

UNIVERZA V NOVI GORICI
POSLOVNO-TEHNIŠKA FAKULTETA

**MODELIRANJE, VREDNOTENJE IN IZBIRA VARIANT
RAZSVETLJAVE ZUNANJEGA OKOLJA**

DIPLOMSKO DELO

Jani Koncut

Mentor: prof. dr. Marko Bohanec

Nova Gorica, 2013

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomskega dela se, za strokovno usmerjanje in nasvete, zahvaljujem mentorju prof. dr. Marku Bohancu. Prav tako se zahvaljujem podjetju Envigence d. o. o. za pomoč in možnost izvedbe diplomskega dela. Posebna zahvala pa gre moji družini, ki mi je omogočala študij, me spodbujala in mi stala ob strani.

NASLOV

Modeliranje, vrednotenje in izbira variant razsvetljave zunanjega okolja

IZVLEČEK

Javna razsvetjava je eden najpomembnejših segmentov zagotavljanja prometne in osebne varnosti v pogojih zmanjšane vidljivosti, ki pa je nemalokrat tudi velik porabnik električne energije. Pri načrtovanju razsvetljave, je pomembno uskladiti več nasprotujočih si dejavnikov, kot so: osvetlitev okolja, učinkovita poraba energije, ekonomičnost in trajnost rešitve, zanesljivost in varnost, vključenost v okolje in izpolnjevanje estetskih meril. Zato je pomembno, da možne rešitve še pred realizacijo natančno analiziramo in ovrednotimo. V diplomskem delu je predstavljen pomen javne razsvetljave v njenih dobrih in slabih straneh. Prikazano je pravilno projektiranje zunanje razsvetljave na primeru ceste čez solkanski most, ter predlog menjave sedanjih svetil. Med sabo smo primerjali različne proizvajalce LED svetil Siteco, Hella ter Philips. Najprimernejša svetila smo primerjali z različnih zornih kotov in izbrali najboljšo rešitev, Hellino svetilko. Predlog smo ovrednotili še s SWOT analizo.

KLJUČNE BESEDE

javna razsvetjava, osvetljenost, svetila, cesta, parametri

TITLE

Modeling, evaluation and selection of illumination setups in external environment

ABSTRACT

Public street lighting is one of the essential sections for ensuring traffic and personal safety in conditions of decreased visual acuity but also a major consumer of electric energy. When planning street lighting, it is important to coordinate many conflicting factors, for example: illumination of the environment, efficient energy use, economy and sustainability of the solution, reliability and security, environmental integration and achieving of aesthetic criteria. Therefore, it is important to analyse and evaluate the possible solutions before the actual realization. In this thesis, we present the importance of street lighting with its pros and cons. we demonstrate the appropriate construction of public street lighting in the case of the road above Solkanskibridge and discuss the replacement of current lights. We compared various manufacturers of LED lighting: Siteco, Hella and Philips. The most appropriate lights were compared from different perspectives and Hella's light was chosen as the best possible solution. The hypothesis has also been evaluated with the SWOT analysis.

KEYWORDS

street lighting,illumination,lighting,road,parameters

KAZALO

1	UVOD	1
1.1	Namen in cilji.....	1
1.2	Metode dela.....	2
2	ZUNANJA RAZSVETLJAVA.....	4
2.1	Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja	4
2.2	Rešitve zunanje razsvetljave podjetja Evigence	6
3	PROJEKTIRANJE CESTNE RAZSVETLJAVE.....	9
4	MODELIRANJE IN VREDNOTENJE REŠITEV RAZSVETLJAVE SOLKANSKEGA MOSTA	18
4.1	Računalniški program DIALux	18
4.2	Opis izbranega zunanjega položaja.....	20
4.3	Zbiranje podatkov za izbran položaj.....	21
4.4	Izbira svetlobno-tehničnega razreda	28
4.5	Vrednotenje rezultatov različnih proizvajalcev LED svetil.....	36
4.5.1	LED svetila Siteco	36
4.5.2	LED svetila Hella.....	38
4.5.3	Philips LED svetila	39
4.6	Modeliranje najboljše rešitve.....	41
4.6.1	Varianta Siteco.....	41
4.6.2	Varianta Hella	43
4.6.3	Varianta Philips.....	45

4.7	Prednosti in slabosti menjave	47
4.7.1	Življenjska kakovost	48
4.7.2	Tehnična kakovost	49
4.7.3	Finančna ustreznost.....	50
4.7.4	Ekološka kakovost	52
5	ANALIZA SWOT.....	54
5.1	Prednosti	55
5.2	Slabosti.....	55
5.3	Priložnosti	55
5.4	Nevarnosti	55
6	ZAKLJUČKI.....	56
7	LITERATURA.....	57

KAZALO SLIK

Slika 1: Nočna satelitska slika Evrope	5
Slika 2: Primer porasta praga zaznavanja	15
Slika 3: Omejevanje bleščanja	15
Slika 4: CIE-q diagram.....	16
Slika 5: Prikaz simulacije osvetlitve s pomočjo DIALuxa.....	19
Slika 6: Modeliranje s programom DIALux	19
Slika 7: Solkanski most.....	20
Slika 8: 3D prikaz modeliranja ceste čez solkanski most s programom DIALux.....	21
Slika 9: Postavitev svetil na solkanskem mostu.....	27
Slika 10: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda.....	29
Slika 11: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda.....	29
Slika 12: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda.....	30
Slika 13: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda.....	30
Slika 14: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda.....	31
Slika 15: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda.....	32
Slika 16: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda.....	32
Slika 17: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda.....	33
Slika 18: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda.....	34
Slika 19: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda.....	34
Slika 20: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda.....	35

Slika 21: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda.....	35
Slika 22: Večparametrski prikaz doseženih rezultatov Siteco svetil.....	37
Slika 23: Večparametrski prikaz rezultatov Hella svetil	39
Slika 24: Več parametrski prikaz rezultatov Philipsovih svetil	40
Slika 25: Siteco 5XA5821D1A08 Streetlight 10 midi LED	42
Slika 26: Prikaz napačnih barv na cesti s svetilko Siteco 5XA5821D1A08 Streetlight 10 midi LED.....	42
Slika 27: Prikaz ceste s svetilko Siteco 5XA5821D1A08 Streetlight 10 midi LED v pogledu POV-Ray	43
Slika 28: Hella Esl_Carm4 Eco StreetLine Case (M – Asym.Rec.)	44
Slika 29: Prikaz napačnih barv na cesti z svetilko Hella Esl_Carm4 Eco StreetLine Case (M – Asym.Rec.)	44
Slika 30: Prikaz ceste s svetilko Hella Esl_Carm4 Eco StreetLine Case (M – Asym.Rec.) v pogledu POV-Ray	45
Slika 31: Philips BGP 322 DX.....	46
Slika 32: Prikaz napačnih barv na cesti s svetilko Philips BGP 322 DX.....	46
Slika 33: Prikaz ceste s svetilko Philips BGP 322 DX v pogledu POV-Ray.....	47
Slika 34: Povezave med različnimi platmi.....	48
Slika 35: Elektrokovina CD	48
Slika 36: Več parametrski prikaz rezultatov najustrežnejših svetil treh proizvajalcev	49
Slika 37: Prikaz stroškov porabe električne energije svetil v petih letih	52

KAZALO TABEL

Tabela 1: Priporočila in standardi svetlosti v odvisnosti od parametrov prometa in ceste.....	11
Tabela 2: Osnovna razvrstitev svetlobno-tehničnih položajev	12
Tabela 3: Izbira ustreznega razreda iz skupine položajev	13
Tabela 4: Zahteve za razrede skupine M.....	13
Tabela 5: Prikaz različnih svetlosti (Potočnik, 2012)	14
Tabela 6: Popis svetil na solkanskem mostu.....	23
Tabela 7: Prikaz ceste.....	24
Tabela 8: Prikaz postavljenih drogov.....	24
Tabela 9: Podatki o svetilih na mostu	25
Tabela 10: Različni tipi konzol	26
Tabela 11: Podatki o odjemnem mestu in cesti.....	28
Tabela 12: Svetlobno-tehnični parametri za osvetlitveni razred ME5.....	36
Tabela 13: Rezultati Siteco svetil.....	37
Tabela 14: Rezultati Hellinih svetil.....	38
Tabela 15: Rezultati Philipsovih svetil	40
Tabela 16: Primerjava porabe električne energije med svetili	51
Tabela 17: Prikaz stroškov porabe električne energije svetil v petih letih.....	52

1 UVOD

Dobro videti in biti dobro viden, to je osnova za dobro razsvetljavo. Osnova za dober vid je ustrezna svetlost določenega položaja, ki zagotavlja ustrezno adaptacijo očesa in s tem dober pogled na okolje. Naloga zunanje razsvetljave je zagotoviti ustrezno svetlost določene okolice. Ustrezna svetloba ali razsvetljava pripomore k večjemu občutku varnosti v okolju. Dobro osvetljeno okolje prispeva tudi k zmanjševanju prometnih nesreč in nesreč, v katerih so udeleženi pešci ali kolesarji. Pri povečani svetlosti okolja se zmanjša tudi število kriminalnih dejanj. Pri kakovosti zunanje razsvetljave je treba uskladiti štiri plati, in sicer življenjsko, tehnično, finančno in ekološko plat. Hkrati pa ne smemo zanemariti niti negativnega vpliva, ki ga ima lahko napačno postavljena razsvetljava. Mislimo predvsem na potrošnjo prevelike količine električne energije ter svetlobno onesnaževanje.

Modeliranje je ena izmed tehnik, ki nam pomaga reproducirati določen položaj v virtualni obliki. Tako lahko med seboj primerjamo različne načine reševanja problema brez takojšnjega posega v okolje. S tem pa izbrano rešitev ovrednotimo, še preden jo realiziramo.

V tem diplomskem delu modeliramo razsvetljavo na cesti čez solkanski most. V delu smo modelirali zunanjo okolico, ovrednotili različne proizvajalce svetil za zunanjo razsvetljavo in oblikovali predlog najboljše rešitve pri projektiranju razsvetljave izbranega položaja v zunanjem okolju. Modeliranje je izvedeno s pomočjo računalniškega programa DIALux.

1.1 Namen in cilji

Namen diplomskega dela je predstaviti problematiko zamenjave zastarele zunanje razsvetljave z novejšo LED tehnologijo. V veljavo je pred kratkim stopila »Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja (UL RS, št. 81/2007)« (Zakonodaja, 2012), ki omejuje bleščanje svetil v smeri neba. Ob zastareli infrastrukturi, ki porabi prekomerno količino električne energije, je občina primorana razmisliti o njeni prenovi. Učinkovita menjava sedanjih svetil je z LED svetili. Nekaj svetovno znanih proizvajalcev svetil se že nekaj ukvarja s tehnologijo LED razsvetljave, zato smo

nekaj LED svetil različnih proizvajalcev primerjali med sabo, da bi ugotovili primernega za naš izbrani zunanji položaj.

Cilj te naloge je predstaviti postopek projektiranja ter modeliranja zunanje razsvetljave na konkretnem primeru solkanskega mostu. Prikazali smo težave sedanje zunanje razsvetljave in morebitne razsvetljave po določeni sanaciji. Največja težava trenutnih svetil na mostu je v zelo zastarelih in potratnih sijalkah, morebitna razsvetljava pa bi na sedanji infrastrukturi javne razsvetljave slabo osvetljevala cesto. Razlog je v preveliki razdalji med drogovi. V ta namen smo pridobili podatke o položaju in lastnostih rešitve, rešitve smo ovrednotili in analizirali s pomočjo kriterijev in izračunov, pridobljenih s programom DIALux. Rezultat dela je predlog najboljše rešitve pri projektiranju razsvetljave izbranega položajav zunanjem okolju.

1.2 Metode dela

Motiv in znanje za izvedbo tega dela smo dobili na praksi pri podjetju Envigence d.o.o. Uporabili smo metode, ki jih v tem podjetju uporabljajo za projektiranje razsvetljave. Postopek običajno poteka po naslednjih korakih:

- priprava podatkov o izbranempoložaju,
- pridobivanje podatkov,
- izdelava datoteke v sistemu Microsoft Excel,
- pregledovanje in analiza podrobnih informacij in prikaz dobljenih podatkov z različnimi tehnikami,
- izdelava izračunov,
- oblikovanje variantnih rešitev osvetlitve za izbran položaj,
- vizualizacija različnih rešitev,
- vrednotenje in analiza rešitev z večparametrskim modelom.

To diplomsko delo obravnava predlog menjave svetil v točno določenem zunanjem okolju. Razdeljeno je na tri večja poglavja. Prvo poglavje opisuje namen zunanje

razsvetljave. Drugo poglavje piše o projektiranju zunanje razsvetljave in opiše naš problem. Največja pozornost je namenjena tretjemu delu, v katerem je izvedeno modeliranje našega problema in podrobno predstavljeno vrednotenje rešitev našega problema. Rezultat dela je predlog najboljše rešitve pri zamenjavi svetil na cesti čez solkanski most.

2 ZUNANJA RAZSVETLJAVA

Javna razsvetljava je pomemben dejavnik na področju zagotavljanja prometne in osebne varnosti v pogojih pomanjkljive vidljivosti (Menedžment javne razsvetljave, 2012). Omogoča normalno gibanje in orientacijo udeležencev v prometu ter povečuje občutek osebne varnosti. Namen zunanje razsvetljave je osvetliti območja, ker se tako izboljšajo vizualne učinkovitosti oseb pri opravljanju človeških dejavnosti. Vizualna učinkovitost je definirana kot hitrost in točnost, s katero se opravi vizualna naloga. Vizualna naloga je naloga videti predmete, ki so pomembni za opravljanje določene naloge. Zastarela, energetske neučinkovita in svetlobno onesnažujoča javna razsvetljava ima zaposledico negativni vpliv na človekovo okolje, določene živalske vrste, povečano svetlobno onesnaženje, ki je vidno pri nekoristnem osvetljevanju neba in neracionalno rabo električne energije, ki ima med drugim za posledico povečan ogljični odtis (Narisada in Schreuder, 2004).

Zunanjo razsvetljava lahko razdelimo na (Planinšek in drugi, 2001):

- Funkcionalno razsvetljava: razsvetljava cest in ulic, pomembnih prometnih sporočil, razsvetljava parkirišč, parkovna razsvetljava, razsvetljava športnih površin ipd.
- Nefunkcionalno razsvetljava: svetlobni napisi, razsvetljava stavb, spomenikov in pomembnih objektov, svetlobni snopi ipd.

2.1 Uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja

Namen vladne uredbe o svetlobnem onesnaževanju okolja (Zakonodaja, 2012) je zmanjšanje motenj selitev ptic in žuželk, zmanjšanje porabe energije, ki se uporablja v električnih svetilih, varstvo območij naravnih vrednot ter varstvo območij astronomskih opazovalnic pred motečo umetno svetlobo. V Sloveniji je več kot 90 % nezasenčenih ali delno zasenčenih svetil. V zadnjih letih je bilo nameščenih veliko novih svetil, večinoma nezasenčenih, kar občutno povečuje svetlobno onesnaževanje okolja. V ta namen uredba določa:

- mejne vrednosti svetlobnega toka, ki ga svetila za zunanjo razsvetljava lahko sevajo navzgor,

- obvezno izklapljanje svetil za zunanjo razsvetljavo, ki ne dosegajo mejnih vrednosti svetlobnega toka,
- pogoje usmerjenega osvetljevanja stavb in spomenikov ter
- prepovedi uporabe svetlobnih snopov, ki so usmerjeni proti nebu ali proti površinam, ki bi jih lahko odbijale proti nebu.

Svetlobno onesnaževanje je svetenje tja, kjer svetlobe ne potrebujemo (Mikuž, 2012). Po podatkih društva »Temno nebo Slovenije«, ki opozarja na problematiko svetlobnega onesnaževanja pri nas, je Slovenija druga najbolj svetlobno onesnažena država v EU, pred njo je le še Belgija (Nov sistem javne razsvetljave, 2012). Iz slike 1 je lepo razviden vpliv osvetljenosti okolja v Evropi.



Slika 1: Nočna satelitska slika Evrope (Nov sistem javne razsvetljave, 2012)

Uredba je namenjena varovanju narave pred škodljivim delovanjem svetlobnega onesnaževanja, varstvu bivalnih prostorov pred motečo osvetljenostjo, varstvu ljudi pred bleščanjem, varstvu astronomskih opazovanj in zmanjšanju porabe električne energije. V uredbo pa ne sodijo emisije svetlobe v okolje iz osvetlitve notranjih prostorov, osvetlitve prekritih prostorov oziroma objektov, razsvetljave za varovanje, razsvetljave za vojaške namene itd. Uredba določa, da so dovoljene le tiste svetilke, pri katerih je delež svetlobnega toka, ki seva navzgor (ULOR), enak 0. Izjeme so samo svetilke z namenom osvetlitev javnih površin na območju ali delu območja kulturnega spomenika. Pri načrtovanju, gradnji ali obnovi infrastrukture je potrebno izpolniti vse pogoje o omejevanju vrednosti svetlobnega onesnaževanja že pri vlogi o

gradbenem dovoljenju. Morebitna neskladnost z uredbo se kaznuje s kaznijo 12.000 EUR zaupravljavca, 2.400 EUR za odgovorno osebo in 600 EUR za fizične osebe (Zakonodaja, 2012). Prva uredba je bila sprejeta na seji vlade 30. avgusta 2007 in objavljena 7. septembra 2007 v Uradnem listu št. 81. V veljavo je stopila 15 dan po objavi, torej 22. septembra 2007. Nato sta sledila popravka o spremembah v uredbi, ki sta bila leta 2007 objavljena v Uradnem listu št. 109 ter št. 62.

Živali prilagajajo svoj življenjski ritem naravni svetlobi. Tako živalski kot tudi rastlinski ritem življenja je močno odvisen od dnevne svetlobe, le-tega pa vsiljena svetloba moti. Nasprotno pa ljudem razsvetljava omogoča višjo kakovost življenja v nočnem času. Tako ugotavljamo, da imamo od razsvetljave tako koristi kot tudi škodljive posledice. Problem predstavlja t.i. vsiljena svetloba, to je svetloba, ki je tam, kjer bi moralo biti temno. Temu lahko rečemo tudi svetlobno onesnaževanje, vendar izraz ni najbolj primeren, saj je običajno onesnaževanje stvari treba omiliti ali povsem prekiniti, da bi razmere vrnili v prvotno stanje. Pod vsiljeno svetlobo spadajo nebesni sij, bleščanje ter razsvetljava izven površin, ki naj bi bile razsvetljene. Vsiljena svetloba v okolju predstavlja tudi izgube v smislu porabe električne energije ter s tem nepotrebno povečanje emisije toplogrednih plinov. Izgubo predstavlja le vsiljena svetloba oziroma del svetlobe, ki jo svetilke sevajo neposredno v nebo ali pa izven površin, ki naj bi bile osvetljene. Svetloba je elektromagnetno valovanje in kot taka nevidna, vidna pa postane, ko se odbije od površine. Tako se del koristne svetlobe odbije tudi proti nebu. Odbite in vsiljene svetlobe pa nikakor ne moremo enačiti, ker če se svetloba od cestne površine ne odbije, vidimo le temno ploskev (Bizjak, 2012a;Zakonodaja, 2012).

2.2 Rešitve zunanje razsvetljave podjetja Evigence

Envingence (Envingence, 2012) je eno od podjetij, ki ponujajo sodobne tehnološke rešitve za javno razsvetljavo. Vodstvo podjetja sestavljata Simon Mokorel, izvršni direktor (CEO) in Michael Witbrock, direktor tehnologije (CTO). Envingence d. o. o. je visokotehnološko podjetje, ustanovljeno leta 2010, ki se ukvarja z razvojem in implementacijo tehnologij in rešitev za izboljšanje učinkovitosti javnih infrastruktur ter s trajnostno naravnano regeneracijo urbanega prostora. S pomočjo omrežja Envingence se pripravlja okolje, kjer je mogoče izvajati inteligentne rešitve za

povečevanje učinkovite rabe energije, optimizacijo občinske in druge javne ter zasebne infrastrukture ter razvoj novih inteligentnih storitev. Podjetje lahko javnim ustanovam, občinam in podjetjem ponudi storitev najemanja svetlobe glede na želje in potrebe naročnika (»Svetloba kot storitev«). Svetloba kot storitev je možnost dajanja javne razsvetljave v opravljanje koncesionarju, v našem primeru podjetju Envigence. Podjetje pa zagotavlja lastniku, da bo razsvetljavo zamenjalo in vzdrževalo za stroške, ki jih ima lastnik pri današnji razsvetljavi. To pomeni, da bo prenova financirana iz prihrankov na električni energiji.

Podjetje gradi samoučeča omrežja Envigence na infrastrukturi javne razsvetljave (ang. Intelligent Smart Grid). Omrežje omogoča zmanjševanje porabe električne energije, optimizira delovanje drugih infrastruktur v mestu ter omogoča izvajanje številnih inteligentnih storitev, kot so štetje prometa, ugotavljanje onesnaženosti zraka ter omrežje parkirnih mest. Z izgradnjo omrežja Envigence se krajša tudi čas vračanja naložb v obnovo javne razsvetljave in sočasno ustvarja nove dodane vrednosti. Omrežje je edinstveno multisenzorsko-aktuatorsko omrežje pametnih gradnikov na infrastrukturi javne razsvetljave, ki omogoča izvajanje raznovrstnih inteligentnih storitev.

Razvoj ideje storitve najemanja svetlobe glede na želje in potrebe naročnika temelji na študijah, okoljskih trendih, tehnologiji razvoja luči in na lastnih izkušnjah. Izjemno znanje daje prednost pred drugimi v razvoju in implementaciji ekonomsko učinkovitih in finančno upravičenih inteligentnih sistemov javne razsvetljave. Občine se srečujejo s povsem novim konceptom visoko učinkovitega upravljanja z njihovimi sredstvi.

Omrežje Envigence razširja priložnosti energetske učinkovitosti javne razsvetljave. Posamezna luč v omrežju Envigence postane pametni gradnik in v zasledovanju zahtev do javne razsvetljave deluje kot individualni objekt v mreži objektov. Pametni gradniki med seboj komunicirajo, usklajujejo storitve in se prilagajajo trenutnim okoljskim razmeram.

Analize kažejo, da s takšnim upravljanjem posamezne luči v omrežju javne razsvetljave povečamo njeno energetsko učinkovitost za več kot 20 % in hkrati

pomembno podaljšujemo tudi življenjsko dobo le-te. Ogljični odtis takšne javne razsvetljave se drastično zmanjša (Envigence, 2012).

S podjetjem sodelujemo od februarja 2012, najprej pri opravljanju obvezne prakse, nato v okviru študentskega dela.

3 PROJEKTIRANJE CESTNE RAZSVETLJAVE

Osnovno pravilo pri projektiranju cestne razsvetljave je zagotoviti ustrezno svetlost okolice. Razmišljanje ljudi o razsvetljavi je zelo različno. Tistim, ki se z razsvetljavo ne obremenjujejo preveč, zadošča že nekaj posrečeno razmeščenih 60W žarnic in stikalo. V resnici je zelo malo položajev, v katerih sploh ne bi nič videli pri nameščenih razsvetljavi. Razmišljanje pa določena oseba spremeni takoj, ko postane odgovorna za določeno razsvetljavo. Če želi biti uspešna, mora biti ustvarjalna, sposobna in mora verjeti vase in v orodja, ki jih ima na voljo. Pri razsvetljavi cest morajo biti svetlobne razmere prilagojene vidnim zahtevam, ki so postavljene pred voznike. Vozniki morajo biti sposobni prepoznati in oceniti potek ceste, udeležence ter nevarnosti na cestišču. Razsvetljava mora biti postavljena tako, da optično vodi in opozarja voznika. Optično vodenje dosežemo z ustrezno postavitvijo stebrov, na bolj nevarne odseke pa lahko opozorimo z različnimi barvami svetlobe. Hkrati pa postavljena razsvetljava ne sme motiti voznikov, na primer z bleščanjem ali neenakomerno osvetlitvijo površin.

Pri projektiranju si določimo polje opazovanja. Za projektiranje cestne razsvetljave je pomemben samo tisti del ceste, ki ga ima uporabnik v vidnem polju. Oko uporabnika se nahaja približno na višini 150 cm nad cesto, na polovici desnega cestišča. Pogled voznika je usmerjen naprej in navzdol pod kotom približno 1° . Polje vidljivosti zajema še kot $0,5^\circ$ na vsako stran. Polje opazovanja se začne pri oddaljenosti 60 m od voznika in dosega do 160 m oddaljenosti. Mednarodna navodila določajo, da se polje opazovanja vedno začne pri svetilki. S premikom voznika vodoravno naprej se z njim premika tudi polje opazovanja. Torej se polje opazovanja od svetilke do svetilke spreminja, ko pa doseže naslednjo svetilko, se ponovi. Udeležencu v prometu se torej med vožnjo slika med dvema sosednjima svetilkama periodično ponavlja. Zaradi tega je polje vrednotenja vpeljeno v vzdolžni smeri področja med dvema svetilkama. V prečni smeri zajema polje vrednotenja celotno širino cestišča. Če sta pasova ločena, zajema polje vrednotenja le širino vozišča v smeri vožnje. Ker se polje vrednotenja periodično ponavlja, zadostuje, če svetlobno-tehnične razmere opazujemo samo znotraj dveh sosednjih svetilk. Polje vrednotenja je tudi površina, znotraj katere se definirajo točke za opazovanje svetlobno-tehnične veličine (svetlost, osvetljenost). Točke vrednotenja morajo biti na površini enakomerno razporejene.

Med sosednjima svetilkama mora biti vsaj 10 točk vrednotenja, ki pa ne smejo biti oddaljene več kot 5 m. Po širini pa moramo predvidevati vsaj 5 točk na vozni pas, srednja leži na simetrali, roba pa 0,1 m od roba cestišča.

Svetlost okolice lahko izrazimo z dvema fotometričnima veličinama:

- Svetlost L (cd/m^2)
- Osvetljenost E (lx)

Osvetljenost je odvisna samo od razdalje vira svetlobe do opazovane površine, svetlost pa tudi od refleksije opazovane površine. Pri cestnih površinah, kjer je smer pogleda definirana, se razsvetljava projektira glede na svetlost.

Svetlost površine je odvisna od:

- mesta opazovalca,
- smeri opazovalca,
- geometrije svetlobne naprave,
- refleksijskih lastnosti površine v določeni smeri,
- svetlobnega toka svetilk,
- porazdelitve svetilnosti svetilk.

Na cestah, namenjenih mešanemu prometu, je vidna vloga precej široko definirana. Vidna vloga pomeni stopnjo vidljivosti v določenem položaju in pove, kolikšen del okolja vidimo v izbranem položaju. Tudi smer pogleda je lahko zelo različna ali celo ni definirana. Zaradi tega svetlosti ne moremo uporabiti kot merila za razsvetljavo. Torej se na prometnih površinah, kjer smer pogleda ni definirana oziroma je promet mešan, razsvetljava projektira glede na določeno osvetljenost.

Ustrezne svetlosti zunanjih površin so določene glede na večletne eksperimentalne študije. Vse te študije so zajete v različnih priporočilih (Slovensko društvo za razsvetljavo, 2012):

- priporočila SDR,
- dokumenti CIE,
- standardi DIN (5044),
- standardi EN (13201).

Standardi in priporočila podajajo minimalne svetlosti (cd/m^2) v odvisnosti od parametrov prometa in ceste. Pri projektiranju je pomemben del izbira prometnegapoložaja, kot je prikazana v tabeli 1.

Tabela 1: Priporočila in standardi svetlosti v odvisnosti od parametrov prometa in ceste (Potočnik, 2012)

Ločitev smernih vozišč	Razdalje med priključki	Število križišč na km	Povprečni letni dnevni promet		
			<15.000	15.000 do 25.000	>25.000
DA	> 3 km		0,75	1,00	1,00
	< 3 km		1,00	1,00	1,50
		< 3 km	0,75	0,75	1,00
		> 3 km	1,00	1,00	1,50
NE	> 3 km		1,00	1,50	1,50
	< 3 km		1,50	1,50	1,50
		< 3 km	0,75	1,00	1,50
		> 3 km	1,00	1,50	1,50

Projektiranje ustrezne svetlostizachemo z izbiro osnovnega svetlobno-tehničnegapoložaja, kot je prikazano v tabeli 2.

Tabela 2: Osnovna razvrstitev svetlobno-tehničnih položajev (Potočnik, 2012)

Tipična hitrost glavnih udeležencev v prometu	Glavni udeleženci v prometu	Ostali udeleženci v prometu, ki jim je dovoljena uporaba prometne površine	Skupine udeležencev v prometu, ki jim uporaba prometne površine ni dovoljena	Skupina položajev
visoka	M	-	TKP	A1
		T	KP	A2
		TKP	-	A3
zmerna	MT	KP	-	B1
	MTK	P	-	B2
	K	P	MT	C1
nizka	MP	-	TK	D1
		TK	-	D2
	MK	TP	-	D3
	MTKP	-	-	D4
Zelo nizka	P	-	MTK	E1
		MTK	-	E2

V tabeli so prikazani udeleženci v prometu: M (motorni promet), K (kolesarji), P (pešci) in T (počasni promet). Hitrost je prikazana kot visoka (> 60 km/h), zmerna (med 30 km/h in 60 km/h), nizka (med 5 km/h in 30 km/h) in zelo nizka (< 5 km/h).

Ko smo izbrali skupino položajev (na primer: A1, A2, B1, C1 itd. zadnji stolpec v tabeli 2), nadaljujemo z izbiro svetlobno-tehničnega razreda znotraj izbranega položaja. Za dane razmere dobimo v tabeli tri ustrezne razrede. Katerega dejansko izberemo, je odvisno od dodatnih pogojev in svetlosti okolice. Izbira ustreznega razreda je prikazana v tabeli 3.

Tabela 3:Izbira ustreznega razreda iz skupine položajev (Potočnik, 2012)

konfliktno področje	kompleksnost vidnega polja	zahtevnost orientacije	svetlost oklice		
			nizka	srednja	visoka
NE	običajna	običajna	<	<	0
		višja od običajne	0	0	>
	visoka	običajna	<	0	0
		višja od običajne	0	>	>
DA			>		

Naslednji korak je izbira vrednosti ustrezne svetlosti za posamezni svetlobno-tehnični razred. Razred za določeno skupino (na primer M) dobimo iz tabele 4. Vsak razred ima svoje pogoje osvetljenosti in svetlosti. Višji je dosežen razred, višji standard osvetljenosti dobimo.

Tabela 4: Zahteve za razrede skupine M (Potočnik, 2012)

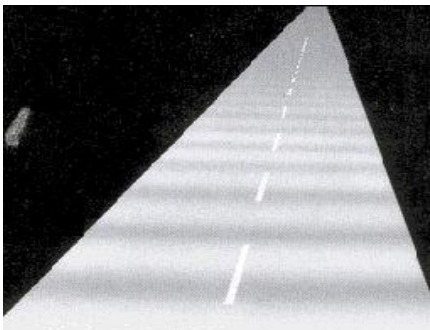
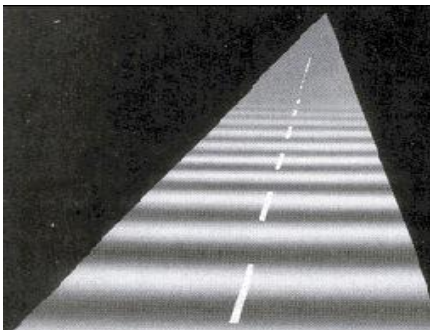
Razred	Lsr	Uo	Ui	TI	Ko
M1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
M2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
M3a	1,0	0,4	0,7	15	0,5
M3b			0,6		
M3c			0,5		
M4a	0,75	0,4	0,6	15	0,5
M4b			0,5		
M5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
M6	0,3	0,35	0,4	15	-

Parametri, uporabljeni v tabeli 4, so:

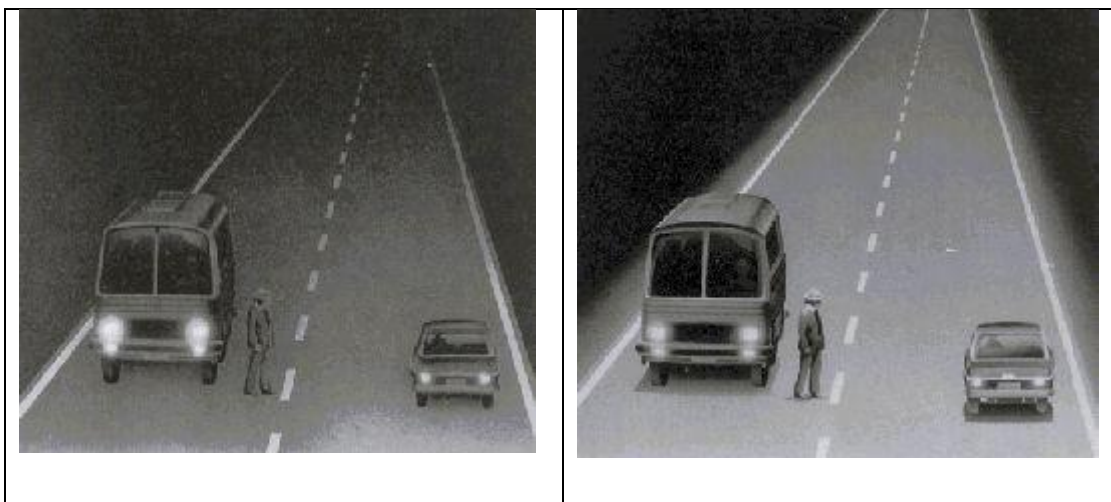
- Lsr : nivo svetlosti,
- Uo : splošna enakomernost svetlosti,
- Ui : vzdolžna enakomernost svetlosti,
- TI : omejevanje bleščanja,
- Ko : optično vodenje.

Prav tako upoštevamo tudi druge parametre, kot so: enakomernost, relativni porast praga zaznavanja in količnik svetlosti okolice. Optično vodenje je povezano z optiko, prisotno v svetilki. Njen vpliv je viden pri razporejenosti svetlobe na tleh. Enakomernost svetlosti se določa med vrednostmi 0,1 do 1,0. Enakomernost je različna glede na zahteve določenega razreda. Kakovost cestne razsvetljave je tudi odvisna od njene enakomerne svetlosti. To se opazi pri neosvetljenem delu med dvema sosednjima svetilkama: čim manjši je neosvetljen del med svetilkama, tem višja je stopnja enakomerne svetlosti. V temnejših delih je težje ali sploh nemogoče opaziti morebitne ovire ali nevarnosti. Tovrstna temna območja lahko nastanejo zaradi prevelike razdalje med sosednjimi svetili, okvare nekaterih svetil ali v primeru, da ugasnemo nekaj svetil in s tem varčujemo z električno energijo. Prikaz razlike med svetlostjo 0,4 in 0,7 je prikazana v tabeli 5.

Tabela 5: Prikaz različnih svetlosti (Potočnik, 2012)

svetlost 0,7	svetlost 0,4
	

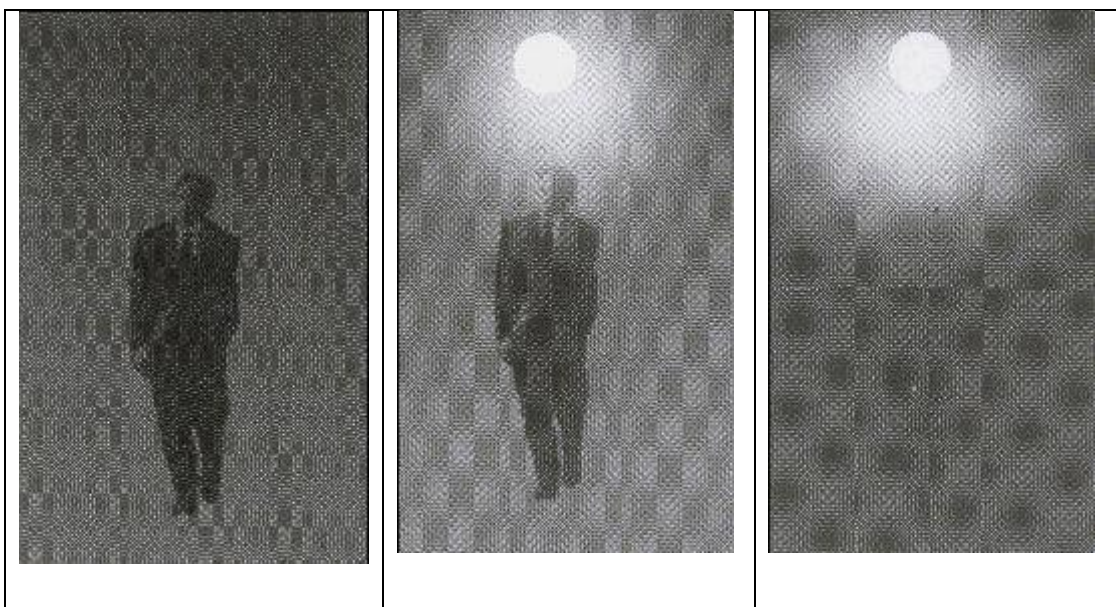
Čim bolj je okolica svetla, tem višji je prag zaznavanja. Ponoči (pri majhni svetlosti okolice) se blešči vsak vir svetlobe v vidnem polju. Zaradi njegove svetlosti se poveča prag zaznavanja, kar pomeni, da določenih predmetov ne moremo videti. Z večjo svetlostjo okolice se zmanjša tudi nevarnost različnih nesreč. Razlika v pragu zaznavanja je prikazana na sliki 2.



Slika 2: Primer porasta praga zaznavanja

(Svetlobno onesnaževanje in astronomija, 2012)

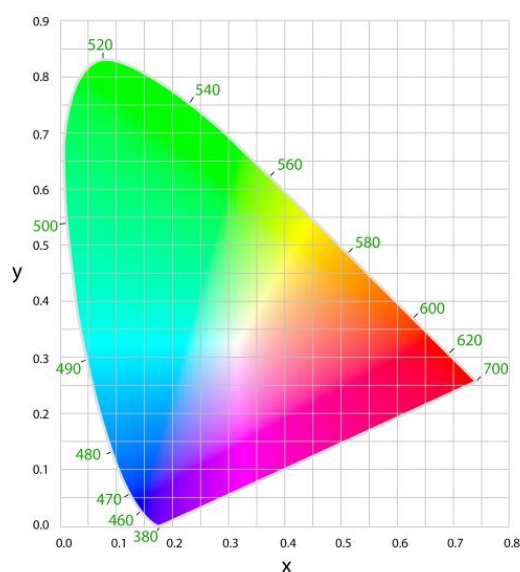
Pomembnejši del projektiranja ceste razsvetljave je omejevanje bleščanja. Glede na izbiro ustreznih svetil lahko omejimo šibko ali močno bleščanje, slika 3. Ob neosvetljenem okolju je pešec slabo opazen (slika 3, levi primer). V primeru premočnega toka svetlobe pa se svetilka preveč blešči in pešec je slabo viden (slika 3, desni primer). Najboljša varianta je v zadostni osvetljenosti, ne preveč ne premalo svetlobnega toka (srednji primer).



Slika 3: Omejevanje bleščanja

(Svetlobno onesnaževanje in astronomija, 2012)

Cestna obloga je tudi pomemben dejavnik projektiranja cestne razsvetljave. Svetlost površine je odvisna od odsevnosti obloge, ki je nameščena na cestišču. Cestne obloge imajo dve lastnosti: hrapavost in odsevnost. Odsevnost obloge lahko predstavimo s pomočjo q-telesa, CIE-q diagrama (slika 4). Najboljša cestna obloga je gladka in svetla. Barvni diagram CIE-q nam omogoča merjenje dominantne valovne dolžine in čistosti kakršnekoli barve, potem ko smo izračunali koeficiente X, Y in Z te barve. Pri tem upoštevamo lastnost barvnega diagrama, da pri aditivnem mešanju barv leži nova barva na ravni črti, ki povezuje ti dve barvi.



Slika 4: CIE-q diagram

(Color rendering and luminous efficiency, 2012)

Potencialna nevarnost za projektiranje cestne razsvetljave je tudi neznana količina prometa v nočnem času. Poveča se takrat, ko so v promet vključeni udeleženci različnih velikosti ter z različnimi hitrostmi, ki so po navadi različno opazni: tovorni promet, osebna vozila, kolesarji ter pešci. Najpomembnejši vpliv na določanje svetlosti površine ima okolica. Pomembna je lokacija cestišča, ali je v naselju ali izven naselja. Cestna razsvetljava mora biti postavljena tako, da omogoča udeležencem v prometu videti oziroma opaziti površino, potek in meje cestišča,

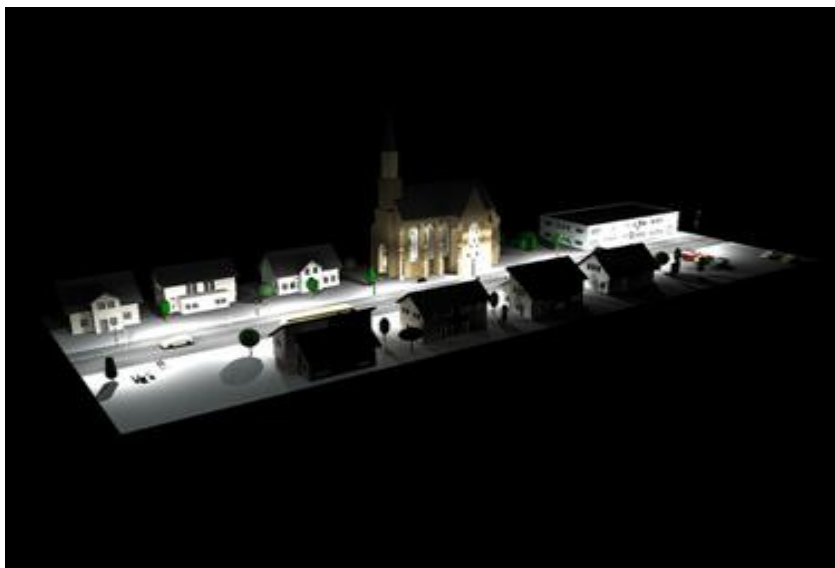
dovoze in križišča, ovire na vozišču ter položaj in premike drugih udeležencev v prometu (Bizjak, 2012b).

4 MODELIRANJE IN VREDNOTENJE REŠITEV RAZSVETLJAVE SOLKANSKEGA MOSTA

V tem poglavju bomo natančneje opisali zastavljeni problem, računalniški program, ki smo ga uporabili ter predloge in rešitev problema. Najprej je predstavljen računalniški program DIALux, sledita opis izbranega problema ter zbiranje in vrednotenje podatkov o našem izbranem položaju. V četrtem delu smo s pomočjo programa DIALux izbrali ustrezen svetlobno-tehnični razred za našo zunanji položaj. Nato sledi vrednotenje alternativnih predlogov za rešitev problema, pregled prednosti in slabosti naših rešitev ter analiza SWOT.

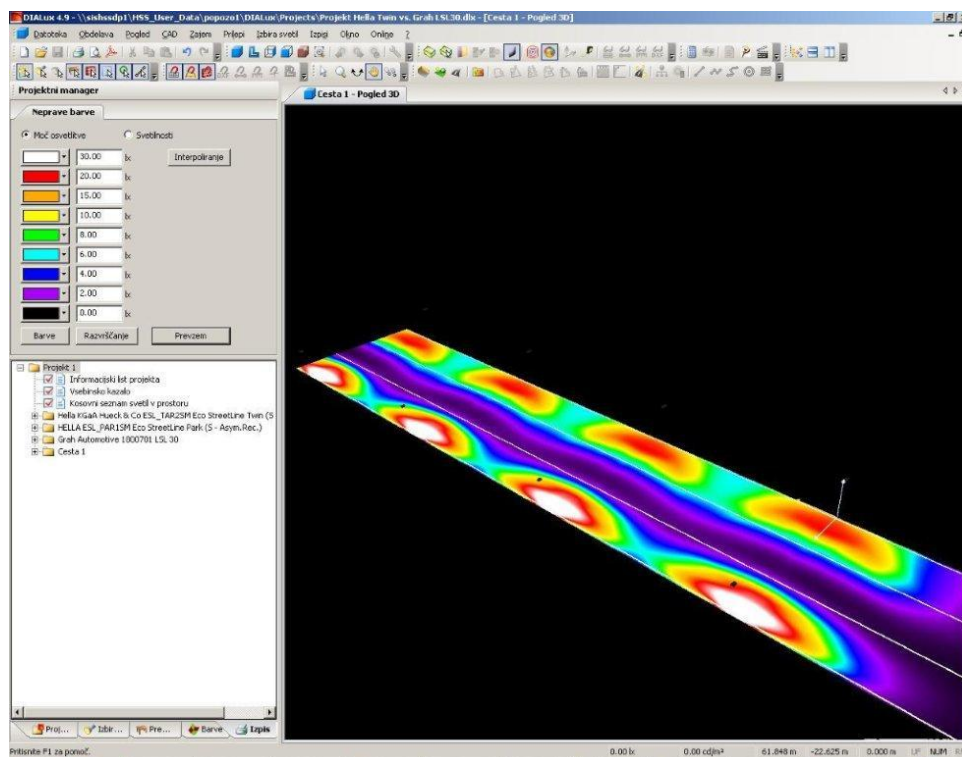
4.1 Računalniški program DIALux

Modeliranje in vrednotenje predlaganih rešitev smo izvedli s pomočjo programa DIALux (DIALux, 2012). DIALux je največji programski paket za snovanje razsvetljave. Program uporabljajo arhitekti, projektanti razsvetljave in strokovnjaki za razsvetljavo. Omogoča simulacijo razsvetljave notranjih in zunanjih prostorov ter izračuna in preveri skladnost z vsemi parametri v sistemu razsvetljave. S programom lahko ustvarimo različne položaje, od notranjih prostorov hiše v gradnji do zunanjih prostorov, kot so parki, igrišča in ne nazadnje tudi ceste. V dan položaj lahko vstavljamo različna svetila na različna mesta, tako da lahko, še preden bi začeli z nameščanjem, ugotovimo najbolj primerno montažo in najboljše svetilo. Z možnostjo pogleda svetlosti in osvetlitve površine lahko izbiramo ustrežnejše svetilo, ki bi zadovoljevalo naše zahteve in potrebe. Pri modeliranju razsvetljave cest je mogoče tudi ugotavljati, kateri pogoji montaže bi ustrezali določenemu svetilu, da bi najbolj ustrezal svetlobno-tehničnim zahtevam ceste (Dial light bulding software, 2012).



Slika 5: Prikaz simulacije osvetlitve s pomočjo DIALuxa

Modeliranje je proces ustvarjanja tridimenzionalnega objekta, slika 5 in 6. Kar dobimo na koncu, se imenuje 3D slika. Skozi proces obdelave se lahko pridobi 2D slike iz modelov 3D ali se 3D model uporabi kot grafično simulacijo v realnem času.



Slika 6: Modeliranje s programom DIALux

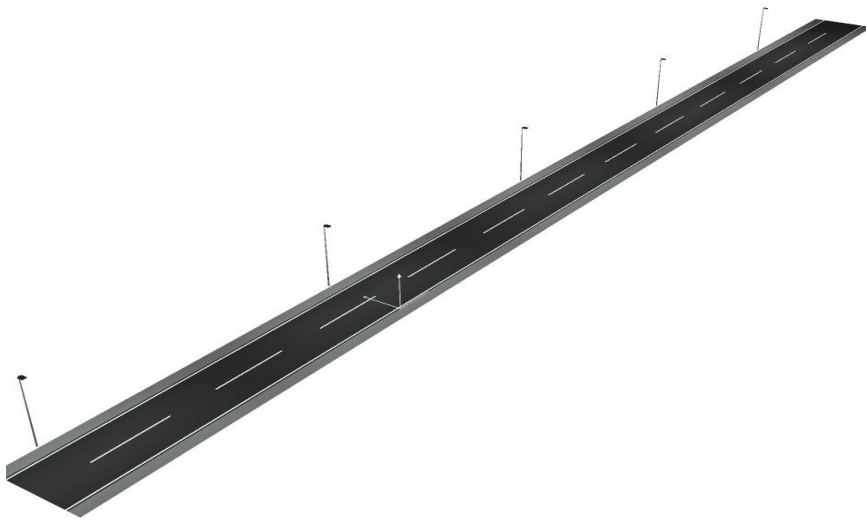
4.2 Opis izbranega zunanjegapoložaja

Za modeliranje in vrednotenje rezultatov svetil različnih proizvajalcev smo izbrali odsek ceste čez solkanski most, prikazan na sliki 7 in 8. Zgrajen je bil leta 1985. Cestni betonski most povezuje do takrat odrezana Brda s kraji na goriškem polju. Odsek ceste je klasificiran pod regionalno cesto, saj povezuje občino Nova Gorica z občino Brda čez italijansko ozemlje.

Trenutno je na mostu nameščenih 8 svetil tipa Elektrovina CD. Moč sijalke v svetilki je 250 W. Na dan izvedenega popisa jih je delovalo le 7. Z namestitvijo svetilke z LED tehnologijo pa bi lahko moč zmanjšali za več kot polovico in s tem tudi porabo električne energije.



Slika 7: Solkanski most (Jurkos, 2013)



Slika 8: 3D prikaz modeliranja ceste čez solkanski most s programom DIALux

4.3 Zbiranje podatkov za izbran položaj

V prvem koraku je za izvedbo naloge treba zbrati vse podatke, ki so povezani z infrastrukturo javne razsvetljave na solkanskem mostu. Čim natančnejše in čim večje količine podatkov pridobimo, tem lažje in natančneje lahko izračunamo in prikažemo dejansko stanje. Podatki, ki jih potrebujemo, so naslednji:

- ID svetila,
- število svetil (postavljeni na enem drogu ali objektu),
- število sijalk (postavljenih v svetilu),
- objekt osvetlitve,
- način pritrditve,
- višina svetlobne točke,

- razdalja drog – svetilo,
- razdalja drog – cestišče,
- razdalja drog – drog,
- širina ceste,
- širina kolesarskih stez in pločnikov,
- dovoljena prometna hitrost vozil,
- morebitne opombe (na primer: »svetloba sveti na križišče, avtobusno postajo ali prehod za pešce«),
- tip svetilke in tip sijalke,
- moč svetilke in sijalke,
- nagib svetila,
- način povezave,
- tip konzole,
- ime odjemnega mesta,
- oznaka odjemnega mesta,
- zemljepisna širina in dolžina odjemnega mesta,
- zemljepisna širina in dolžina svetilke,
- vrsta in šifra ceste.

Na terenu smo opravili popis, ki je prikazan v tabeli 6 (Študija za prenovo javne razsvetljave v občini, 2012). Pri vsaki svetilki smo pripisali ID svetila, namen osvetlitve (cesta, cerkev, igrišče ...), višino droga, širino ceste, širino pločnika in kolesarske steze, število svetil, število sijalk, dolžina drog – svetilo, dolžina drog –

cestišče, način pritrditve in dve sliki za nadaljevanje popisa. Vse našteje stvari smo dejansko popisali na terenu julija 2012.

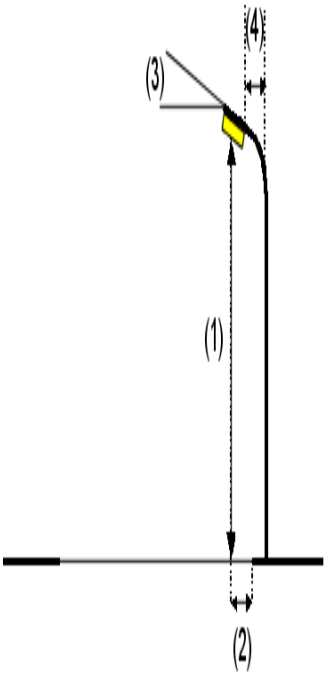
Tabela 6: Popis svetil na solkanskem mostu

Svetilo Podatek	1	2	3	4	5	6	7	8
ID	1	2	3	4	5	6	7	8
Št. svetil	1	1	1	1	1	1	1	1
Št. sijalk	1	1	1	1	1	1	1	1
Objekt osvetlitve	Cesta	Cesta	Cesta	Cesta	Cesta	Cesta	Cesta	Cesta
Način pritrditve	Kovinski drog	Kovinski drog	Kovinski drog	Kovinski drog	Kovinski drog	Kovinski drog	Kovinski drog	Kovinski drog
Višina	7,5 m	7,5 m	7,5 m	7,5 m	7,5 m	7,5 m	7,5 m	7,5 m
Razdalja drog – svetilo	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m	0 m
Razdalja drog – cestišče	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m	1,5 m
Širina ceste	7 m	7 m	7 m	7 m	7 m	7 m	7 m	7 m
Širina pločnikov	1,3 m / 1,3 m	1,3 m / 1,3 m	1,3 m / 1,3 m	1,3 m / 1,3 m	1,3 m / 1,3 m	1,3 m / 1,3 m	1,3 m / 1,3 m	1,3 m / 1,3 m
Širina kolesarskih stez	/	/	/	/	/	/	/	/
Hitrost / Opombe	90 km/h	90 km/h	90 km/h	90 km/h	90 km/h	90 km/h	90 km/h	90 km/h

Tabela 7: Prikaz ceste

Pot za pešce 2	Širina: 1.300 m
Cestišče 1	Širina: 7.000 m, Število voznih pasov: 2
Pot za pešce 1	Širina: 1.300 m

Tabela 8: Prikaz postavljenih drogov

Razporeditev:	enostransko zgoraj	
Oddaljenost stebrov:	34.000 m	
Višina montaže (1):	7.558 m	
Višino svetlobne točke:	7.500 m	
Previsni del (2):	-1.150 m	
Nagib nosilca (3):	10.0 °	
Dolžina nosilca (4):	0.000 m	

Ko se terenski popis zaključi, se začne obdelava podatkov. Vse podatke, pridobljene na terenu, vpišemo v tabelo Excel. Podatki, pridobljeni na terenu, so prikazani v tabeli 6. Širina cestišča ter pločnikov je prikazana v tabeli 7. Infrastruktura javne razsvetljave na mostu je s svojimi dimenzijami podana v tabeli 8. Poleg teh podatkov se s pomočjo slik določijo še dodatni podatki, prikazani v tabeli 9. Tovrstni podatki se lahko popišejo že na terenu, a se s pomočjo fotografij skuša skrajšati čas

terenskega popisa. Tipe konzol določamo s pomočjo tabele 10, kjer so prikazani primeri konzol.

Tabela 9: Podatki o svetilih na mostu

Svetilo Podatek	1	2	3	4	5	6	7	8
Tip svetilke	Elektrokovina CD	Elektrokovina CD	Elektrokovina CD	Elektrokovina CD	Elektrokovina CD	Elektrokovina CD	Elektrokovina CD	Elektrokovina CD
Moč svetilke	250 W	250 W	250 W	250 W	250 W	250 W	250 W	250 W
Tip sijalke	Visokotlačna živosrebna	Visokotlačna živosrebna	Visokotlačna živosrebna	Visokotlačna živosrebna	Visokotlačna živosrebna	Visokotlačna živosrebna	Visokotlačna živosrebna	Visokotlačna živosrebna
Moč sijalke	250 W	250 W	250 W	250 W	250 W	250 W	250 W	250 W
Nagib svetilke	10°	10°	10°	10°	10°	10°	10°	10°
Način povezave	Podzemno	Podzemno	Podzemno	Podzemno	Podzemno	Podzemno	Podzemno	Podzemno
Tip konzole	Tip 2	Tip 2	Tip 2	Tip 2	Tip 2	Tip 2	Tip 2	Tip 2

Tabela 10: Različni tipi konzol

Tip 1			
Tip 2			
Tip 3			
Tip 4			
Tip 5			
Tip 6			
Tip 7			

Druge informacije smo pridobili s pomočjo spleta. Največ informacij je na voljo na spletni strani www.piso.si. Podatki obsegajo koordinate odjemnih mest in svetil, vrste ceste in šifro ceste. Podatki so prikazani v tabeli 11. Ceste se delijo na štiri večje kategorije, in sicer regionalne ceste (R), lokalne ceste (LC), javne poti (JP) ter gozdne poti. Cesta na mostu spada med regionalne ceste. Ostala svetila, ki ne osvetljujejo določene ceste, razvrstimo pod »ostalo«. Svetila in odjemna mesta s pomočjo koordinat prikažemo na Google Maps(<http://maps.google.com/>), kot je prikazano na sliki 9. S tem prikažemo stanje, ki smo ga popisali (PISO, 2012).



Slika 9: Postavitev svetil na solkanskem mostu (Googlemaps, 2012)

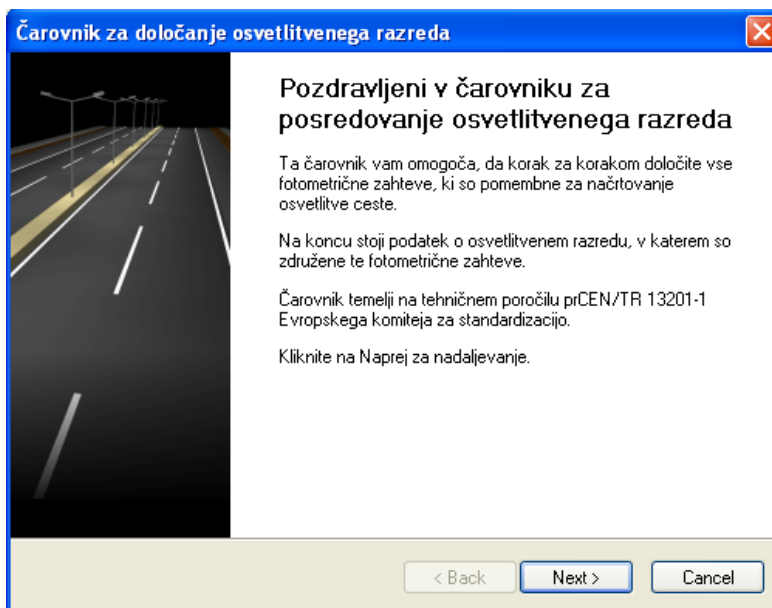
Tabela 11: Podatki o odjemnem mestu in cesti

Svetilo Podatek	1	2	3	4	5	6	7	8
Ime Odjemnega mesta	JR Soška BŠ							
Zemljepisna širina OM	13,6497							
Zemljepisna dolžina OM	45,97467							
Zemljepisna širina svetilke	13,6489	13,64851	13,64810	13,64770	13,64731	13,64688	13,64643	13,64607
Zemljepisna dolžina svetilke	45,97574	45,97587	45,97601	45,97614	45,97626	45,97636	45,97636	45,97628
Vrsta ceste	R	R	R	R	R	R	R	R
Šifra ceste	1426	1426	1426	1426	1426	1426	1426	1426

4.4 Izbira svetlobno-tehničnega razreda

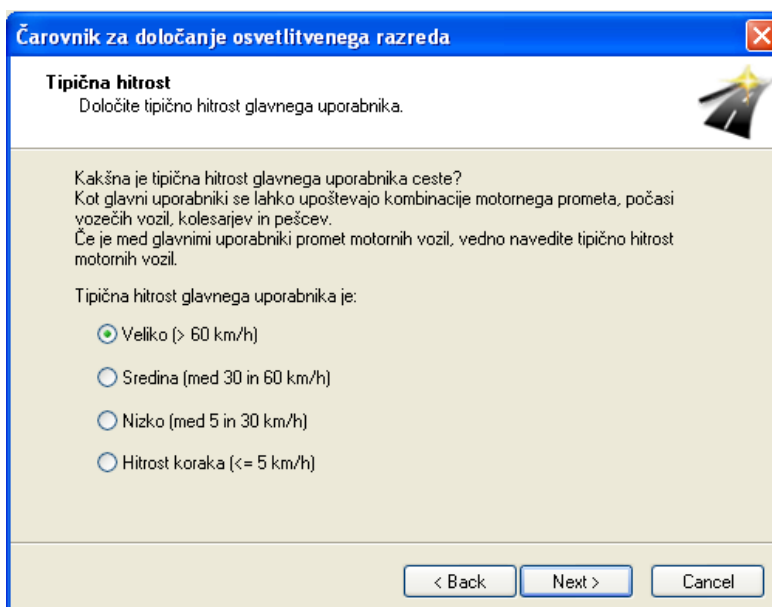
Pri vsakem projektiranju cestne razsvetljave moramo določiti tudi osvetlitveni razred, ki ga bomo uporabljali za svetlobno-tehnične izračune.

Za določanje našega osvetlitvenega razreda smo za pomoč uporabljali »čarovnika« v programu DIALux, prikazan na sliki 10. Čarovnik nas vodi skozi nekatera vprašanja in nam svetuje, kateri razred uporabiti za svetlobno-tehnično oceno ustreznosti svetil.



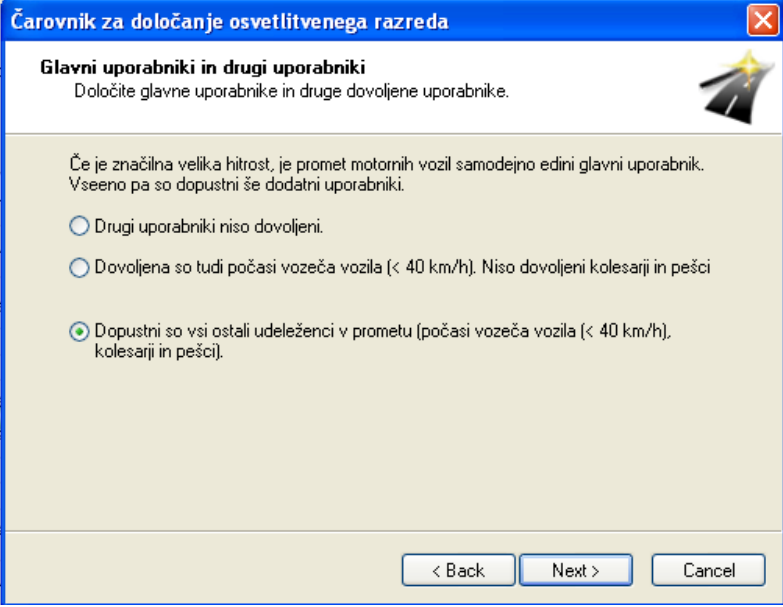
Slika 10: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Prvo vprašanje je, kakšna hitrost je dovoljena in največkrat uporabljena na našem izbranem odseku. Na solkanskem mostu je dovoljena hitrost 90 km/h, zato smo izbrali odgovor: »Veliko(>60 km/h)«, kot je razvidno iz slike 11.



Slika 11: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Sledi izbira uporabnikov našega izbranega položaja. Na solkanskem mostu so dovoljeni vsi uporabniki cestnega prometa. Poleg tega sta prisotna tudi pločnika za kolesarje in predvsem pohodnike. Na sliki 12je prikazana naša izbira, ki dopušča vse uporabnike v prometu.



Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Glavni uporabniki in drugi uporabniki
Določite glavne uporabnike in druge dovoljene uporabnike.

Če je značilna velika hitrost, je promet motornih vozil samodejno edini glavni uporabnik. Vseeno pa so dopustni še dodatni uporabniki.

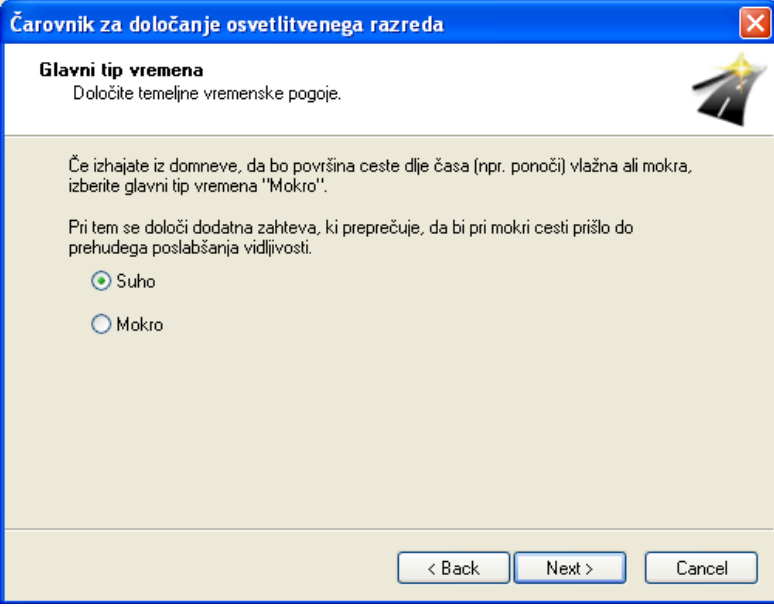
☐ Drugi uporabniki niso dovoljeni.

☐ Dovoljena so tudi počasi vozeča vozila (< 40 km/h). Niso dovoljeni kolesarji in pešci

☒ Dopustni so vsi ostali udeleženci v prometu (počasi vozeča vozila (< 40 km/h), kolesarji in pešci).

< Back Next > Cancel

Slika 12: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda



Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Glavni tip vremena
Določite temeljne vremenske pogoje.

Če izhajate iz domneve, da bo površina ceste dlje časa (npr. ponoči) vlažna ali mokra, izberite glavni tip vremena "Mokro".

Pri tem se določi dodatna zahteva, ki preprečuje, da bi pri mokri cesti prišlo do prehudega poslabšanja vidljivosti.

☒ Suho

☐ Mokro

< Back Next > Cancel

Slika 13: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Pri izbiri osvetlitvenega razreda je pomembna tudi izbira vremenskega položaja. Za naš položaj smo izbrali suho cestišče, kot je večino dni v letu, slika 13.

Na solkanskem mostu je prisotno križišče na poti v Solkan. Zaradi tega podatka smo izbrali, da so prisotna preprosta križišča in da je njihova gostota manjša od 3 na km, kot je prikazano na sliki 14.

Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Križišča
Določite vrsto in pogostost križišč.

Kako je cesta povezana z drugimi?
Skozi križišča avtocest oz. pasove za zavijanje, ki poskrbijo za nadaljnjo delitev. Ali skozi križišča cest, ki se jim druge ceste neposredno priključujejo oz. jih križajo.

☒ Preprosta križišča
Gostota križišč

☒ < 3 na km
☐ >= 3 na km

☐ Dovozi, križišča avtocest
Razmik med dovozi

☐ > 3 km
☒ <= 3 km

< Back Next > Cancel

Slika 14: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Za določanje svetlobno-tehničnih parametrov je pomembno določiti tudi gostoto prometa na našem izbranem odseku. Izbrali smo gostoto 7000–15000 vozil, ki povprečno prevozijo odsek na dan (slika 15).

Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Tok prometa motornih vozil
Določite število vozil, ki prevozijo določeno točko v določenem času (ponavadi v enem dnevu).

S koliko vozili na dan je treba računati?

☐ manj kot 7000
☒ med 7000 in 15000
☐ med 15000 in 25000
☐ več kot 25000

< Back Next > Cancel

Slika 15: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Določiti je treba območje spora, in sicer: ali obstaja ali ne. Območja spora so površine, na katerih se križajo različni tokovi motornega prometa oziroma površine, ki jih uporabljajo tudi drugi udeleženci v prometu. Izbrali smo, da območja ni, saj se uporabniki prometane križajo, slika 16.

Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Območje spora
Določite, ali je treba upoštevati območje spora.

Območja spora so površine, na katerih se križajo različni tokovi motornega prometa, oz. površine, ki jih uporabljajo tudi drugi udeleženci v prometu.

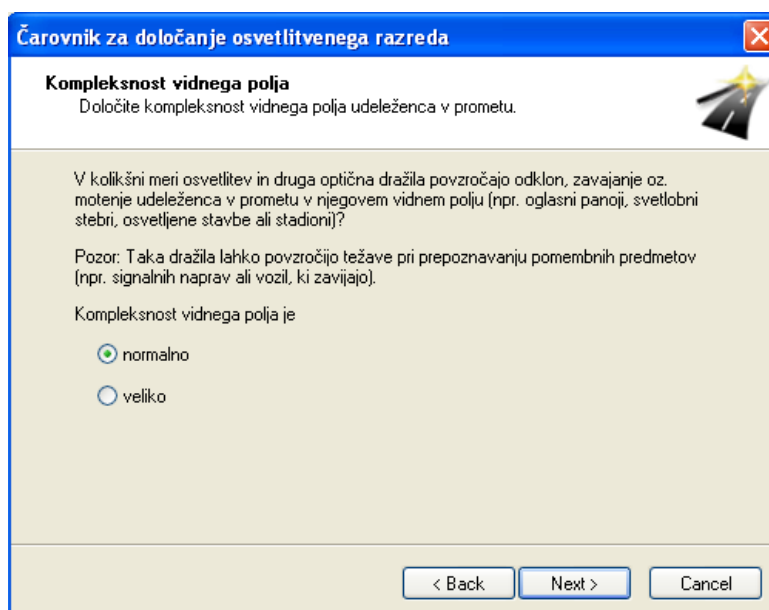
Ali obstaja območje spora?

☐ Da
☒ Ne

< Back Next > Cancel

Slika 16: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Naslednja izbira temelji na kompleksnosti vidnega polja. Pri kompleksnosti vidnega polja nas zanima, v kolikšni meri osvetlitev ali druga optična dražila povzročajo zavajanje oziroma motnjo pri vožnji. Tovrstna dražila so tudi oglasni panoji, svetlobni stebri, osvetljene stavbe in stadioni. Takšnih dražil na našem odseku ni, slika 17.



Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Kompleksnost vidnega polja
Določite kompleksnost vidnega polja udeleženca v prometu.

V kolikšni meri osvetlitev in druga optična dražila povzročajo odklon, zavajanje oz. motenje udeleženca v prometu v njegovem vidnem polju (npr. oglasni panoji, svetlobni stebri, osvetljene stavbe ali stadioni)?

Pozor: Taka dražila lahko povzročijo težave pri prepoznavanju pomembnih predmetov (npr. signalnih naprav ali vozil, ki zavijajo).

Kompleksnost vidnega polja je

☒ normalno

☐ veliko

< Back Next > Cancel

Slika 17: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Na solkanskem mostu ni prisotnih nobenih parkiranih vozil, zato tega za svetlobno-tehnične izračune ne bomo uporabljali, slika 18.

Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Parkirana vozila
Ugotovite, ali je treba upoštevati parkirana vozila.

Je treba upoštevati parkirana vozila na robu cestišča?

☐ Da

☒ Ne

< Back Next > Cancel

Slika 18: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Težavnost krmarjenja
Določite težavnost krmarjenja za udeleženca v prometu.

Koliko truda mora udeleženec v prometu vložiti, da izbere smer vožnje in vozni pas oziroma da ohrani ali spremeni hitrost in položaj na cestišču?

Tako določeni trud je posledica prikazanih informacij in obstoječega optičnega vodenja na cesti.

Težavnost krmarjenja je

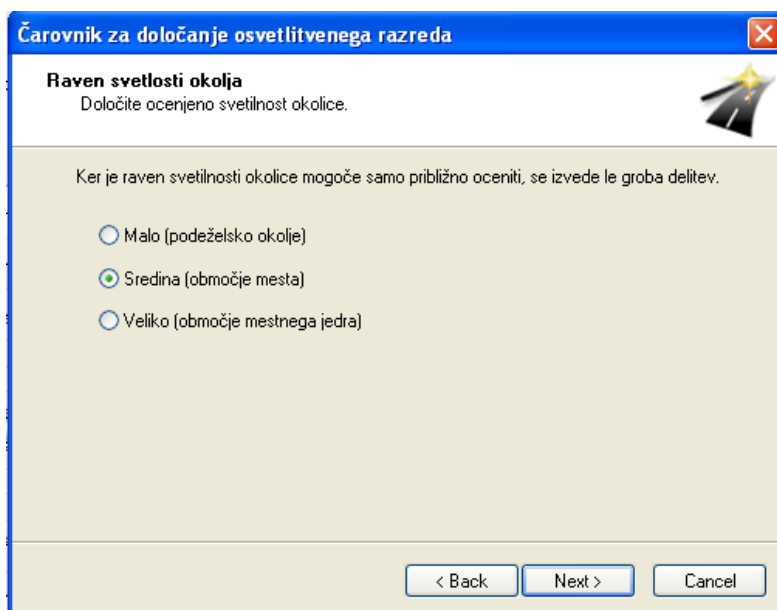
☒ normalno

☐ veliko

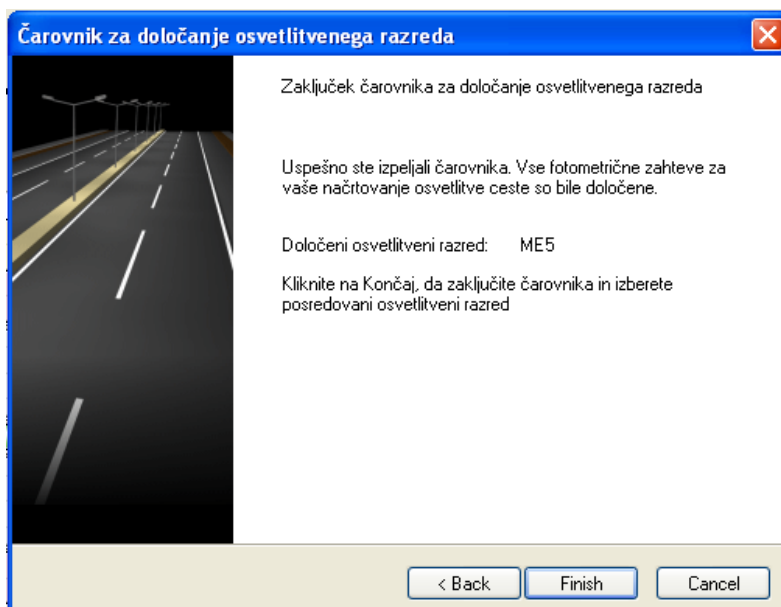
< Back Next > Cancel

Slika 19: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Za izbrani primer ni prisotnih težav krmarjenja vozil, slika 19. Za raven svetlosti okolja pa smo med tremi izbirami izbrali območje mesta. Čeprav je most rahlo odmaknjen iz mesta, je vselej bližje temu kot podeželskemu okolju, slika 20.



Slika 20: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda



Slika 21: Čarovnik za določanje osvetlitvenega razreda

Ko zaključimo z vnosom vseh informacij, čarovnik izbere osvetlitveni razred za naše svetlobno-tehnične izračune, slika 21. V tem primeru je bil izbran razred ME5, ki

ima parametre, predstavljene v tabeli 12. Za razred ME5 je najnižja vrednost L_m 0,5 cd/m^2 . Splošna enakomernost svetlosti ne sme biti manjša od 0,35, vzdolžna pa ne od 0,4. Prikazan primer je v tabeli 5. Omejevanje bleščanja mora dosegati 15 % ter nivo svetlosti 0,5, slika 3.

Tabela 12: Svetlobno-tehnični parametri za osvetlitveni razred ME5(DIALux, 2012)

Parametri	Mejna vrednost
L_m	$>0,5 \text{ cd/m}^2$
U_0	$>0,35$
U_I	$>0,4$
TI (mejni porast)	$<15 \%$
SR	$>0,5$

4.5 Vrednotenje rezultatov različnih proizvajalcev LED svetil

Za naš primer (to je 8 svetil na Solkanskem mostu), bomo primerjali LED svetila treh različnih proizvajalcev: Siteco, Hella in Philips. Najprej bomo ugotovili najboljše svetilo posameznega proizvajalca za naše parametre, ki so predstavljeni v tabelah 7 in 8. Ustrezati mora tudi svetlobno-tehničnim zahtevam iz tabele 12. Nato bomo najboljše rešitve modelirali in jih grafično prikazali s porazdelitvijo napačnih barv. »Prikaz napačnih barv« je prikaz porazdelitve gostote svetlobe na območju izračunavanja (cesta, parkirišče ali park). Porazdelitev napačnih barv nam prikazuje svetlobo na površini v cd/m^2 ali Lx/m .

4.5.1 LED svetila Siteco

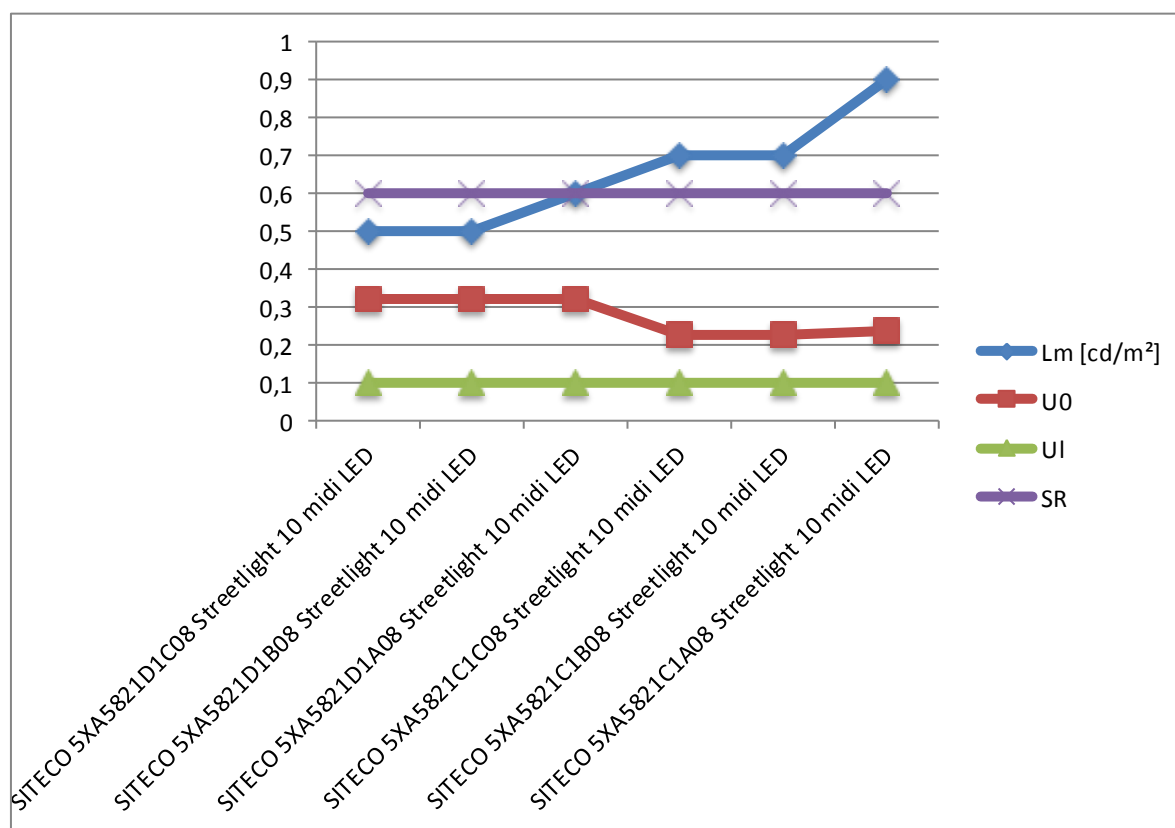
Podjetje Siteco ima svetila Streetlight 10 mini, ki so postavljena popolnoma v skladu z energetsko učinkovitostjo in zahtevami glede kakovosti razsvetljave.

Streetlight 10 ustreza zahtevam DIN EN 13201 za svetlobne razrede »S« in »ME«. Koncept zamenljivega optičnega modula je odlična možnost za prihodnost, ker omogoča preprosto menjavo ali nadgradnjo modula. S tem zagotavlja trajnostno in dolgoročno varno uporabo visokokakovostnega ohišja svetilke.

Primerna uporaba za tovrstna svetila so ceste in trgi za zbiranje. Svetila ustrezajo osvetlitvenim razredom S3 – S6 ter ME5 (Siteco, 2012).

Tabela 13: Rezultati Siteco svetil

Osvetlitveni razred	Svetilka	Svetilka	Rezultat	Lm [cd/m ²]	U0	UI	Tl (mejni porast) [%]	SR
ME5	SITECO 5XA5821D1C08 Streetlight 10 midi LED	LED nw	Ne zadostuje	0,5	0,32	0,1	1	0,6
ME5	SITECO 5XA5821D1B08 Streetlight 10 midi LED	LED nw	Ne zadostuje	0,5	0,32	0,1	1	0,6
ME5	SITECO 5XA5821D1A08 Streetlight 10 midi LED	LED nw	Ne zadostuje	0,6	0,32	0,1	1	0,6
ME5	SITECO 5XA5821C1C08 Streetlight 10 midi LED	LED nw	Ne zadostuje	0,7	0,23	0,1	9	0,6
ME5	SITECO 5XA5821C1B08 Streetlight 10 midi LED	LED nw	Ne zadostuje	0,7	0,23	0,1	9	0,6
ME5	SITECO 5XA5821C1A08 Streetlight 10 midi LED	LED nw	Ne zadostuje	0,9	0,24	0,1	9	0,6



Slika 22: Večparametrski prikaz doseženih rezultatov Siteco svetil

Siteco streetlight midi Led predstavlja 6 optičnih različic svetila. Na pogoje, ki so prisotni na cesti na solkanskem mostu, predstavljeni v tabelah 7 in 8, nobeno Sitecovo svetilo ne ustreza svetlobno-tehničnim pogojem osvetlitve. To je razvidno iz tabele 13, kjer je za vsako svetilko prikazan rezultat in njena ustreznost. V tabeli 13 in na sliki 22 so rezultati posameznih svetilk prikazani še v grafu. Čeprav eno Sitecovo svetilo dosega zelo visoko osvetlitev, kar $0,9 \text{ cd/m}^2$, je težava Sitecovih svetil v preveliki razdalji med sosednjima svetilkama, to je vidno v temi, ki nastaja

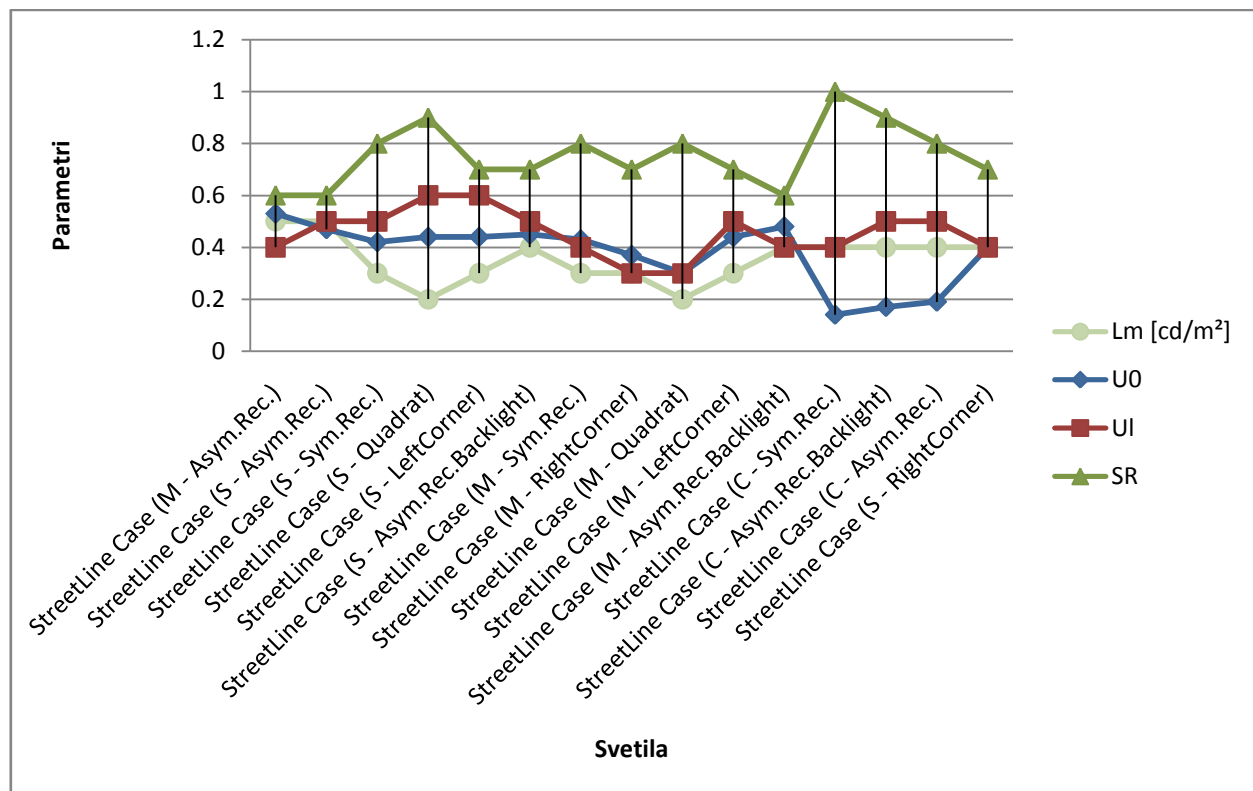
med sosednjima svetilkama. Drogovi sedanje razsvetljave so postavljeni na razdalji 34 m, kar povzroča z namestitvijo tovrstnih svetil precejšnjo praznino ali bolje rečeno temo med dvema svetiloma. Takemu pojavu pravimo različna svetlost in je prikazana v tabeli 5. Pojav različne svetlosti lahko vozniku oteži vožnjo, saj nenehno prehaja iz osvetljenega območja v temno in obratno. Še najboljše bi ustrezalo svetilo Siteco 5XA5821D1A08 Streetlight 10 Midi Led.

4.5.2 LED svetilaHella

Hella predstavlja svetilke družine StreetLine, ki so opremljene s štirimi avtonomnimi LED moduli. To so trenutno najboljša Hella LED svetila z različno optično zasnovo. Imajo dodaten široko asimetričen žarek in povečano sevanje kota na hrbtu, ki se prilagaja cestam S-in ME-razredov (ME4-ME6; S1-S4). LED-moduli so na voljo na štiri ravni moči (Hella svetila, 2012).

Tabela 14: Rezultati Hellinih svetil

Osvetlitveni razred	Svetilka	Rezultat	Lm [cd/m²]	U0	UI	TI (mejni porast) [%]	SR
ME5	HELLA ESL_CARM4 Eco StreetLine Case (M - Asym.Rec.)	Primeren	0,5	0,53	0,4	10	0,6
ME5	HELLA ESL_CARS4 Eco StreetLine Case (S - Asym.Rec.)	Ne zadostuje	0,5	0,47	0,5	16	0,6
ME5	HELLA ESL_CSRS4 Eco StreetLine Case (S - Sym.Rec.)	Ne zadostuje	0,3	0,42	0,5	16	0,8
ME5	HELLA ESL_CQVS4 Eco StreetLine Case (S - Quadrat)	Ne zadostuje	0,2	0,44	0,6	12	0,9
ME5	HELLA ESL_CVLS4 Eco StreetLine Case (S - LeftCorner)	Ne zadostuje	0,3	0,44	0,6	12	0,7
ME5	HELLA ESL_CARBS4 Eco StreetLine Case (S - Asym.Rec.Backlight)	Ne zadostuje	0,4	0,45	0,5	16	0,7
ME5	HELLA ESL_CSRM4 Eco StreetLine Case (M - Sym.Rec.)	Ne zadostuje	0,3	0,43	0,4	9	0,8
ME5	HELLA ESL_CVRM4 Eco StreetLine Case (M - RightCorner)	Ne zadostuje	0,3	0,37	0,3	7	0,7
ME5	HELLA ESL_CQVM4 Eco StreetLine Case (M - Quadrat)	Ne zadostuje	0,2	0,3	0,3	6	0,8
ME5	HELLA ESL_CVLM4 Eco StreetLine Case (M - LeftCorner)	Ne zadostuje	0,3	0,44	0,5	7	0,7
ME5	HELLA ESL_CARBM4 Eco StreetLine Case (M - Asym.Rec.Backlight)	Ne zadostuje	0,4	0,48	0,4	10	0,6
ME5	HELLA ESL_CSRC4 Eco StreetLine Case (C - Sym.Rec.)	Ne zadostuje	0,4	0,14	0,4	15	1
ME5	HELLA ESL_CARBC4 Eco StreetLine Case (C - Asym.Rec.Backlight)	Ne zadostuje	0,4	0,17	0,5	12	0,9
ME5	HELLA ESL_CARC4 Eco StreetLine Case (C - Asym.Rec.)	Ne zadostuje	0,4	0,19	0,5	12	0,8
ME5	HELLA ESL_CVRS4 Eco StreetLine Case (S - RightCorner)	Ne zadostuje	0,4	0,4	0,4	12	0,7



Slika 23: Večparametrski prikaz rezultatov Hella svetil

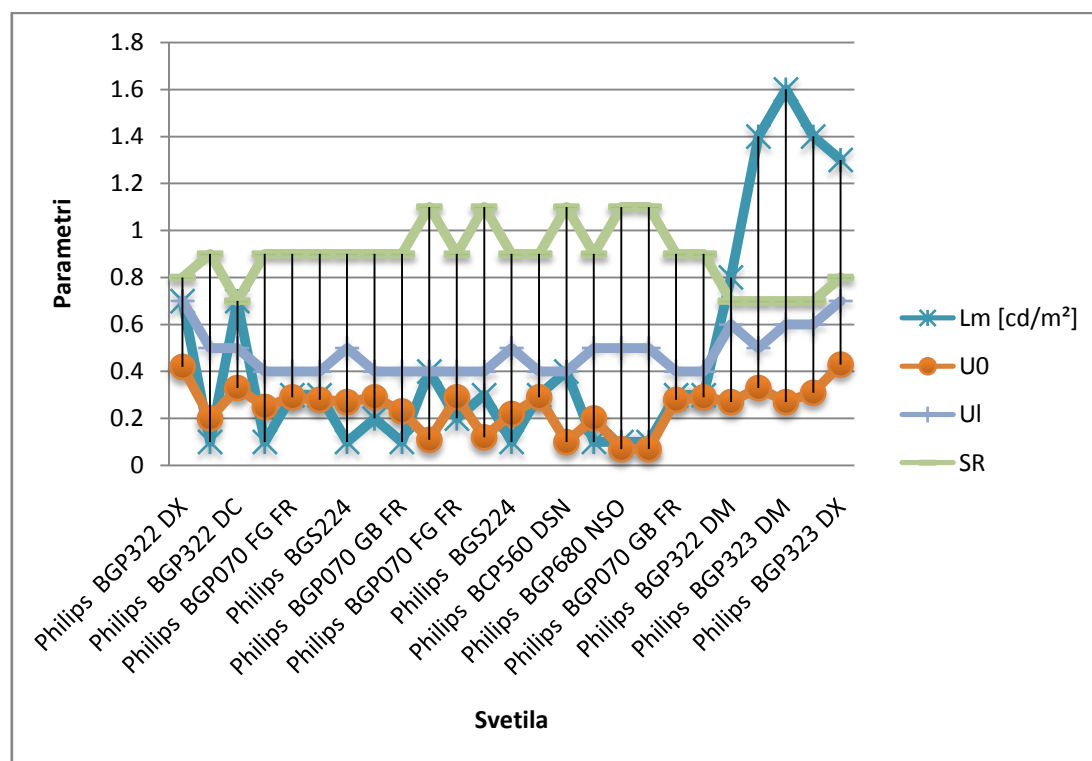
Vrednotili smo vsa izbrana svetila družine StreetLine glede na parametre, ki so prikazani v tabelah 7 ter 8. Na sliki 23 so razvidni naslednji rezultati. Od vseh Hellinih svetil bi bila, glede na naše cestne parametre in osvetlitveni razred, primerna le svetilka Hella Esl_Carm4 Eco StreetLine Case (M – Asym. Rec.). To je razvidno v tabeli 14, tretji stolpec. Rezultati so prikazani tudi v več parametrskem grafu, slika 23. Problem Hellinih LED svetil je v nizki koncentraciji svetlobe na površini (cd/m^2).

4.5.3 Philips LED svetila

Podjetje Philips proizvaja LED svetila za cestno razsvetljavo že nekaj let. Na trgu ima že precej proizvodov. Iz družine Philips smo izbrali vsa novejša LED svetila, ki so prisotna v Philipsovem katalogu za DIALux. Za naš izbrani položaj smo primerjali 25 različnih Philipsovih svetil.

Tabela 15: Rezultati Philipsovih svetil

Osvetlitveni razred	Svetilka	Svetilka	Rezultat	Lm [cd/m ²]	U0	UI	TI (mejni porast) [%]	SR
ME5	Philips BGP322 DX	GRN-1S/740	Primeren	0,7	0,42	0,7	14	0,8
ME5	Philips BGP680 MSO	LXML/WW/-	Ne zadostuje	0,1	0,2	0,5	17	0,9
ME5	Philips BGP322 DC	GRN-1S/740	Ne zadostuje	0,7	0,33	0,5	14	0,7
ME5	Philips BGP070 GB FR	LLM1100/730	Ne zadostuje	0,1	0,25	0,4	8	0,9
ME5	Philips BGP070 FG FR	LLM4500/740	Ne zadostuje	0,3	0,29	0,4	10	0,9
ME5	Philips BGP070 GB FR	LLM4500/740	Ne zadostuje	0,3	0,28	0,4	11	0,9
ME5	Philips BGS224	LLM1800/740/-	Ne zadostuje	0,1	0,27	0,5	12	0,9
ME5	Philips BGP070 GB FR	LLM3000/740	Ne zadostuje	0,2	0,29	0,4	10	0,9
ME5	Philips BGP070 GB FR	LLM1800/740	Ne zadostuje	0,1	0,23	0,4	9	0,9
ME5	Philips BCP560 DSN	PRO78-1S/740	Ne zadostuje	0,4	0,11	0,4	6	1,1
ME5	Philips BGP070 FG FR	LLM3000/740	Ne zadostuje	0,2	0,29	0,4	9	0,9
ME5	Philips BCP560 DSN	PRO58-1S/740	Ne zadostuje	0,3	0,12	0,4	6	1,1
ME5	Philips BGS224	LLM1100/740/-	Ne zadostuje	0,1	0,22	0,5	11	0,9
ME5	Philips BGP070 FG FR	LLM4500/740	Ne zadostuje	0,3	0,29	0,4	10	0,9
ME5	Philips BCP560 DSN	PRO68-1S/740	Ne zadostuje	0,4	0,1	0,4	6	1,1
ME5	Philips BGS451 MSO	LXML/WW/-	Ne zadostuje	0,1	0,2	0,5	17	0,9
ME5	Philips BGP680 NSO	LXML/WW/-	Ne zadostuje	0,1	0,07	0,5	16	1,1
ME5	Philips BGS451 NSO	LXML/WW/-	Ne zadostuje	0,1	0,07	0,5	16	1,1
ME5	Philips BGP070 GB FR	LLM4500/740	Ne zadostuje	0,3	0,28	0,4	11	0,9
ME5	Philips BGP070 FG FR	LLM4500/730	Ne zadostuje	0,3	0,29	0,4	10	0,9
ME5	Philips BGP322 DM	GRN-1S/740	Ne zadostuje	0,8	0,27	0,6	16	0,7
ME5	Philips BGP323 DC	GRN-1S/740	Ne zadostuje	1,4	0,33	0,5	16	0,7
ME5	Philips BGP323 DM	GRN-1S/740	Ne zadostuje	1,6	0,27	0,6	19	0,7
ME5	Philips BGP323 DW	GRN-1S/740	Ne zadostuje	1,4	0,31	0,6	17	0,7
ME5	Philips BGP323 DX	GRN-1S/740	Ne zadostuje	1,3	0,43	0,7	16	0,8



Slika 24: Večparametrski prikaz rezultatov Philipsovih svetil

Po vrednotenju Philipsovih svetil smo prišli do rezultata, da bi na naše pogoje ustrezalo le svetilo Philips BGP322 DX, tabela15, slika24. Rezultat je odraz prevelike razdalje med svetili. Nekatera svetila imajo v določenih parametrih precej boljši rezultat od Philips BGP322 DX. Njihov problem je tudi v preveliki meri T_i , ki je večji od 15 %. Ta odstotek je sicer zelo majhen, a je nad zahtevanim pogojem.

4.6 Modeliranje najboljše rešitve

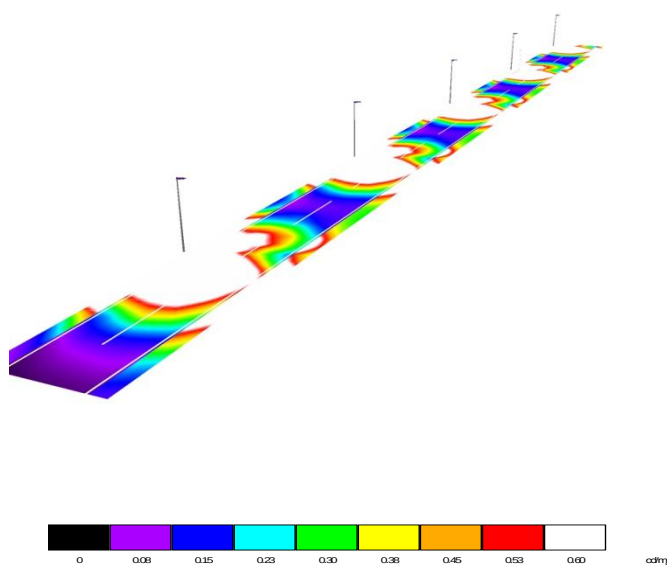
Izbrana najboljša svetila treh proizvajalcev v tem koraku modeliramo s programom DIALux in na tej osnovi opišemo njihove prednosti in slabosti v svetlobno-tehničnih izračunih. To je najpomembnejši del, saj moramo v primeru zamenjave svetil dokazati polno usklajenost svetilke z zahtevami osvetljenosti. Tudi v primeru, ko montiramo najbolj ekonomično in lepo razsvetljavo, to še ne pomeni, da je ta najboljša. Lahko se zgodi, da bomo v primeru pritožbe primorani to razsvetljavo zamenjati zaradi premajhne osvetljenosti, kar bi predstavljalo precejšen nepotreben strošek. Zato je prvi pogoj skladnost s svetlobno-tehničnimi zahtevami.

4.6.1 Varianta Siteco

Sitecova Streetlight 10 mini svetila našim že postavljenim pogojem ne ustrezajo. Glavni razlog je prevelika razdalja med sedanjimi drogovi. Razdaja 34 metrov je za tovrstna svetila prevelika. Na sliki 26 sicer opazimo zelo svetlečo površino tik pod svetilom, ampak tudi zelo zatemnjeno osvetlitev med sosednjimi svetili. To je še bolj razvidno na sliki 27 v pogledu POV-Ray. POV-Ray pogled je 3D prikaz osvetljenosti okolja, v našem primeru ceste. Svetilo bi bilo zelo ustrezno, če bi med vsakim drogom dodali še enega. Druga možnost pa je, da bi na nasprotno stran dodali še eno vrsto drogov, zamaknjenih za pol razdalje z nasprotne strani. Tovrstna varianta bi stroške obnove razsvetljave močno povečala. Zaradi teh rezultatov je Sitecova varianta neprimerna za naš primer.



Slika 25: Siteco 5XA5821D1A08 Streetlight 10 midi LED (Siteco, 2012)



Slika 26: Prikaz napačnih barv na cesti s svetilko Siteco 5XA5821D1A08 Streetlight 10 midi LED



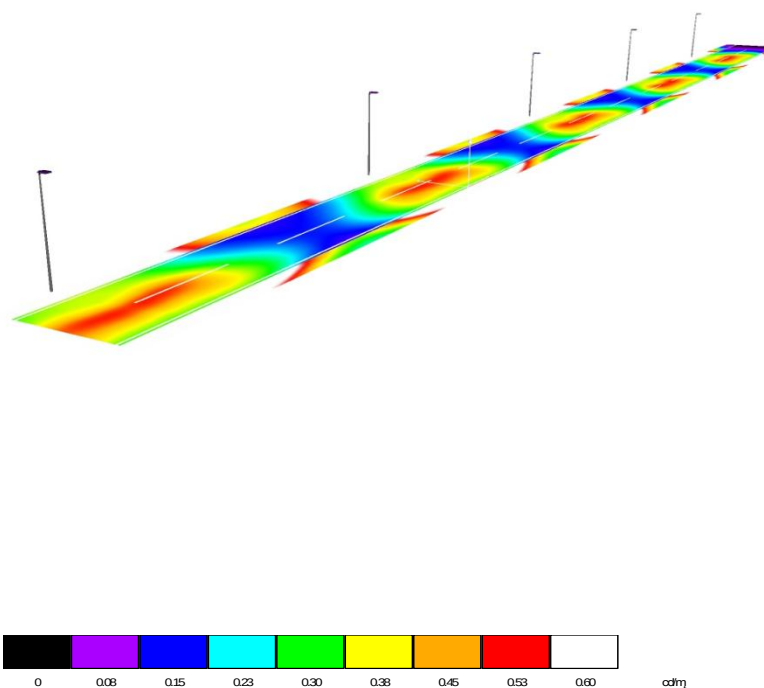
Slika 27: Prikaz ceste s svetilko Siteco 5XA5821D1A08 Streetlight 10 midi LED v pogledu POV-Ray

4.6.2 Varianta Hella

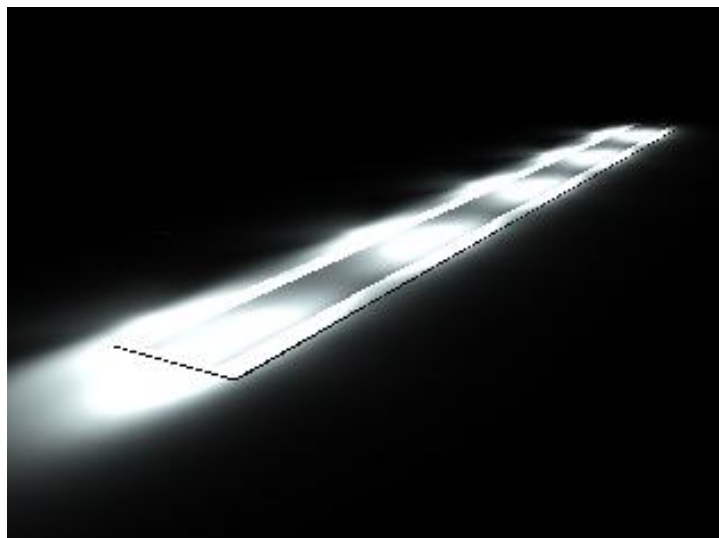
Od Hellinih svetil je ustrezala našim svetlobno-tehničnim zahtevam le svetilka Hella Esl_Carm4 Eco StreetLine Case (M – Asym.Rec.), slika 28. S pomočjo programa DIALux smo prikazali uporabo Helline svetilke na cesti čez solkanski most. Predstavljena je na sliki 29 s prikazom napačne porazdelitve barv. Svetloba je zelo lepo razporejena po celotni površini. Ne prihaja do prevelikih kontrastov svetlobe med delom pod svetilko in delom med dvema sosednjima svetilkama, slika 30. Svetilo zadovoljuje naše zahteve, zato je primerno za namestitev.



Slika 28: Hella Esl_Carm4 Eco StreetLine Case (M – Asym.Rec.) (Hella, 2012)



Slika 29: Prikaz napačnih barv na cesti s svetilko Hella Esl_Carm4 Eco StreetLine Case (M – Asym.Rec.)



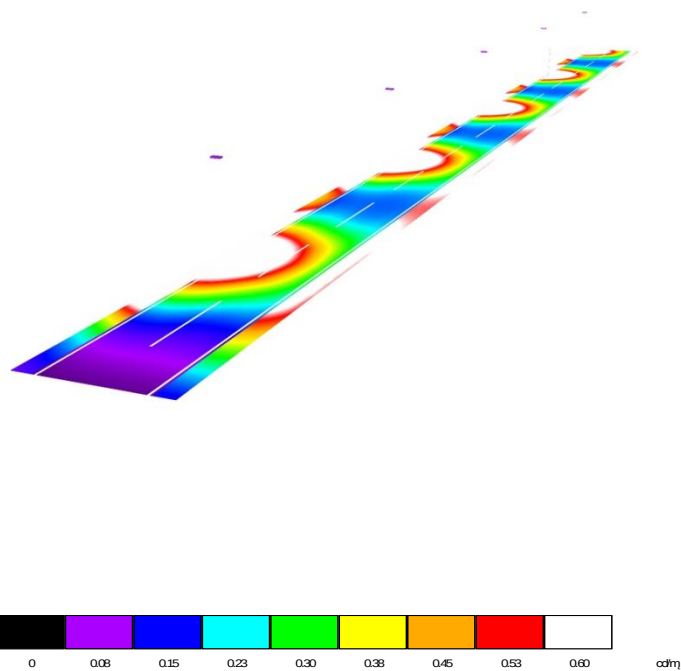
Slika 30: Prikaz ceste s svetilko Hella Esl_Carm4 Eco StreetLine Case (M – Asym.Rec.) v pogledu POV-Ray

4.6.3 Varianta Philips

Pri Philipsovih variantah je daleč najboljši svetlobno-tehnični rezultat izkazala svetilka Philips BGP 322 DX, slika 31. Ima zelo močno osvetlitev pod svetilko in med svetili ne pušča temačnega dela. Sicer je prisoten kar velik kontrast med svetlobo pod svetilom in svetlobo med sosednjimi svetili, sliki 32 in 33. Svetilka oddaja svetlobo v krogu, zato prihaja do takšne osvetlitve. Iz slike 3 je razvidno, da svetilke oddajajo svetlobo tudi zunaj cestišča, razlog za to je v optiki svetilke. Svetilka oddaja svetlobo v krogu. Drogovi na mostu so odmaknjeni od cestišča, zato prihaja do osvetlitve zunaj cestišča.



Slika 31: Philips BGP 322 DX (Philips, 2012)



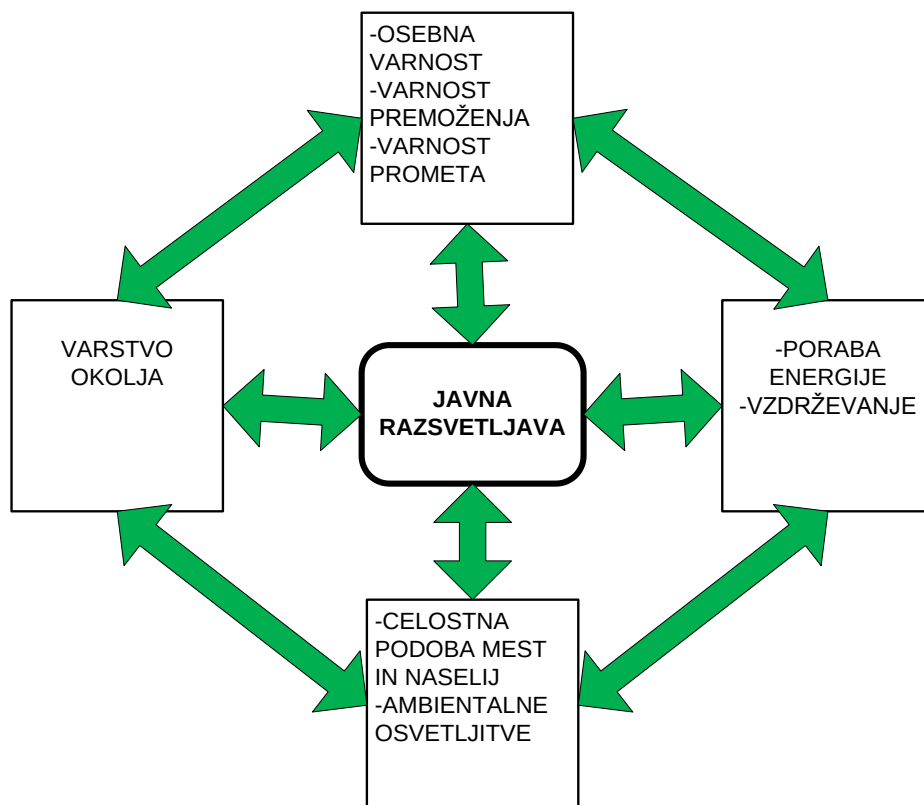
Slika 32: Prikaz napačnih barv na cesti s svetilko Philips BGP 322 DX



Slika 33: Prikaz ceste s svetilko Philips BGP 322 DX v pogledu POV-Ray

4.7 Prednosti in slabosti menjave

V prejšnjih korakih smo najprej ovrednotili svetilo po posameznih proizvajalcih in nato najbolj primerno svetilo vsakega proizvajalca prikazali in opisali posebej. Ta svetila so Philips BGP322 DX, slika 31, Hella StreetLine Case (M – Asym.Rec) slika 28, ter Siteco 5XA5821D1A08 Streetlight 10 midi LED, slika 25. Menjava obstoječih svetil Elektrokovina CD, slika 35, z izbranimi svetili bi imela določene prednosti in slabosti. Pri primerjavi moramo upoštevati štiri različne plati za ocenjevanje kakovosti cestne razsvetljave, to so: življenjska, tehnična, finančna in ekološka. Na sliki 34 je prikazana povezava med osebno varnostjo, varnostjo okolja, energijsko politiko in okoljsko podobo z javno razsvetljavo. Vendar je vse štiri plati hkrati težko zadovoljiti. V nekaterih primerih se dopolnjujejo, v nekaterih pa izključujejo. Zato je med njimi treba dobiti ustrezno sredino, tako da bodo skupni učinki cestne razsvetljave za celotno družbo čim boljši.



Slika 34: Povezave med različnimi platmi



Slika 35: Elektrokovina CD

4.7.1 Življenjska kakovost

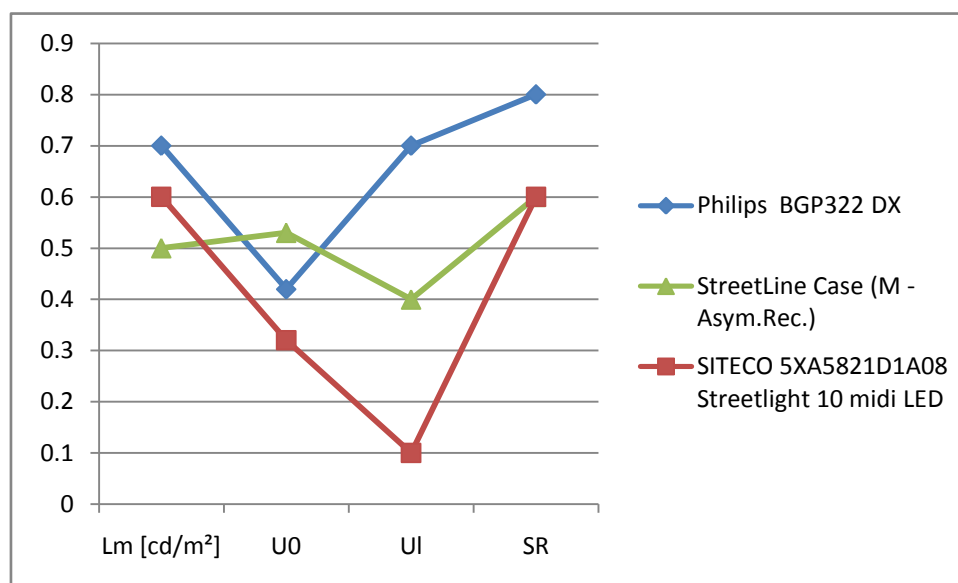
Cestna razsvetljava pripomore k izboljšanju kakovosti življenja. To je pomembno tudi zaradi prometnih nesreč, ki so pogostejše v nočnem času. S povečano osvetljenostjo površin lahko tudi zmanjšamo število kaznivih dejanj. Na našem določenem odseku sicer ni prisotnih stanovanjskih hiš, vendarleje odsek precej nevaren. Most je dolg in visok, zato lahko varno osvetljeno območje samo pripomore k boljši preglednosti nad dogajanjem na cestišču in ob njem. Veliko ljudi se odpravi na sprehod ali na pohod iz Solkana na Sabotin, tudi v večernem času. Izbrane variante bi glede na tehnologijo LED osvetljevale most z belo barvo, kar bi mostu

dodalo čar. Zdajšnja razsvetljava osvetljuje slabo. Nekatere svetilke so pregorele in že lep čas niso bile zamenjane.

4.7.2 Tehnična kakovost

Razsvetljava mora ustrezati določenim standardom in priporočilom. To dokažemo z izbiro osvetlitvenega razreda ter s svetlobno-tehničnimi izračuni.

Philipsovo ter Hellino svetilo ustrežata svetlobno-tehničnim pogojem, ki jih zahteva naš izbrani položaj. Sitecovo svetilo ne zadostuje tem zahtevam, zato ga ne moremo priporočiti kot primerno za namestitev na sedanje pogoje razsvetljave. Primerno bi postalo le, če bi sanirali celotno postavitve na mostu, kar bi pa predstavljalo precejšnji strošek. Zato bomo ostali pri že postavljenih drogovi.



Slika 36: Večparametrski prikaz rezultatov najustreznejših svetil treh proizvajalcev

S pomočjo slike 36 lahko boljše ocenimo, katero svetilo dosega najboljše rezultate v svetlobno-tehničnih izračunih. Sitecovo svetilo, na grafikonu prikazano z rdečo barvo, ne dosega standarda za naše pogoje, kar je razvidno iz zelo nizkega UI.

Razlog je v preveliki razdalji med sosednjimi svetili. Najboljše rezultate dosega Philipsovo svetilo, ki v treh od štirih parametrov presega Hellino.

4.7.3 Finančna ustreznost

Finančna plat javne razsvetljave je povezana s stroški izgradnje in obratovanja le-te. Razsvetljava, ki ne sveti, je videti najcenejša, vendar to ni res. Zaradi pomanjkanja razsvetljave lahko nastanejo drugi stroški. V Nemčiji je na primer lokalna skupnost dolžna poskrbeti za osvetljenost naselij in nevarnih odsekov (Bizjak, 2012b). V primeru kraje ali prometne nesreče lahko sprožijo proti odgovornim osebam odškodninski postopek zaradi neosvetljene cestne površine. V Sloveniji takšne politike ni. Nizka poraba električne energije in nižji stroški za naložbe in vzdrževanje, takšen je pogled večine ljudi o javni razsvetljavi. To pa zdaleč ni pravilno razmišljanje. Zagotoviti je treba pravilno osvetljenost z gospodarnim pogledom na finance. Zanimivo je tudi to, da odgovornost do javne razsvetljave nosijo tudi lastniki naprav, ki niso bile postavljene zaradi dolžnosti, ampak zaradi drugih vzrokov ali vzgibov. Nepostavljena ali nedelujoča razsvetljava pomeni kvečjemu večji strošek kot manjši. Ko k stroškom, ki nastanejo zaradi konkretnih odškodninskih zahtevkov, prištejemo še stroške, ki nastanejo zaradi izpada narodnega dohodka, kot posledica poškodb v prometnih nesrečah v nočnem času, se izkaže, da je obratujoča razsvetljava cenejša od razsvetljave, ki je ni.

V Nemčiji stane vzdrževanje cestne razsvetljave približno 6,5 € na prebivalca (Bizjak, 2012b). Če k temu dodamo še stroške za električno energijo, ocenjene na 3,5 €, pridemo do rezultata 10 € na prebivalca letno, kar ni drago. V Sloveniji so stroški nekoliko višji. Samo stroški električne energije znašajo od 4–6 € na prebivalca. To je predvsem posledica zastarele in energetske potratne razsvetljave, ki jo imamo. Občine se s težavo odločajo za prenovo zaradi velikih investicijskih stroškov. Če obnovimo cestno razsvetljavo, lahko investicijo povrnemo v 3-6 letih samo s tem, da v tem obdobju plačujemo isti ali celo manjši znesek od sedanjega. Rezultat bi se pokazal po povrnjeni investiciji. Imeli bi kakovostnejšo razsvetljavo s polovico manj stroškov. Ker se poleg porabe električne energije

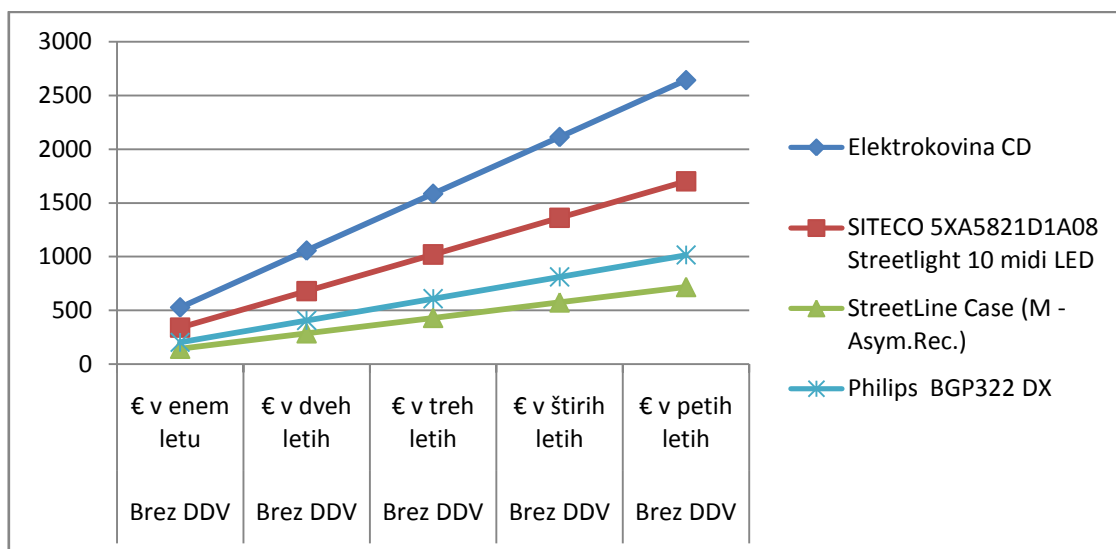
zmanjšajo tudi stroški za vzdrževanje (sijalke imajo daljšo življenjsko dobo), se doba vračanja investicije še skrajša (Bizjak, 2012b).

Svetila, ki smo jih s pomočjo svetlobno-tehničnih izračunov izbrali v našem primeru, imajo različno moč. Za primerjavo v tabeli 16 smo dodali tudi sedanje svetilo, Elektrovina CD. Izračun je predstavljen za vseh osem svetil na mostu. K svetilom je prišteto tudi povprečnih 10 % izgube, ki nastane pri predstikalnih napravah. V izračunih je upoštevano, da svetila svetijo 4000 ur v letu, kar predstavlja nekaj manj kot 11 ur na dan. Cena kWh je 0,06 €. To je povprečen podatek cene kWh, ker natančnega podatka ni mogoče izslediti. Rezultati so pokazali, da bi v primerjavi s sedanjo rešitvijo največ denarja prihranili z uporabo svetilke proizvajalca Hella, 384,4 € v enem letu. To na svetilo pomeni 48,05 € letno.

Tabela 16: Primerjava porabe električne energije med svetili

	Moč	Število sijalk	Izgube predstikalnih naprav	Skupna moč vseh svetil	Letna poraba (normativno – pravilnik)	Cena električne energije	Predvideno plačilo brez DDV
	W		%	W	kWh/leto (4000h)	€/kWh	€ v enem letu
Elektrovina CD	250	8	10	2200	8800	0,06	528,0
Siteco 5XA5821D1A08 Streetlight 10 midi LED	161	8	10	1416,8	5667,2	0,06	340,0
Hella Esl_Carm4 Eco StreetLine Case (M – Asym.Rec.)	68	8	10	598,4	2393,6	0,06	143,6
Philips BGP 322 DX	96	8	10	844,8	3379,2	0,06	202,8

Če te podatke izračunamo za pet let, ob nespremenjeni vrednosti denarja, dobimo rezultate, ki so prikazani v tabeli 17 ter sliki 37. Rezultati kažejo, da v obdobju petih let z uporabo najbolj ugodne svetilke Hella prihranimo 63 % denarja, ki bi ga porabili, če bi obstali pri sedANJI razsvetljavi. S tem prihrankom lahko pokrijemo del ali v obdobju več let tudi celotno investicijo



Slika 37: Prikaz stroškov porabe električne energije svetil v petih letih

Tabela 17: Prikaz stroškov porabe električne energije svetil v petih letih

	Predvideno plačilo € v enem letu	Predvideno plačilo € v dveh letih	Predvideno plačilo € v treh letih	Predvideno plačilo € v štirih letih	Predvideno plačilo € v petih letih
Elektrokovina CD	528	1056	1584	2112	2640
SITECO 5XA5821D1A08 Streetlight 10 midi LED	340	680	1020	1360	1700
Hella StreetLine Case (M – Asym.Rec.)	143,6	287,2	430,8	574,4	718
Philips BGP322 DX	202,8	405,6	608,4	811,2	1014

4.7.4 Ekološka kakovost

Ekološka kakovost je usmerjanje k zmanjševanju škodljivih vplivov na okolje. Javna razsvetljava večinoma negativno vpliva na okolje. Zato je treba oceniti ekološki vpliv trenutnega stanja in stanja po menjavi. Poseg v prenovo upravičimo le v primeru, da z novo razsvetljavo znižamo negativen ekološki vpliv, ki ga ima sedanja razsvetljava. Svetila, ki so sedaj prisotna na našem odseku, imajo 10° naklon navzgor. To je v nasprotju z uredbo o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja, saj svetilka ne sme svetiti navzgor. To pomeni, da je zamenjava svetil le vprašanje časa.

Cestna razsvetljava je tudi porabnik električne energije. Pri proizvodnji električne energije nastajajo določeni vplivi na okolje: degradacija okolja in emisije toplogrednih plinov. Del teh vplivov je mogoče pripisati tudi cestni razsvetljavi. Vendar je cestna razsvetljava majhen porabnik električne energije, 0,1–0,2 % celotne porabe energije v državi ali 0,7–0,9 % porabljene električne energije v državi. Ta delež z leta v leto pada zaradi uvedbe varčnejših svetlobnih virov. Z menjavo bi preprečili nepotrebno bleščanje v nebo, saj ima sedanja razsvetljava nagib in sveti deloma tudi navzgor. S tem bi omejili tudi vpliv na živali, ki nastaja zaradi tega. Svetlobni vir na primer privlači insekte. Zaradi tega vedno obstaja nevarnost, da cestna razsvetljava zmoti naravni življenjski ritem različnih vrst žuželk. Vemo tudi, da imajo svetilke Elektrokovina CD (slika 35) izbočeno steklo. Zaradi tega tudi prihaja mrčes v notranjost svetilke. Nove svetilke bi imele ravno steklo, kar bi močno zmanjšalo ta problem.

5 ANALIZA SWOT

Ena najpogostejše uporabljenih analiz v sklopu poslovnih ved je analiza SWOT (Wikipedija, 2012; Cikajlo in Gider, 2010). Črke v kratiki pomenijo:

- S-strengths (prednosti)
- W-weaknesses (slabosti)
- O-opportunities (priložnosti)
- T-threats (nevarnosti)

Namen analize SWOT je pomoč pri strateških odločitvah. Uporabimo jo lahko na sebi, na drugih ali na vseh ravneh poslovanja. To velja za produkte, serijo produktov, podjetje, trg, konkurenco itn. Pri analizi SWOT upoštevamo štiri različne aspekte, in sicer prednosti, slabosti, priložnosti ter nevarnosti. Najprej je potrebno razmejiti na prednosti/slabosti in priložnosti/nevarnosti. Prva dva aspekta se nanašata na notranje dejavnike, druga dva na zunanje dejavnike. Glavna razlika teh dveh aspektov je, da se notranjim lahko prilagodimo, razvijemo ali ukrepamo. Pri zunanjih dejavnikih nimamo vpliva in nanje ne moremo neposredno vplivati. Torej največja razlika med tema dvema dejavnikoma je, da na prvega lahko vplivamo, na drugega pa ne.

- Prednosti: Nanašajo se na notranje dejavnike, ki vplivajo pozitivno na doseg določenega cilja.
- Slabosti: Predstavljajo šibkosti, področja, kjer bi se morali izboljšati ter področja, kjer smo resnično ranljivi.
- Priložnosti: So elementi izven našega vpliva, ki pozitivno vplivajo na naše delovanje ali bodo v zunanjem okolju nastopili v bližnji prihodnosti.
- Nevarnosti: Predstavljajo potencialni negativni vpliv, na katerega ne moremo vplivati.

Skupna točka je v tem, da gradimo na prednostih, odpravimo pomanjkljivosti, izkoristimo priložnosti ter se izognemo nevarnostim.

5.1 Prednosti

Ključna prednost pri menjavi svetil je zmanjšanje porabe električne energije in s tem tudi stroškov za javno razsvetljavo. K prednostim lahko izpostavimo usklajenost novih svetil z uredbo o omejevanju bleščanja, saj imajo svetila ravna stekla in bi bila postavljena brez nagiba.

5.2 Slabosti

Slabost opazimo pri zastareli infrastrukturi. Drogovi so postavljeni na precejšnji razdalji eden od drugega, kar predstavlja problem pri usklajevanju s svetlobno-tehničnimi standardi.

5.3 Priložnosti

Priložnost se pojavi pri nadgradnji sistema. Ob že postavljeni razsvetljavi je mogoče vzpostaviti še dodatne funkcije. Lahko bi na primer namestili različne senzorje, kot je števec prometa. Pri tem bi lahko morebitno obnovo ceste dokazali z informacijami, pridobljenimi iz senzorjev.

5.4 Nevarnosti

Negativne vplive ima osvetljava na insekte. Vpliv na insekte z menjavo vidno zmanjšamo, a ga ne rešimo povsem. Nevarnost predstavlja tudi morebitna nadgradnja zdajšnje zakonodaje. Ostrejša zakonodaja bi pomenila dodaten strošek pri ponovni obnovi razsvetljave, če bi se sedanja izkazala za neustrezno.

6 ZAKLJUČKI

Zunanja razsvetljava je prisotna že več kot stoletje v našem okolju. Z njo je možno povečati učinkovitost in varnost na zunanjih površinah. Poleg same osvetlitve, z razsvetljavo dosegamo še druge učinke, kot so na primer omogočanje ustreznega vidnega zaznamovanja, energetska učinkovitost in omejevanje posegov v naravno okolje. Žal ima večina sedaj nameščene zunanje razsvetljave le malo tovrstnih lastnosti in pozitivnih učinkov. Stara razsvetljava dosega nizko varnost, za sedanje čase, ko je varčevanje najbolj pomembno, je precej potratna in v večini primerov tudi ekološko sporna. Morebitno slabo vzdrževanje pripelje do še slabših razmer. Zaradi takšnega stanja je natančno načrtovanje obnove starih potratnih svetilk zelo pomembno. S pravilnim načrtovanjem lahko uskladimo vse pomembnejše pogoje, ki jih zahteva zunanja razsvetljava. Močno se lahko zmanjša svetlobno onesnaževanje, saj svetila ne smejo imeti naklona. Z vpeljevanjem tehnologije LED zmanjšamo porabo električne energije in s tem tudi stroške. Paziti je potrebno le, da svetila, ki smo jih izbrali za zamenjavo, ustrezajo svetlobno-tehničnim zahtevam določene zunanje scene. Ko se odločimo za sanacijo, je treba bistveno izboljšati trenutno stanje. Obnova je velik strošek, zato je treba upravičiti njeno izvedbo.

V delu smo za odsek ceste na solkanskem mostu ovrednotili predloge svetil treh različnih proizvajalcev. Od vsakega proizvajalca smo izbrali najboljšo varianto. Nato smo najprimernejše tri svetilke primerjali med sabo v življenjskem, tehničnem, finančnem in ekološkem vidiku. Rezultat dela je predlog menjave s Hellino svetilko. Razlog je v tem, da izpolnjuje svetlobno-tehnične zahteve in je finančno bolj rentabilna od Philipsove. Menjava prinaša precejšnje zmanjšanje porabe električne energije, kljub zastareli infrastrukturi. Priložnost menjave omogoča nadgradnjo dodatnih sistemov na svetilkah. Nevarnost pa predstavlja še vedno prisoten negativni vpliv na žuželke.

7 LITERATURA

Bizjak, G. Projektiranje cestne razsvetljave. Pridobljeno 3. 5. 2012(a) s svetovnega spleta: http://passthrough.fw-notify.net/download/784152/http://lrf.fe.uni-lj.si/svet_tehnika/FE%2011%20Projektiranje%20cestne%20razsvetljave.pdf

Bizjak, G. Kakovostna cestna razsvetljava. Pridobljeno 12. 5. 2012(b) s svetovnega spleta: http://lrf.fe.uni-lj.si/svet_tehnika/FE%2010%20Kakovostna%20cestna%20razsvetljava.pdf

Cikajlo I., Gider F., 2010 Tehnike reševanja problemov, str.: 10 (Založba Univerze v Novi Gorici, Nova Gorica)

Color rendering and luminous efficiency. Pridobljeno 21. 5. 2012 s svetovnega spleta: http://www.rp-photonics.com/rgb_sources.html

DIALux. Pridobljeno s svetovnega spleta dne 20. 3. 2012:
<http://www.intra.si/dialux.aspx>

Dial light bulding software. Pridobljeno s svetovnega spleta dne 20. 3. 2012:
<http://www.dial.de/DIAL/de/home.html>

Envigence. Pridobljeno 3. 5. 2012 s svetovnega spleta: <http://www.envigence.si/>

Google maps, Pridobljeno 21. 5. 2012 s svetovnega spleta: <http://maps.google.com/>

Hella svetila. Pridobljeno s svetovnega spleta dne 20. 3. 2012: <http://www.hella.com/hella-com/322.html>

Jurkos. Pridobljeno 3. 1. 2013 s svetovnega spleta: <http://www.jurkos.com>

Menedžment javne razsvetljave. Pridobljeno s svetovnega spleta dne 20. 3. 2012:
http://www.kssena.si/upload/text_files/166/Sinenrrgija%20%C2%BBRazsvetljava%C2%AB.pdf

Mikuž H., Razsvetljava in trajnostni razvoj. Pridobljeno 4. 5. 2012 s svetovnega spleta: http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/podrocja/svetlobno_onesnazevanje/svetlobna_razprava_herman_mikuz.pdf

Narisada, K.,Schreuder, D.,2004 Light Pollution Handbook. Groningen, Springer, str.936

Nov sistem Javne razsvetljave. Pridobljeno s svetovnega spleta dne 20. 3. 2012:
<http://www.e-m.si/media/eges/casopis/2011/5/21.pdf>

PISO. Pridobljeno 3. 5. 2012 s svetovnega spleta: <http://www.piso.si>

Planinšek V., Orgulan A., Eršne S.,2001 zmanjšanje motečih emisij svetlobe.
Pridobljeno s svetovnega spleta:
http://www.temnonebo.org/images/pdf/svetlobno_onesnazenje_zbornik.pdf

Potočnik E., Svetlobno onesnaževanje in astronomija. Pridobljeno 24. 4. 2012 s svetovnega spleta: http://www2.arnes.si/~gljsentvid10/sve_onesnaz_raz_eva_poto05_06_.html

Philips. Pridobljeno 20. 7. 2012 s svetovnega spleta:
http://www.ecat.lighting.philips.com/l/led/functional-lighting/speedstar/910503892518_eu/

Siteco. Pridobljeno 20. 7. 2012 s svetovnega spleta:
<http://www.siteco.si/asset/%2A/RGB544x544/788/5XA5821D1B08.jpg>
<http://www.siteco.com/?id=15266>

Slovensko društvo za razsvetljavo. Pridobljeno 21.11.2012 s svetovnega spleta:
<http://www.sdr.si/sl/o-drustvu.html>

Študija za prenovu javne razsvetljave v občini, Podjetje Envigence d.o.o. 20. 5. 2012

Zakonodaja. (UL RS, št. 81/2007), Pridobljeno 28. 7. 2012 s svetovnega spleta:
http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r00/predpis_URED4520.html

Wikipedija, SWOT Analiza. Pridobljeno 22. 11. 2012 s svetovnega spleta:
http://hr.wikipedia.org/wiki/SWOT_analiza

