionikom i odgovarajuće toplopocinkovane čelične stubove visine 8 m. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 3.1.
Vuka Karadžića (3)	Glavni deo ulice: od Kralja Petra	1734 1735	2 trake 7m; stub (ED+nadogradjena lira) H~9m; lira ~2m (preves 1,5) nagib veliki ~30; drvored - svetiljke su lirom delimično izvučene iz krošnje Z2 N 250. Fotometrijski proračun tip IV.	Na postojeće stubove postaviti odgovarajuće lire dužine 2 m i svetiljke tipa CITEA MIDI sa metal-halogenim izvorom od 150 W sa keramičkim gorionikom. Svetiljke postaviti na visinu od 8 m. Postojeće stubove obojiti u boju svetiljke. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 3.2. Rekonstrukcija se predlaže samo u slučaju finansijskih ograničenja koja onemogućavaju novo rešenje.	Novo rešenje podrazumeva svetiljke tipa CITEA MIDI sa metal-halogenim izvorima od 150 W sa keramičkim gorionikom i odgovarajuće toplopocinkovane čelične stubove (iste boje kao svetiljka) visine 8 m, sa lirom od 2 m. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 3.2. Nadzemne vodove zameniti podzemnom kablovskom instalacijom.
Vuka Karadžića (4)	Glavni deo ulice (srednji deo)	1823 1824	slično kao VK(3), stub JO; nagib nije veliki kao kod VK(3) ~5, ostalo isto; Z2 N 250. Fotometrijski proračun tip IV.	Na postojeće stubove postaviti odgovarajuće lire dužine 2 m i svetiljke tipa CITEA MIDI sa metal-halogenim izvorom od 150 W sa keramičkim gorionikom. Svetiljke postaviti na visinu od 8 m. Postojeće stubove obojiti u boju svetiljke. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 3.2. Rekonstrukcija se predlaže samo u slučaju finansijskih ograničenja koja onemogućavaju novo rešenje.	Novo rešenje podrazumeva svetiljke tipa CITEA MIDI sa metal-halogenim izvorima od 150 W sa keramičkim gorionikom i odgovarajuće toplopocinkovane čelične stubove (iste boje kao svetiljka) visine 8 m, sa lirom od 2 m. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 3.2. Nadzemne vodove zameniti podzemnom kablovskom instalacijom.

Vojvode Mišića (od Kralja Petra I do Kralja Aleksandra I)	Kod Sokolskog doma;	1751/53/55	2 trake 7m; stub (ED+nadogradjena lira) H~8-9m;	Na postojeće stubove postaviti odgovarajuće lire dužine 2 m i svetiljke tipa CITEA MIDI sa metal-halogenim izvorom od 150 W sa keramičkim gorionikom. Svetiljke postaviti na visinu od 8 m. Postojeće stubove obojiti u boju svetiljke.	Novo rešenje podrazumeva svetiljke tipa CITEA MIDI sa metal-halogenim izvorima od 150 W sa keramičkim gorionikom i odgovarajuće toplopocinkovane čelične stubove (iste boje kao svetiljka) visine 8 m, sa lirom od 2 m.
	Od Zelene pijace ka Karadjordjevoj; raskrsnica sa ul. Ljube Nenadovića;	1789/90	lira ~1m (preves 0,5) nagib ~ 5-10; raskošan drvored;	Temperatura boje izvora ~3000K.	Temperatura boje izvora ~3000K.
	Pogled ka centru;	1841/42	Fotometrijski proračun tip III.	Fotometrijski proračun tip 3.2.	Fotometrijski proračun tip 3.2.
	Pogled od centra	1842/1929		Rekonstrukcija se predlaže samo u slučaju finansijskih ograničenja koja onemogućavaju novo rešenje.	Nadzemne vodove zameniti podzemnom kablovskom instalacijom.
Uzun Mirkova	Od Kralja Petra I ka "Malom" Parku	1736 1737	2 trake 6m; stub (ED+nadogr.lira) H~8m; lira ~1m (preves 0,5) nagib ~ 5-10; Z2 N 250. Fotometrijski proračun tip IV.	Na postojeće stubove postaviti odgovarajuće lire dužine 1 m i svetiljke tipa CITEA MIDI sa metal-halogenim izvorom od 100 W sa keramičkim gorionikom. Svetiljke postaviti na visinu od 8 m. Postojeće stubove obojiti u boju svetiljke. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 3.3. Rekonstrukcija se predlaže samo u slučaju finansijskih ograničenja koja onemogućavaju novo rešenje.	Novo rešenje podrazumeva svetiljke tipa CITEA MIDI sa metal-halogenim izvorima od 100 W sa keramičkim gorionikom i odgovarajuće toplopocinkovane čelične stubove (iste boje kao svetiljka) visine 8 m, sa lirom od 1 m. Temperatura boje izvora ~3000K. Fotometrijski proračun tip 3.3. Nadzemne vodove zameniti podzemnom kablovskom instalacijom.

PEŠAČKA ZONA

Karadjordjeva - Pešačka zona	Karadjordjeva od V. Karadžića do M. Obrenovića je pretvorena u pešačku zonu koju preseca saobraćajnica Vojvode Mišića	1791 do 1806			Novo rešenje podrazumeva svetiljke tipa THYLIA sa metal-halogenim izvorima sa keramičkim gorionikom i odgovarajuće toplopocinkovane čelične stubove (iste boje kao svetiljka). Temperatura boje izvora ~3000K. Neophodna je izrada odgovarajućeg projekta.
Karadjordjeva - Pešačka zona	od Vojvode Mišića do M. Obrenovića (svi značajni objekti su u ovom delu)	1791 i 1794 do 1805	Urbana svetiljka Intra N 70		
Karadjordjeva - Pešačka zona	Od Vojvode Mišića do V. Karadžića (ka parku) - pogled iz Vojvode Mišića	1792 1793 1806	Urbana svetiljka Intra I 100		
Karadjordjeva	od V. Karadžića do Kralja Aleksandra I - saobraćajnica sa odvojenim trotoarom	1817 do 1820; 1940 1941	Raskošan dvostruki drvored; stub JO sa dvokrakom lirom ~2x1m, nagib 5 (ka saob. i ka tr.) H~8m; Širina: trotoar i drvored (3m), saobraćajnica 7m, drvored i parking 5m, trotoar 3-4 m; Z N 250; dve svetiljke na stubu; Stub sa dvokrakom lirom: ka saobraćajnici i ka trotoaru; stubovi sa jedne strane ulice.		Kako bi ovaj deo ulice bio u skladu sa delom iste ulice koji predstavlja pešačku zonu, novo rešenje podrazumeva svetiljke tipa THYLIA sa metal-halogenim izvorima sa keramičkim gorionikom i odgovarajuće toplopocinkovane čelične stubove (iste boje kao svetiljka). Temperatura boje izvora ~3000K. Neophodna je izrada odgovarajućeg projekta.

PARKOVI

Park heroja	Uz pešačku zonu	1807 do 1812	NEMO stubovi (svetiljke) sa MH izvorima, kao i svetiljke u pešačkoj zoni (urbana svetiljka Intra I 100).		Zadržati postojeće stubove (svetiljke) NEMO. Novo rešenje podrazumeva da se umesto postojećih urbanih svetiljki Intra I 100 instaliraju svetiljke tipa THYLIA sa metal-halogenim izvorima sa keramičkim gorionikom i odgovarajući toplopocinkovani čelični stubovi (iste boje kao svetiljka). Temperatura boje svih izvora ~3000K. Neophodna je izrada odgovarajućeg projekta.
Mali park u naselju Topolice	Uz ul. Kralja Aleksandra I i Uzun Mirkovu	1738 1739 1740 1744	Stub JO H~4m; K-LUX N 70.	Zameniti natrijumove izvore svetlosti metal-halogenim izvorima od 70 W sa keramičkim gorionikom. Temperatura boje izvora ~3000K.	

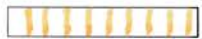
KARTA 1: Ulice sa metal-halogenim i natrijumovim izvorima svetlosti

LEGENDA

-  Ulice sa metal-halogenim izvorima
-  Ulice sa natrijumovim izvorima

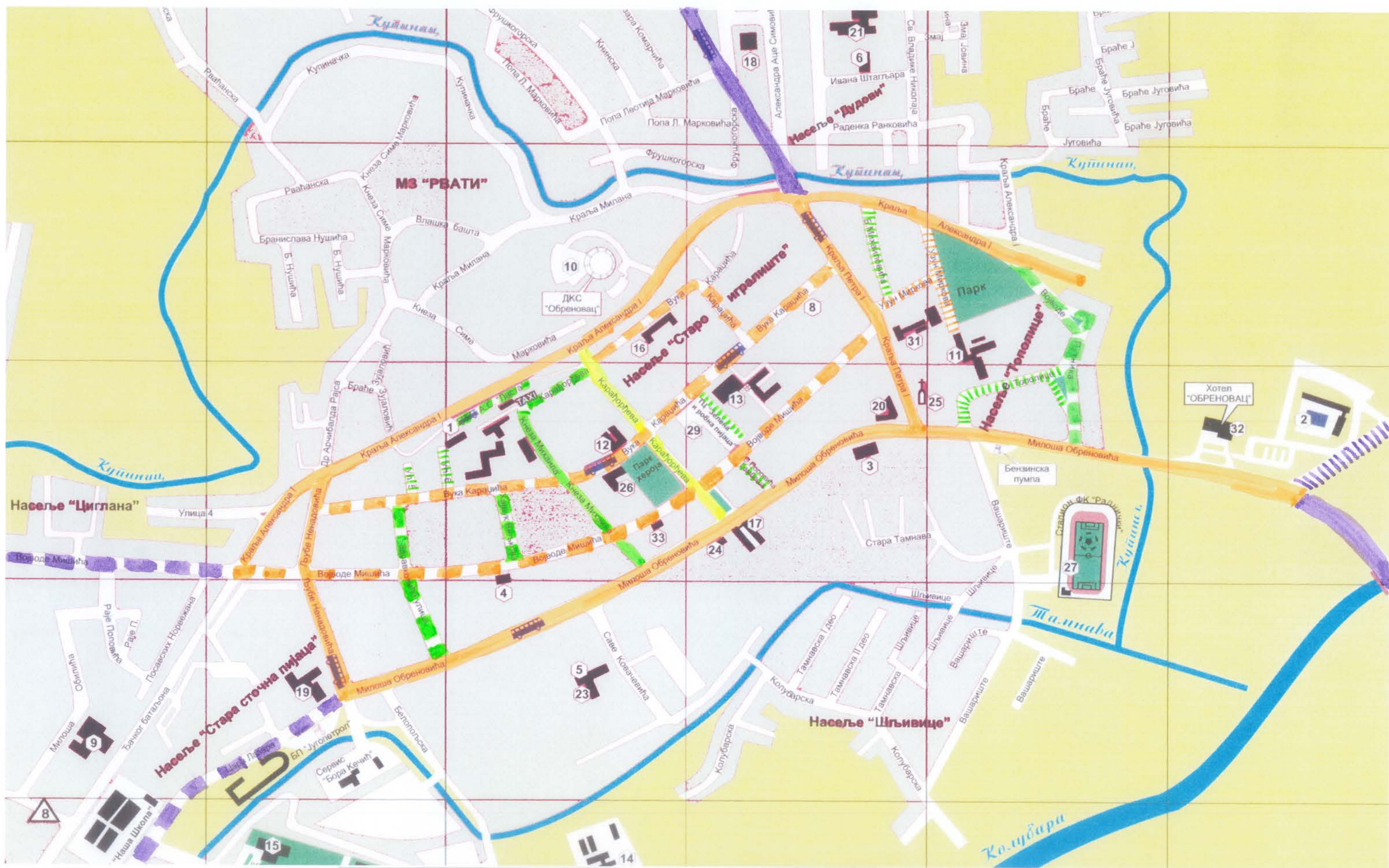
KARTA 2: Prikaz svetiljki sa izvorima svetlosti u užem gradskom jezgru

LEGENDA

-  FURYO 3 MH 150
-  CITEA MIDI MH 150
-  CITEA MIDI MH 100
-  THYLIA MH
-  ONYX 2 MH 150
-  ONYX 2 MH 100
-  NANO 1 MH 70
-  ONYX 2 N 150
-  OPALO 3 N 150
-  OPALO 1 N 70



KARTA 1: Ulice sa metal-halogenim i natrijumovim izvorima svetlosti



KARTA 2: Prikaz svetiljki sa izvorima svetlosti u užem gradskom jezgru

19.2. Архитектонско осветљење значајних објеката у Обреновцу

Пример 1: Соколски дом

Зграда Соколског дома, која је изграђена 1930. године, налази се у Улици војводе Мишића (слика 19.1). Пошто је зграда сагледива искључиво из уличне визуре, неопходно је осветлити само њену главну фасаду. Осим две улазне вертикале (куле) које доминирају у архитектури објекта, најзначајнији је централни фасадни лучни елемент на коме се налази амблем соколског удружења. Архитектонски једноставна фасада објекта садржи лучне прозоре са доминантним аркадама.



Слика 19.1 Зграда Соколског дома

Осветљењем објекта је потребно нагласити пре свега лучну фасадну нишу која садржи амблем соколског удружења, затим улазне куле и коначно низове прозора са аркадама. Како бела боја фасаде има одличну способност рефлексије светлости, и како у окружењу нема осветљених објеката, није неопходна велика осветљеност површине фасаде. Иако на фасади доминира бела боја, лукови су наглашени светлом теракотом, због чега треба водити рачуна о томе да се примене извори светлости одличне репродукције боја ($Ra \geq 80$).

Боја светлости може да буде у распону од 2700 до 4000K, али се, с обзиром на боје фасаде, препоручује топла боја светлости (до 3300K).

Коси кров објекта је прилично сагледив из уличне визуре, па би требало да буде обухваћен спољним осветљењем објекта. Препоручује се равномерно осветљење кровних површина. С обзиром на велику површину крова у односу на површину сагледиве фасаде, требало би да буде благо осветљен. Црвена боја црепа најбоље ће се истаћи применом светлости топле боје. Препоручује се да температура боје светлости којом се осветљава кровна површина буде слична температури боје светлости којом се осветљава фасада.

На кулама (слика 19.2) пожељно је истаћи прозоре, таласасте кровни елемент изнад прозора и розету непосредно изнад таласастог крова. Поред предње, неопходно је осветлити и бочне стране кула, које су такође видљиве из уличне визуре. Интересантно је да су оба улаза у објекат најдискретнији архитектонски елементи. Уколико постоје подаци о оригиналним светиљкама које су можда постојале изнад улаза, препоручује се њихова реконструкција и поновна уградња. У том случају боја светлости сијалица треба да буде усклађена са бојом светлости осталих извора.



Слика 19.2 Куле Соколског дома

Црна површина прозорских стакала не доприноси имиџу објекта у ноћним условима. Ради уштеде енергије, овде се препоручује искључено унутрашње осветљење и постављање унутрашњих застора који би били спуштени иза стакла (са унутрашње стране прозора), тако да се и од њих рефлектује

светлост упућена прозорским отворима. Препоручују се застори боје теракота, тамније нијансе од боје којом су истакнуте аркаде на фасади.

С обзиром на то да је на фасади објекта потребно истаћи површине које нису великих димензија, препоручује се постављање светиљки на саму фасаду или у њеној непосредној близини. Осветљење крова се једноставније и економичније решава постављањем светиљки на извесној дистанци (коришћењем уличних стубова или других вертикалних елемената у непосредном окружењу). Позиција и усмерење светиљки треба да обезбеде да не дође до појаве бљештања у видном пољу возача и пролазника. Уколико је неопходно, додатно усмерење светлосног снопа треба да се оствари помоћу штитника.

Пример 2: Дом културе и спорта „Обреновац”

Зграда Дома културе и спорта налази се непосредно изван ужег градског језгра. Представља самосталан објекат кружне основе, коме је омогућен слободан приступ са свих страна. Конструкција објекта је од бетона, који је обојен у бело, а доминантна су радијална зидна платна која су видна у спољном простору, као и бетонска плитка купола. Већи део фасаде је застакљен, док је пуна површина фасаде сиве боје (слика 19.3).

Пошто је главни улаз врло уочљив, а фасада у овом делу објекта углавном стаклена, препоручује се осветљење овог дела фасаде изнутра, уз осветљење степеништа споља. Адекватна је неутрална бела боја светлости од 4000 K, која је примерена и за осветљење белих бетонских површина. И сви остали улази треба да буду осветљени на исти начин, мада интензитет светлости не мора да буде исти. Треба нагласити да је неопходна реконструкција објекта у смислу санације спољних површина пре него што се инсталира архитектонско осветљење. Препоручује се осветљење конструкције (белих зидних радијалних елемената), као и прстенасте бетонске греде у основи кровне куполе. Интензитет светлости може да буде умерен, с обзиром на то да се ради о белој површини која одлично рефлектује светлост и да у непосредном окружењу нема осветљених објеката. Не препоручује се посебно осветљење фасадних елемената између радијалних зидова.



Слика 19.3 Дом културе и спорта „Обреновац”

Једна од важних одлика програма који се реализују у згради Дома културе и спорта је динамичност. То је разлог за планирање динамичног и атрактивног осветљења које ће да сугерише квалитет садржаја, а које је могуће због изоловане позиције објекта. Пошто је осветљење куполе важно за истицање објекта, она се може осветлити применом светлости у боји или динамичним осветљењем, које може да се реализује применом LED извора. На белим радијалним зидним платнима препоручује се неутрална бела боја светлости од 4000 К, али се може применити и светлост у боји.

Непосредно окружење Дома културе и спорта треба да буде тако осветљено да се омогући безбедан и сигуран пешачки ток око целог објекта. Због окупљања великог броја људи, све поплочане површине треба да буду осветљене. Осветљење непосредног окружења треба да се реализује светиљкама које ће деловати модерно и атрактивно. Постојећи стубови и светиљке у облику лопти нису примерени за ову сврху. Осим на постојећим позицијама, нове стубове са светиљкама са метал-халогеним изворима са керамичким гориоником температуре боје 4000 К треба извести на још четири додатна места:

- на два угла ружичњака са спомеником који су ближи објекту,

- на углу травњака који се налази на укрштању платоа испред улаза за гледаоце и кружне стазе око објекта, и
- уз ограду суседне парцеле испред улаза за гледаоце, а између два постојећа стуба.

Због значаја објекта и уређености непосредног окружења, требало би осветлити и одређене детаље пејзажне архитектуре који ће допринети привlačности амбијента. Ово се посебно односи на четири раскошна зимзелена дрвета испред главног улаза (слика 19.4). Препоручује се и осветљење платана који је најближи улазу за гледаоце (такође сагледив из уличне визуре). За осветљење зеленила је важно применити изворе светлости одличне репродукције боја, па се зато препоручују метал-халогени извори са керамичким гориоником, чији је индекс репродукције боја $R_a \geq 80$.



Слика 19.4 Дом културе и спорта „Обреновац” - детаљи пејзажне архитектуре

Потребно је осветлити и споменик палим борцима са двоглавим орлом, који се налази у ружичњаку испред Дома културе и спорта. И у овом случају се препоручују извори светлости температуре боје око 4000 K и одличне репродукције боја. Најбољи ефекат се може постићи применом LED извора или метал-халогених извора са керамичким гориоником.

Пример 3: Чесма на Тргу Зорана Ђинђића

Изведена као слободностојећи објекат у парковском амбијенту Трга Зорана Ђинђића, чесма је постављена у центар осмишљене зелене композиције, са клупама које су у великој мери заштићене од сунца (слика 19.5). Како се не би нарушио амбијент, не предвиђа се посебно осветљење чесме, него се препоручује употреба стубова са светиљком типа *THYLIA*, са метал-халогеним изворима светлости са керамичким гориоником, температуре боје 3000 К. Стубови треба да су у оси чесме, по један са сваке главне стране. Висина светиљки треба да буде око 4 метра. Светиљке треба поставити иза клупа у односу на позицију чесме или у оквиру самог низа клупа, ако ће се вршити замена постојећих дрвених клупа металним, које су дизајниране у складу са стубом.



Слика 19.5 Чесма

Пример 4: Фонтане испред зграде Скупштине општине Обреновац

Испред главног улаза у зграду Скупштине општине Обреновац налазе се две фонтане, које су физички одвојене, али представљају јединствену композициону целину (слике 19.6 и 19.7). Фонтане садрже вертикална стаклена платна кроз која протиче вода. Осветљење фонтана је неопходно, како би се употпунио ноћни доживљај. Препоручује се постављање светиљки у подножју сваког стакленог платна. Боја светлости може да буде бела и статична, монохроматска или динамична. Режим рада осветљења фонтана може да се усклади са режимом јавног осветљења или може бити независан, тако да се пали и гаси у одређено време. Није неопходно да светиљке буду укључене током целе ноћи. Градска управа треба да одреди период у коме ће радити и потпуно је прихватљиво да се осветљење фонтана гаси после 01^h.



Слика 19.6 Фонтана испред зграде Скупштине општине Обреновац



Слика 19.7 Фонтане испред зграде Скупштине општине Обреновац

19.3. Архитектонско осветљење значајних објеката у Јужном Витлејему, САД

Пример 1: Flat Iron Building

Као јединствена структура која поносно стоји на раскрсници Четврте улице и Бродвеја, овај репер, приказан на слици 19.8, може и ноћу да буде препознатљив као дању. Горњи део зграде треба да буде осветљен помоћу тачкастих рефлектора са сијалицама велике снаге да би се нагласили пиластри и венац. Доњи део објекта може да се осветли помоћу расуте светлости која одоздо осветљава дрвеће (слике 19.9 и 19.10).



Слика 19.8 Фотографија зграде

Рефлектори уграђени у тротоар, који осветљавају дрвеће и доњи део објекта

Јаки вертикални акценти, које треба постићи тачкастим рефлекторима



Нагласити вертикалне елементе зграде применом усконопних рефлектора усмерених навише

Декоративне светилке које истичу главни улаз

Слика 19.9 Скица зграде



Слика 19.10 Компјутерска анимација осветљења *Flat Iron Building*

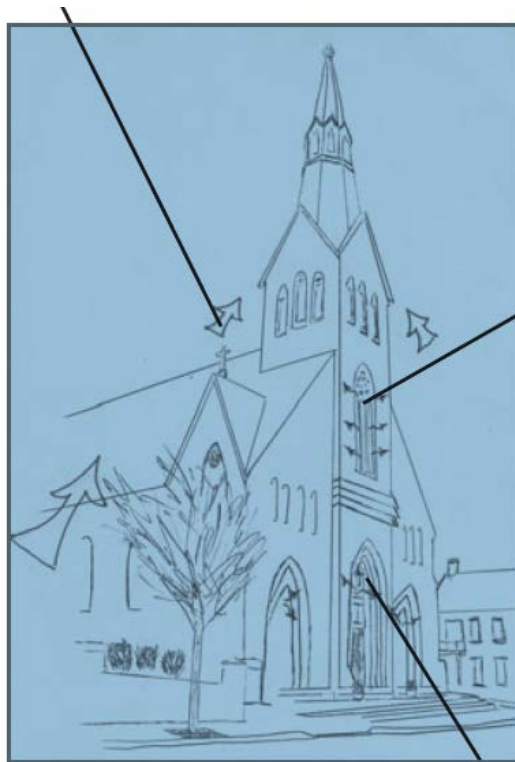
Пример 2: Holy Infancy Church

Пошто је видљив из свих визура јужног дела Витлејема, торањ цркве је одличан пример структуре која служи као оријентир (слика 19.11). Торањ треба да се осветли помоћу снажних тачкастих рефлектора постављених на оближњим објектима или на стубовима уличног осветљења. Витражи на прозорима, тренутно осветљени изнутра, треба да се осветле на исти начин, али уз замену постојећег извора светлости сијалицом хладне боје, да би се нагласили плави тонови стакла (негативно осветљење). Зидне светиљке на главном улазу треба да се замене декоративним светиљкама које ће нагласити нижи део цркве и привући посетиоце (слике 19.12 и 19.13).



Слика 19.11 Фотографија цркве

Тачкасти рефлектори који
осветљавају торањ



Осветљење
витража изнутра
које повезује
доњи део зграде
са торњем

Слика 19.12 Скица цркве

Декоративне светиљке које
обезбеђују привлачни изглед
доњег дела цркве



Слика 19.13 Компјутерска анимација осветљења *Holy Infancy Church*

Референце

- [1] М. Костић и Л. Ђокић, “Мастерплан јавног функционалног осветљења Обреновца” (студија), Наручилац: ЈП за изградњу Обреновца, 2009.
- [2] Л. Ђокић, М. Костић и А. Костић, “Мастерплан јавног декоративног осветљења Обреновца” (студија), Наручилац: ЈП за изградњу Обреновца, 2009.
- [3] Brinjac Engineering, “Highlighting South Bethlehem – an architectural lighting plan”, 2002.