

Projektiranje rasvjete u edukacijskim ustanovama s naglaskom na osiguranje kvalitete

Vori, Alen

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:711049>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-22**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





Sveučilište Sjever

Završni rad br. 509/EL/2022

Projektiranje rasvjete u edukacijskim ustanovama s naglaskom na osiguranje kvalitete

Alen Vori, 3810/336



Sveučilište Sjever

Elektrotehnika

Završni rad br. 509/EL/2022

Projektiranje rasvjete u edukacijskim ustanovama s naglaskom na osiguranje kvalitete

Student

Alen Vori, 3810/336

Mentor

Dr. sc. Josip Nađ

Varaždin, listopad 2022. godine

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

| | | | |
|-----------------------------|--|--------------|----------------------|
| ODJEL | Odjel za elektrotehniku | | |
| STUDIJ | preddiplomski stručni studij Elektrotehnika | | |
| PRISTUPNIK | Alen Vori | MATIČNI BROJ | 3810/336 |
| DATUM | 30.09.2022. | KOLEGIJ | Osiguranje kvalitete |
| NASLOV RADA | Projektiranje rasvjete u edukacijskim ustanovama s naglaskom na osiguranje kvalitete | | |
| NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU | Lighting design in educational institutions with an emphasis on Quality Assurance | | |
| MENTOR | dr. sc. Josip Nađ | ZVANJE | Predavač |
| ČLANOVI POVJERENSTVA | 1. mr.sc. Ivan Šumiga, viši predavač | | |
| | 2. Josip Srpak, viši predavač | | |
| | 3. dr. sc. Josip Nađ, predavač | | |
| | 4. Miroslav Horvatić, viši predavač | | |
| | 5. | | |

Zadatak završnog rada

BROJ 509/EL/2022

OPIS

U sklopu ovog završnog rada je potrebno obraditi proces projektiranja rasvjete u edukacijskim ustanovama s pogleda osiguranja kvalitete.

U uvodnom dijelu završnog rada je potrebno prikazati osnovne principe projektiranja rasvjete, te naglasiti vezu prema osiguranju kvalitete.

Glavni dio završnog rada treba sačinjavati obradu primjera projektiranja rasvjete u izabranoj edukacijskoj ustanovi, s navođenjem svih korištenih propisa i pravilnika.

Na kraju je potrebno dati kritički osvrt na ažurnost postojećih propisa i pravilnika.

ZADATAK URUČEN

03.10.2022



JNađ

Sažetak

Završni rad podijeljen je u četiri djela. Glavni dijelovi završnog rada su teorijski i praktični dio. U teorijskom djelu rada navedene su opće informacije o svjetlosti te kako ju čovjek percipira. Navedeni su umjetni izvori svjetlosti te njihova podjela. Objasnjeno je proces projektiranja rasvjete, te kategorije koje su bitne kod projektiranja. U praktičnom djelu rada objašnjeno je korištenje profesionalnih softvera Relux i AutoCAD te su ispisani rezultati svjetlotehničkog proračuna popraćeni 3D vizualizacijom projektiranih prostora. Dijelovi rada koje povezuje s osiguranjem kvalitete su europske norme za rasvjetu i usporedba rezultata. Projektiranjem rasvjete moraju se poštivati norme i propisi kao što je navedeno u radu. Da bi se provjerila točnost softvera, napravljena je usporedba rezultata koje daje softver te izračunatih ručno pomoću kalkulatora.

Ključne riječi: *rasvjeta, svjetlost, žarulje, projektiranje rasvjete*

Popis korištenih kratica

| | |
|-------------------------|---|
| CAD | computer-aided design tj. Računalno potpomognuti dizajn |
| UR | ultraljubičasto |
| IR | infracrveno |
| cd | kandela |
| cd/m² | kandela po metru kvadratnom |
| lm | lumen |
| lx | lux |

Sadržaj

| | | |
|--------|--|----|
| 1. | Uvod..... | 1 |
| 2. | Teorijski dio | 2 |
| 2.1. | Svjetlost | 2 |
| 2.2. | Umjetni izvor svjetlosti | 3 |
| 2.2.1. | LED rasvjeta | 4 |
| 2.2.2. | Sigurnosna i evakuacijska rasvjeta | 6 |
| 2.2.3. | Svjetiljke | 7 |
| 2.3. | Projektiranje rasvjete | 9 |
| 2.3.1. | Nivo osvjetljenosti | 9 |
| 2.3.2. | Ravnomjernost osvjetljenja..... | 9 |
| 2.3.3. | Ograničenje blještanja..... | 10 |
| 2.3.4. | Smjer upada svjetlosti | 10 |
| 2.3.5. | Raspodjela sjajnosti | 11 |
| 2.3.6. | Klima boja..... | 11 |
| 2.4. | Svjetlotehničke veličine..... | 12 |
| 2.4.1. | Rasvjetljenost..... | 12 |
| 2.4.2. | Svjetlosni tok | 12 |
| 2.4.3. | Luminancija | 13 |
| 2.4.4. | Jakost svjetlosti | 14 |
| 2.4.5. | Srednja osvjetljenost prostora..... | 15 |
| 2.4.6. | Ujednačenost osvjetljenja | 17 |
| 2.4.7. | Visina ovješnja | 17 |
| 2.4.8. | Referentna visina | 17 |
| 3. | Europske norme za rasvjetu | 18 |
| 3.1. | Rasvjeta radnih mjesta – 1. dio..... | 19 |
| 3.2. | Rasvjeta radnih mjesta – 2. dio..... | 20 |
| 3.3. | Nužna rasvjeta | 21 |
| 4. | Praktični dio | 22 |
| 4.1. | Opis..... | 22 |
| 4.2. | Projektiranje rasvjete | 22 |
| 4.2.1. | Prikupljanje podataka | 22 |
| 4.2.2. | Izrada digitalne podloge..... | 22 |
| 4.2.3. | Projektiranje rasvjete | 22 |
| 4.2.4. | Projektno rješenje | 23 |
| 4.3. | Prikupljanje podataka | 23 |
| 4.4. | Izrada digitalne podloge | 24 |
| 4.5. | Projektiranje rasvjete | 29 |
| 4.6. | Projektno rješenje | 40 |
| 4.7. | Rezultati svjetlotehničkog proračuna | 42 |
| 5. | Usporedba rezultata | 61 |
| 6. | Zaključak..... | 62 |
| 7. | Literatura..... | 63 |
| | Popis slika | 66 |
| | Popis tablica | 67 |

1. Uvod

Nakon otkrića nafte, ugljena i ostalih izvora goriva kojima se može proizvoditi električna energija, dugo vremena ljudi se nisu obazirali na energiju koja se troši na rasvjetu. Tek krajem dvadesetog stoljeća ljudi počinju voditi brigu o Zemlji i njenom zagađenju. U današnje vrijeme život bez električne energije je nezamisliv, bilo da se radi o nekim informatičkim tehnologijama ili o nečem drugom. Isto vrijedi i za rasvjetu. Život bez električne rasvjete je nezamisliv. Električna rasvjeta prisutna je kod izvršavanja nekih zadataka, kod ugođaja, djeluje na psihičko stanje čovjeka te pomoću rasvjete razlikujemo boje, oblike i detalje kojima čovjek sebi u glavi vizualizira prostor. Budući da se umjetna rasvjeta koristi sve više i u većim količinama, mora se gledati i na ekonomičnost rasvjete koja se kupuje/projektira. Rasvjeta koju koristimo 90% vremena ne smije trošiti puno električne energije jer će cijena biti visoka. Cilj korištenja rasvjete je dobiti veliki faktor osvjetljenja za što manju potrošnju električne energije. Savršen primjer je LED žarulja koja troši malo električne energije, a daje veliku osvjetljenost. Rasvjeta, ne samo da služi za ugodu, već u nekim situacijama može spasiti život. Dolaskom do prirodne nepogode kao što je potres, poplava itd. u većini slučajeva dolazi do nestanka električne energije. To znači da nijedna rasvjeta neće svijetliti osim evakuacijskih i sigurnosnih svjetiljki. U tom slučaju one mogu spasiti život jer će pokazati put do izlaza iz neke zgrade. Projektiranje rasvjete u edukacijskim ustanovama (vrtić, škole, sveučilišta, veleučilišta) sastavni je dio projekta na području elektrotehnike. Ovisno o kupcu, definira se što jedan projekt mora sadržavati. Projekt električne rasvjete u edukacijskim ustanovama mora zadovoljavati određene norme rasvijetljenosti koje su propisane tehničkom normom za rasvjetu unutarnjih prostora pod oznakom HRN 12464-1. Njome su definirane minimalne vrijednosti koje svjetlotehnički proračun mora zadovoljiti.

Softveri korišteni u izradi projekta su AutoCAD i Relux. AutoCAD je vodeći softver za konstrukciju, dizajniranje i crtanje tehničkih crteža. AutoCAD je softver tvrtke autodesk, koja studentima omogućuje besplatnu licencu. Relux je softver pomoću kojeg se vrši svjetlotehnički proračun i 3D vizualizacija prostora. Tvrtka u kojoj je izrađen praktični dio je Ozone Plus te oni posjeduju profesionalnu licencu za taj softver. Projektni zadatak rada je objasniti način izvršavanja projektiranja rasvjete u Dječjem vrtiću Berek te ispisati svjetlotehnički proračun i vidjeti zadovoljava li on norme koje su propisane za taj prostor. Osim navedenog, cilj ovog rada je izračunati osvjetljenost prostorije pomoću formula u elektrotehnici te usporediti dobivene rezultate. Samim time provjerava se i točnost korištenog softvera.

2. Teorijski dio

2.1. Svjetlost

Čovjekovo najvažnije osjetilo je osjetilo vida. Prema istraživanju Fakulteta zdravstvenih znanosti u Londonu 2016. godine, zaključeno je da čovjek pomoću osjetila vida dobiva 80% svih informacija koje prima. Bez svjetla to nije moguće, dakle može se reći da se pomoću svjetla doživljava svijet oko sebe. Svjetlost, osim što omogućuje da se vidi, utječe i na čovjekovo raspoloženje i osjećaje. Nedovoljni ili potpuni izostanak svjetla stvara osjećaj nesigurnosti. Svjetlost je elektromagnetsko zračenje u rasponu valnih duljina $10^{-7} - 10^{-3} m$ [1]. Svjetlost izaziva osjet vida nadraživanjem mrežnice u oku.



Slika 2.1 Spektar boja

Od ukupnog elektromagnetskog zračenja, što ga izaziva svjetlost, vidljivo je samo zračenje valnih duljina u rasponu 380 – 780 nm. Takvo zračenje se naziva vidljivi dio spektra. Iznad 780 nm nalazi se infracrveno (IR), a ispod 380 nm ultraljubičasto (UR) područje.

| Zračenje | Valna duljina |
|-------------------|----------------------|
| UV – C | 100 – 280 nm |
| UV – B | 315 – 380 nm |
| UV – A | 315 – 380 nm |
| Vidljivo zračenje | 380 – 780 nm |
| IR - A | 780 nm – 1,4 μm |
| IR – B | 1,4 – 3 μm |
| IR – C | 3 μm – 1 mm |

Slika 2.2 Valna duljina za određeno zračenje

IR područje obuhvaća valne duljine 780 nm – 1 mm, a UR zračenje obuhvaća valne duljine 100 – 380 nm. Izvor svjetla dijeli se u dvije kategorije: Umjetni izvori svjetlosti i prirodni izvori svjetlosti.

2.2. Umjetni izvor svjetlosti

Pod umjetni izvor svjetlosti spadaju sva tijela koja daju svjetlost pomoću protjecanja struje. Umjetno svjetlo može se generirati na dva načina: luminiscentnim zračenjem i termičkim zračenjem [1]. Žarulje koje koriste princip termičkog zračenja su standardne i halogene. Prolaskom struje, žarna nit se grije i žarulja isijava. Prednosti halogene žarulje su: veća svjetlosna iskoristivost, dulji vijek trajanja, male dimenzije, optimalna kontrola svjetla.



Slika 2.3 Standardna i halogena žarulja

Prelazak elektrona iz jedne u drugu energetska razinu rezultira luminiscentnim zračenjem. Pod luminiscentno zračenje spadaju: LED, izotopna žarulja, laser, elektro luminiscencija, foto luminiscencija, kemo i bio luminiscencija, termo luminiscencija, tribo luminiscencija i radio luminiscencija. Energiju potrebnu za luminiscenciju moguće je dovesti na više načina [2].

| Luminiscencija | Energija koju daje | Primjer nastanka |
|------------------------|----------------------------|--|
| Elektro luminiscencija | Električna energija | Svijetljenje tvari pod utjecajem električne struje |
| Foto luminiscencija | Elektromagnetsko zračenje | Posljedica obasjavanja određenih kemijskih tvari svjetlošću svih valnih duljina |
| Kemo luminiscencija | Energija kemijske reakcije | Nastaje u vezi s kemijskim promjenama u nekim kemijskim tvarima |
| Bio luminiscencija | Energija živih organizma | Svijetljenje u živim organizmima koji procesom izmjene tvari proizvode energiju |
| Tribo luminiscencija | Mehanička energija | Nastaje lomljenjem nekih kristala |
| Termo luminiscencija | Toplinska energija | Izazvana je zagrijavanjem materijala do temperature ispod crvenog žara, nastaje zagrijavanjem nekih tvari ako su prije toga bile izložene nekom zračenju |
| Radio luminiscencija | Radioaktivnost | Izazvana je ionizirajućim zračenjem (polarna svjetlost) |

Tablica 1. Energija za luminiscenciju

2.2.1. LED rasvjeta

LED (*light-emitting diode*) rasvjeta relativno je nova vrsta rasvjete. Ona koristi LED žarulje koje, da bi proizvele svjetlost, koriste svjetleće diode. Svjetleće diode koje koristi LED žarulja sadrže poluvodiče koji pretvaraju električnu struju direktno u svjetlost. LED dioda sadrži dvije elektrode: anodu i katodu. Anoda predstavlja pozitivnu elektrodu dok katoda predstavlja negativnu elektrodu. Ukoliko je na LED diodu doveden napon takav da je anoda na pozitivnijem potencijalu od katode, ona će provesti struju i svijetlit će, no ako je napon suprotnog polariteta, LED neće svijetliti. LED žarulja je dobra zamjena za standardne žarulje, halogene žarulje i štedljive žarulje [3]. Najveće prednosti LED žarulja su mala potrošnja, dugi životni vijek (do 50.000 radnih sati), ne proizvodi IR i UR zračenje, veća otpornost na mehanička oštećenja i vibracije, minimalno zagrijavanje.



Slika 2.4 Različite vrste LED žarulja

Temperatura izražena u kelvinima, određuje kojom će bojom svijetliti LED lampa. Boje dijelimo u tri skupine: tople, srednje i hladne boje. Kod LED žarulja u većini slučajeva pod tople boje spada žuta, a pod hladne bijelo-plava. Na svakoj LED žarulji piše temperatura. Žarulja na kojoj piše 3300 K ili manje svijetlit će žutom bojom, a žarulja na kojoj piše 5300 K ili više svijetlit će bijelo-plavom bojom.

2.2.1.1. Usporedba LED žarulje i žarulje sa žarnom niti

Uspoređivanjem žarulja te izračunom o isplativosti žarulje poboljšava se kvaliteta života i štedi se novac.

| LED žarulja | | Žarulja sa žarnom niti | |
|---|--|------------------------------------|---|
| Prednosti | Nedostaci | Prednosti | Nedostaci |
| Dulji vijek trajanja (50 000 h) | Budžet za trenutnu zamjenu svih postojećih žarulja LED žaruljama | Budžet za trenutnu zamjenu žarulje | Vijek trajanja (1 200 h) |
| Cijena LED žarulje je 134 kn i žarulja se ne mijenja narednih deset godina (134 kn/10g) | | | Cijena klasične žarulje je 5 kn i promjeni se oko 70 žarulja kroz deset godina (350 kn/10g) |
| Potrošnja električne energije za jednu godinu bez PDV-a: 35,04 kWh * 0,56 kn/kWh = 19.62 kn/g =196.2 kn/10g | | | Potrošnja električne energije za jednu godinu bez PDV-a: 262,8 kWh * 0,56 kn/kWh = 147,2 kn/g 1472 kn/10g |

Tablica 2 Usporedba LED žarulje i žarulje sa žarnom niti

2.2.2. Sigurnosna i evakuacijska rasvjeta

Rasvjeta u nuždi dijeli se u dvije kategorije: sigurnosnu rasvjetu i pomoćnu rasvjetu. Sigurnosna rasvjeta dio je nužne rasvjete koja osigurava siguran izlaz u slučaju nestanka struje i prirodnih nepogoda, a pomoćna rasvjeta omogućava neprekinutost komercijalnih i tehničkih radova (napajanje iz neprekinutog izvora napajanja kao što je agregat).

Sigurnosna i evakuacijska rasvjeta vrste su rasvjete namijenjene za sigurno napuštanje ili evakuaciju nekog objekta ili cijele zgrade, a služe i za sprječavanje nastanka panike i otklanjanja mogućih nesreća prilikom evakuacije [4]. Evakuacijska rasvjeta prvenstveno služi za rasvjetljavanje evakuacijskog puta te omogućava siguran izlazak iz ugroženog dijela zgrade, a još se koristi da bi rasvijetlila mjesto vatrogasnih uređaja i opremu. Evakuacijski put osvijetljen je svjetiljkama za označavanje smjera sigurnog izlaza prilikom evakuacije. Evakuacijska rasvjeta može biti izvedena s piktogramom, bez piktograma te kombinirano. Evakuacijska rasvjeta radi u trajnom spoju, što znači neprestano svijetljenje bez obzira ima li mrežnog napona ili ne. Sigurnosna rasvjeta prvenstveno služi za sprječavanje panike te da bi omogućila dolazak do mjesta iz kojeg se može uočiti evakuacijski put. Sigurnosna rasvjeta svijetli samo u slučaju nestanka mrežnog napona, radi u pripremnom spoju. Sigurnosna rasvjeta postavlja se u prostorima većim od $60m^2$ i tamo gdje se evakuacijski put ne može odmah uočiti.



Slika 2.5 Sigurnosna i evakuacijska rasvjeta

2.2.3. Svjetiljke

Svjetiljke služe za distribuciju, kontrolu i filtriranje svjetla kojeg proizvode svjetiljke tj. izvori svjetla. Sastoji se od: minimalno jednog izvora svjetlosti, uređaja koji distribuira svjetlost, priključka svjetiljke na napajanje, grla za pozicioniranje spojnih naprava za pogon izvora svjetlosti, elemenata za montažu i zaštitu [5]. Svjetiljke se dijele: prema vrsti izvora svjetlosti, prema raspodjeli svjetlosnog toka, prema raspodjeli jakosti svjetla, prema simetriji raspodjele jakosti svjetla, prema načinu montaže, prema području primjene i prema stupnju zaštite.

Prema vrsti izvora svjetlosti kojeg koriste, razlikujemo žarulje sa žarnom niti, halogene, LED žarulje i žarulje s fluorescentnom cijevi. Prema raspodjeli svjetlosnog toka razlikujemo direktne, poludirektne, difuzne, poluindirektne i indirektne. Kod direktnih svjetiljka od 90 do 100% svjetlosnog toka usmjereno je prema dolje, kod poludirektnih od 60 do 90% svjetlosnog toka usmjereno je prema dolje, kod difuznih je svjetlosni tok i prema gore i prema dolje jednak a iznosi od 40 do 60%, kod poludirektnih od 60 do 90% svjetlosnog toka usmjereno je gore i kod indirektnih od 90 do 100% svjetlosnog toka usmjereno je prema gore. Takve vrste svjetiljki najčešće se koriste za unutarnju rasvjetu [1]. Prema raspodjeli jakosti svjetla mogu biti s vrlo uskom simetričnom rasvjetom, s uskom distribucijom, sa širokom distribucijom, s vrlo širokom distribucijom, sa simetričnim kružnim uzorkom rasvjetljenosti, sa simetričnim kvadratnim uzorkom rasvjetljenosti. Takve vrste svjetiljki najčešće se koriste za vanjsku rasvjetu.

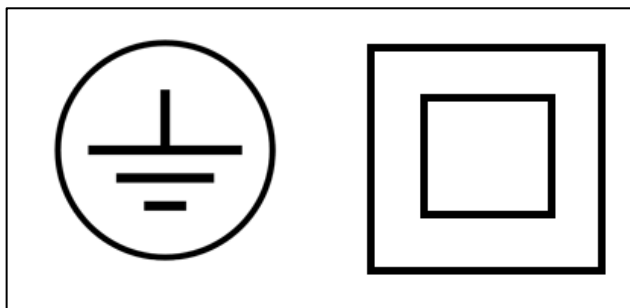
Prema simetriji raspodjele jakosti svjetla koriste se rotaciono simetrične svjetiljke, osno simetrične svjetiljke i asimetrične svjetiljke. Prema stupnju zaštite razlikujemo: mehanički i električni stupanj zaštite. Mehanički stupanj zaštite predstavlja zaštitu od čvrstih tvari prašine i vode. Stupanj zaštite definira se kao IP XY gdje X predstavlja zaštitu od udaraca i stranih tijela, a Y predstavlja zaštitu od vode. Zaštita od stranih tijela označava se brojkama 5 i 6 gdje 5 znači da je djelomično zaštićen od prašine, a 6 predstavlja potpunu zaštitu od prašine. Zaštita od vode označava se brojkama 3, 4, 5 i 7 gdje 3 znači da je zaštićen od vode koja pada pod kutom manjim od 60°, 4 znači da je zaštićen od vode koja pada pod bilo kojim kutom, 5 znači da je zaštićen od mlaza vode i 7 znači da svjetiljku možemo uroniti u vodu na određeno trajanje.

Primjer:

IP67 – svjetiljka zaštićena od prašine s mogućnošću kratkotrajnog uranjanja u vodu

IP20 – svjetiljka koja nema zaštite

Električni stupanj zaštite predstavlja zaštitu od strujnog udara. Kod takvog stupnja zaštite postoje dvije situacije: kad svjetiljka ima zaštitni vodič na koji se moraju spojiti metalni dijelovi svjetiljke da ti metalni dijelovi ne bi provodili struju u slučaju kvara i kad svjetiljka nema metalnih dijelova koji bi u slučaju kvara provodili struju [6].



Slika 2.6 Električni stupanj zaštite

Prema području primjene razlikuju se: ugradbene „downlight“ svjetiljke, nadgradne svjetiljke, „wall washer“ svjetiljke za fasadu, akcentne „spotlight“ svjetiljke, industrijske svjetiljke, tračne svjetiljke, linearne indirektno svjetiljke, cestovne svjetiljke i reflektori.



Slika 2.7 Vrste svjetiljki prema području primjene

2.3. Projektiranje rasvjete

Po savjetovanju i dogovoru s klijentom kreće izrada projekta. Projekt se crta na temelju prikupljenih podataka u CAD programu. Iz idejnog CAD rješenja prelazi se u program za svjetlotehničke izračune. U programu se izrađuje 3D model objekta te se virtualno postavlja željena rasvjeta. Zatim se rade svjetlotehnički izračuni. Razine svjetla potrebno je projektirati po normativima pa se projekt razvija sukladno zadovoljavanju svih normi [7].

Kod projektiranja rasvjete potrebno je zadovoljiti određene zahtjeve. Neki od tih zahtjeva su već spomenute norme po kojima se projektira rasvjeta, mora se znati za što je prostor u kojem se projektira rasvjeta namijenjen te se sukladno s tim određuju jakost i tip rasvjete, mora se paziti na određenu prosječnu rasvijetljenost (ovisno o tome za što se prostor upotrebljava), minimalan uzvrat boje, ograničenje bliještanja te ako ima još nekih specijalnih zahtjeva [8]. Ispravno projektirana rasvjeta postiže se prilikom odabira zadovoljavajućeg nivoa svjetlosti i rasvijetljenosti, kad je luminancija jednoliko raspoređena, kad su zadovoljeni kontrasti (razlikuje se objekt i njegova pozadina), kad se postigne ugodna sjenovitost, kad je postignuta odgovarajuća temperatura boje i kad je efikasna, znači da su se smanjili troškovi električne energije i troškovi održavanja. Faktori koji utječu na kvalitetu unutarnjeg osvjetljenja su: nivo osvjetljenosti, ravnomjernost osvjetljenosti, ograničenje bliještanja, raspodjela sjajnosti, smjer upada svjetlosti, klima boja.

2.3.1. Nivo osvjetljenosti

Kako bi se mogao realizirati vizualni zadatak, potrebno je imati određeni nivo osvjetljenosti. Ovisno o zadatku razlikuje se nekoliko nivoa osvjetljenosti: minimalan nivo osvjetljenosti za komunikacijski prostor, minimalan nivo osvjetljenosti za radni prostor i optimalan nivo osvjetljenosti za radni prostor [1]. Pod minimalnim nivoom osvjetljenosti misli se na onu osvjetljenost koja je potrebna da bi se raspoznalo ljudsko lice, a pod optimalnim nivoom osvjetljenosti misli se na onu osvjetljenost kod koje je poželjna sjajnost vidnog zadatka.

2.3.2. Ravnomjernost osvjetljenja

Prostorija koja se osvjetljava mora biti projektirana tako da nema velike razlike u osvjetljenosti. Velike razlike u osvjetljenosti rezultiraju umorom i smanjenjem vizualne sposobnosti.

2.3.3. Ograničenje bliještanja

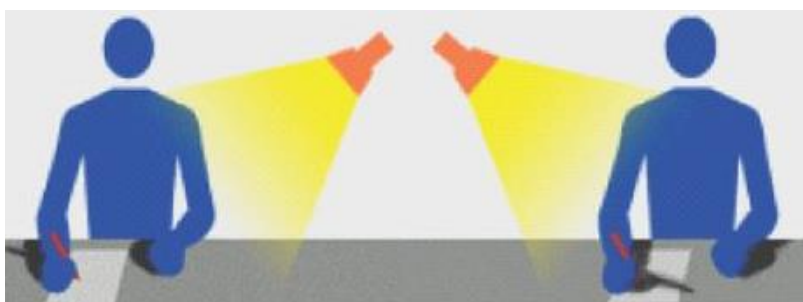
Bliještanje smanjuje radnu sposobnost, stvara psihičku nelagodu te uzrokuje umor. Bliještanje dijelimo u dvije kategorije: direktno i indirektno bliještanje. Direktno bliještanje uzrokuje sjajnost svjetiljke, kad svjetlost iz svjetiljke direktno bliješti u čovjeka. Rješenje za takvo bliještanje je da se smanji sjajnost svjetiljke. Indirektno bliještanje uzrokuje refleksiju od neke površine [1]. Rješenje za takvo bliještanje je da se skupi više svjetiljki u grupi te se osvijetli strop radnog prostora ili tako da se promijeni smjer odbijanja refleksije u različitom smjeru od smjera gledanja čovjeka [9].



Slika 2.8 Direktno i indirektno bliještanje

2.3.4. Smjer upada svjetlosti

Ovisno o kutu i smjeru upada svjetlosti nastaju sjenke. Razlikuju se dobar i loš upad svjetlosti [1]. Dobar upad svjetlosti karakteriziraju sjenke koje ne smetaju kod čitanja, pisanja, crtanja, dok kod lošeg upada svjetlosti sjenke smetaju kod obavljanja nekog zadatka. Ponekad u velikim prostorima osvjetljavanje bez sjenki je zamarajuće i dosadno pa se kod takvih prostora koriste svjetiljke s jakim svijetlom i ne brine se o kutu te smjeru svjetlosti.



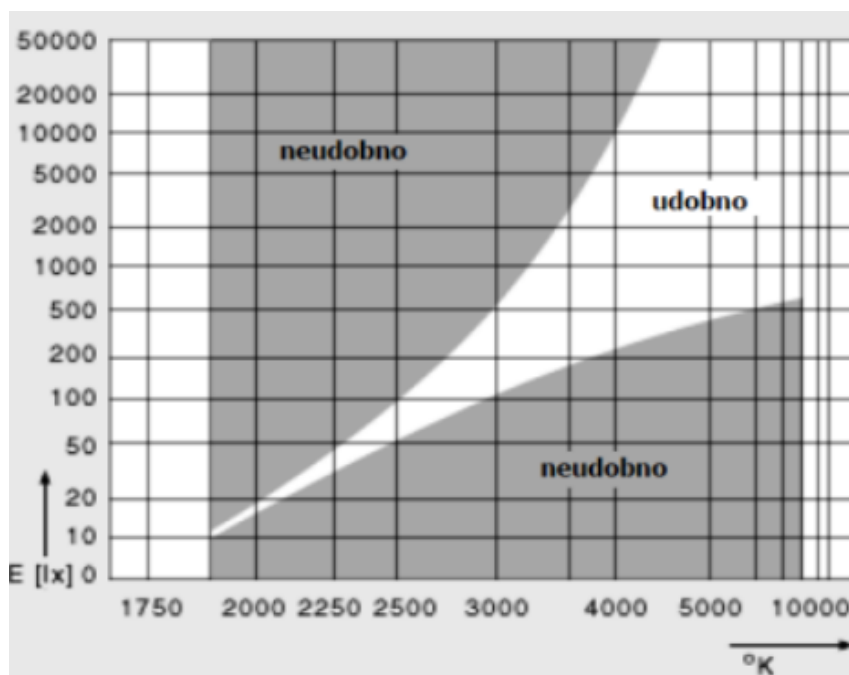
Slika 2.9 Dobar i loš upad svjetlosti

2.3.5. Raspodjela sjajnosti

Da bi se poboljšali vizualni uvjeti u prostoriji moraju biti male razlike između okolnih površina i radne površine.

2.3.6. Klima boja

Kod unutarnje osvjetljenosti klima boja radni prostor čini ugodnim te pomaže kod raspoznavanja boja. Klima boja djeluje i na raspoloženje ljudi u prostoru. Najvažnije komponente kod klime boja su reprodukcija boje i svjetlost. Pravilno izabrane komponente stvaraju prostor vizualno ugodnim. Boja svjetlosti povezana je s nivoom osvjetljenosti. Visoki nivo osvjetljenosti daje bijele boje i boje dnevnog svjetla, dok niski nivo osvjetljenosti daje tople boje svjetla. Klima boja najbolje je prikazana Kruithofovom krivuljom koja pokazuje vrijednosti rasvjetljenosti pri određenim temperaturama boja [1].



Slika 2.10 Kruithofova krivulja klima boja

2.4. Svjetlotehničke veličine

Svjetlotehničke veličine određuju svjetlost na temelju osjetilnog učinka, a ograničene su na vidljivi dio spektra (380 – 780nm). Pomoću njih uspoređuju se izvori svjetlosti, projektiraju i kontroliraju rasvjetni sustavi [10]. Osnovne svjetlotehničke veličine dijelimo na: rasvijetljenost (iluminacija), svjetlosni tok, luminanciju, jakost svjetlosti, a ne smiju se zanemariti ni srednja osvjetljenost prostora, ujednačenost osvjetljenja, visina ovješnja i referentna visina.

2.4.1. Rasvijetljenost

Rasvijetljenost ili iluminacija je mjerilo za onu količinu svjetlosnog toka koja padne na određenu površinu. Jedinica za iluminaciju je lux [lx]. Jedan lux definiran je kao rasvijetljenost $1m^2$ na koju pada, jednakomjerno raspodijeljen, svjetlosni tok iznosa 1 lm. Iluminacija je definirana izrazom:

$$E = \frac{\Phi}{A} [lx]$$

Φ = svjetlosni tok [lm]

E = iluminacija (rasvijetljenost) [lx]

A = rasvijetljena površina [m^2]

2.4.2. Svjetlosni tok

Svjetlosni tok definira se kao snaga zračenja emitirana nekim izvorom svjetla, u svim smjerovima, i koje ljudsko oko prepoznaje kao svjetlost. Jedinica svjetlosnog toka je lumen (lm) [15]. Matematički izraz kojim se definira svjetlosni tok je:

$$\Phi = I * \omega [lm]$$

Φ = svjetlosni tok [lm]

I = jakost svjetlosti [cd]

ω = prostorni kut [sr]

Ukupni svjetlosni tok za određenu rasvijetljenost nekog prostora, računa se po formuli:

$$\Phi = \frac{1.25 * E_{sr} * A}{\eta_p * \eta_s} \text{ [lm]}$$

Φ = ukupni svjetlosni tok [lm]

1.25 = faktor planiranja

E_{sr} = srednja rasvijetljenost prostora [lux]

A = površina rasvijetljenog prostora [m^2]

η_p = faktor korisnosti prostora (katalog)

η_s = faktor korisnosti svjetiljke (katalog)

2.4.3. Luminancija

Luminancija je sjajnost svjetleće ili rasvijetljene površine koja se može zapaziti ljudskim okom. Luminancija se mjeri u kandelama po površini [$\frac{cd}{m^2}$], a za izvore svjetlosti koristi se prikladniji oblik [$\frac{cd}{cm^2}$] [9]. Luminancija je određena omjerom jakosti svjetlosti i vidljive površine koja tu svjetlosti isijava tj. može se definirati izrazom:

$$L_\gamma = \frac{I_\gamma}{A * \cos\gamma} \left[\frac{cd}{m^2} \right]$$

L_γ = luminancija pod kutom γ prema okomici [$\frac{cd}{m^2}$]

I_γ = jakost svjetlosti pod kutom γ prema okomici [cd]

A = površina isijavanja svjetlosti [m^2]

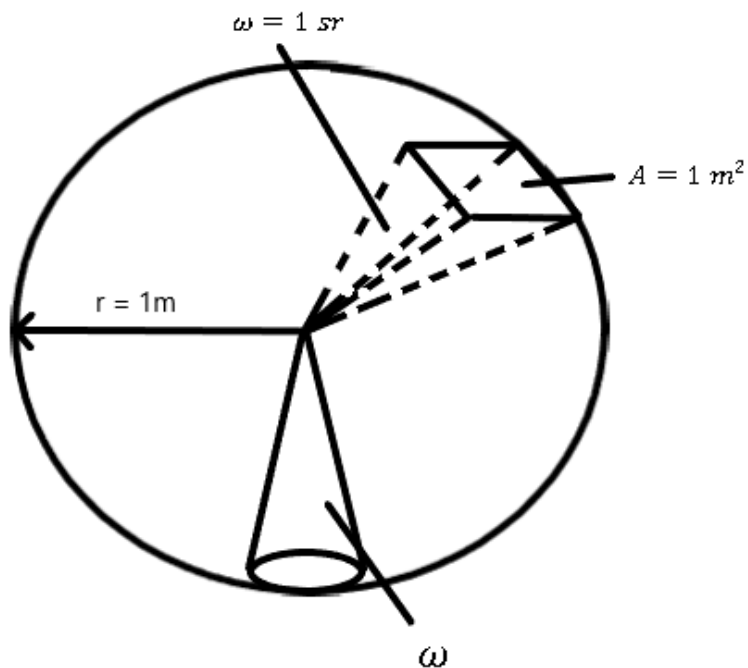
$\cos\gamma$ = kut upada svjetlosti na površinu [1]

2.4.4. Jakost svjetlosti

Jakost svjetlosti definira se kao snaga zračenja emitirana nekim izvorom svjetla u nekom smjeru. Jedinica koja se koristi za jakost svjetlosti je kandela [cd] [10]. Definira se omjerom svjetlosnog toka i prostornog kuta:

$$I = \frac{\Phi}{\omega} [\text{cd}]$$

Prostorni kut jedinične kugle iznosi 4π .



Slika 2.11 Prostorni kut jedinične kugle

Φ = svjetlosni tok [lm]

I = jakost svjetlosti [cd]

ω = prostorni kut [sr]

2.4.5. Srednja osvijetljenost prostora

Srednja osvijetljenost prostora je suma svih mjerenja jakosti svjetlosti u prostoru.

$$E_{av} = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_n}{n} [lx]$$

Srednja osvijetljenost prostora računa se na način da se izmjeri dimenzija prostora te se izračuna koeficijent mjerenja:

$$K_R = \frac{a * b}{h} * (a + b)$$

a = širina prostora [m]

b = duljina prostora [m]

h = razlika između visine ovještene svjetiljke i korisne visine [m]

Za potrebe srednje osvijetljenosti prostora mora se procijeniti broj mjernih površina. Broj točaka osvijetljenosti izabire se prema dimenzijama prostora, visini svjetiljke i korisnoj visini. Kad se odredi koeficijent, određuje se broj nužnih mjerenja za prostoriju.

| K_R | n |
|------------------|----|
| $K_R \leq 1$ | 4 |
| $1 < K_R \leq 2$ | 9 |
| $2 < K_R \leq 3$ | 16 |
| $K_R > 3$ | 25 |

Tablica 3. Minimalan broj mjerenja u ovisnosti o koeficijentu mjerenja

Ovisno o dimenzijama prostorije, računa se duljina i širina mjerne prostorije prema formuli:

$$a_1 = \frac{a}{\sqrt{n}} [m] \qquad b_1 = \frac{b}{\sqrt{n}} [m]$$

a_1 = duljina mjerne plohe [m]

a = duljina mjerne prostorije [m]

b_1 = širina mjerne plohe [m]

b = širina mjerne prostorije [m]

n = min. broj mjerenja

Da bi se izvršilo mjerenje, uvjet koji se mora zadovoljiti je $\frac{a_1}{b_1} \leq 2$. Alat kojim se vrši mjerenje rasvjetljenosti naziva se luksmetar i prikazan je na slici. Pomoću softvera „Relux“ vrši se svjetlotehnički proračun unutarnje rasvjete. Dobiveni rezultati se uspoređuju s izračunatim vrijednostima iz prijašnjih formula te se donosi odluka o vrsti svjetiljka koje će se ugraditi i provjerava se točnost softvera „Relux“.



Slika 2.12 Luksmetar

Prilikom računanja srednje rasvjetljenosti koristimo formulu:

$$E_{sr} = \frac{n * \phi_1 * \eta_p * \eta_s}{1.25 * A} [lx]$$

n = broj svjetiljaka

Φ_1 = svjetlosni tok jedne svjetiljke

A = površina rasvijetljenog prostora [m^2]

η_p = faktor korisnosti prostora (katalog)

η_s = faktor korisnosti svjetiljke (katalog)

1.25 = faktor planiranja

2.4.6. Ujednačenost osvjjetljenja

Ujednačenost osvjjetljenja definirana je omjerom min. rasvijetljenosti u nekom prostoru i srednje rasvijetljenosti. Matematički izraz kojim je definiran je:

$$U_0 = \frac{E_{min}}{E_{sr}}$$

U_0 = ujednačenost osvjjetljenja

E_{min} = min. rasvijetljenost [lx]

E_{sr} = srednja rasvijetljenost [lx]

U_0 bi obično trebao biti oko 0,8 ali on može zavistiti i o namjeni prostorije.

2.4.7. Visina ovješnja

Visina ovješnja je dužina visine na koju je postavljena svjetiljka od poda. U industriji se visina ovješnja računa od svjetiljke do poda jer je ona u većini slučajeva ovjesna, dok se u edukacijskim ustanovama ne koriste samo ovjesne već i ugradbene svjetiljke pa je visina ovješnja jednaka visini prostorije.

2.4.8. Referentna visina

Visina na kojoj se mjeri rasvijetljenost prostora. Referentna visina obično iznosi 0,75 m i to je uobičajeno visina svih radnih stolova koji nisu rađeni po mjeri. Referentna visina na evakuacijskim putevima te na putevima namijenjenim za kretanje radnika iznosi 0 m.

3. Europske norme za rasvjetu

Europske norme za rasvjetu dijele se u kategorije:

1. Rasvjeta radnih mjesta - 1.dio: Unutrašnji radni prostori (EN 12464-1)
2. Rasvjeta radnih mjesta - 2.dio: Vanjski radni prostori (EN 12464-2)
3. Nužna rasvjeta (EN 1838).

Opći ciljevi normizacije: osigurati prikladnost nekog proizvoda, ograničiti raznolikost, osigurati spojivost različitih proizvoda, zaštita zdravlja, okoliša i sigurnosti. Pomoću normi za rasvjetu osigurava se kvalitetna izrada projekta. U dokumentu koji sadržava norme propisane su minimalne vrijednosti koje se moraju zadovoljavati, radi li se o projektiranju rasvjete ili nečem drugom. Poštivanjem normi osigurali smo kvalitetu izrade projekta. Norme moraju biti dostupne javnosti tako da bi se mogle poštivati. Donošenjem novih normi za neki predmet, iste stare norme prestaju vrijediti.

3.1. Rasvjeta radnih mjesta – 1.dio

Svjetlo, kao sredstvo pomoću kojeg se izvršavaju vizualni zadatci, vrlo je važno za ljude i njihov kvalitetan život i rad. Unutarnja rasvjeta mora omogućavati: dobre vizualne uvjete da bi se mogli izvršiti vizualni zadatci, dobar psihički i fizički osjećaj čovjeku, mora sprječavati nastajanje nezgoda i nesreća i mora zadovoljavati ekonomične zahtjeve. Unutrašnje prostorije dijelimo u tri kategorije: prostor za opuštanje, komunikacijski prostor i radni prostor [11].

| Vrsta prostorija, zanimanje ili aktivnost | Osvjetljenost [lx] |
|--|--------------------|
| Prostorije sa životinjama, mali podzemni tuneli, pogon za opskrbu gorivom | < 50 lx |
| Skladišta, svlačionice, liftovi, stubišta, rampe za utovar, trgovine | 100 lx |
| Skladišta u kojima se mora nešto čitati, ostave, metalne konstrukcije, hodnici, pomoćni prostori, kantine | 200 lx |
| Sobe za sastanke, prodajni prostori, uredi sa stolovima pored prozora, teretane, kuhinje, zavarivači, učionice | 300 lx |
| Rad na strojevima, sastavljanje motora, obrada stakla, precizno sastavljanje, slikanje, glavna svjetla u zdravstvenim prostorijama | 500 lx |
| Kontrola pogrešaka, obrada i pregled metala, tehničko crtanje, priprema podloga | 750 lx |
| Usporedba boja, kontrola boja, kontrola robe, sastavljanje precizne opreme, proizvodnja nakita | 1000 lx |
| Operacijske sale, soba za obdukciju | 2000 > lx |

Tablica 4. Količina luxa za unutarnje radne prostore

3.2. Rasvjeta radnih mjesta - 2.dio

Osim što je važna za sigurnost na prometnicama, vanjska rasvjeta se isto tako može koristiti kao dekoracija u potkućnici. Kod vanjske rasvjete koja se koristi za dekoraciju važno je uštedjeti što više električne energije te pokušati eliminirati što više svjetlosnog zagađenja. Zahtjev koji je bitno uzeti u obzir kod projektiranja dekoracijske rasvjete je taj da se svaka rasvijetljena površina promatra kad padne noć, kod tamnog okruženja pa se iz navedenog zaključuje da se upotrebom niske rasvijetljenosti (par luxa) ostvaruju dobri rezultati [12].

| Vrsta prostorija, zanimanje ili aktivnost | Osvijetljenost [lx] |
|--|---------------------|
| Nogostup, parking, kretanje pješaka u električno sigurnim područjima | 5 lx |
| Promet koji se odvija do 10km/h, kolosijeci, otvoreni pješački mostovi, | 10 lx |
| Promet koji se odvija do 40 km/h, prilaz hangaru na aerodromima, na gradilištima kod čišćenja iskopa i utovara, uključivanje i isključivanje iz prometa po noći, rasvjeta na brodogradilištu, gospodarsko dvorište | 20 lx |
| Točke utovara i istovara, skladišta goriva, pješačke zone u lukama, spremište za opremu, uključivanje i isključivanje iz prometa po danu i cjelokupni pregled kod električnih | 50 lx |
| Održavanje zrakoplova, spajanje vanjskih instalacija, područje crpljenja ulja, područje čamca za spašavanje, utovar goriva, popravak motora i električnih uređaja | 100 – 200 lx |
| U pilanama kod ubacivanja u stroj za sjeckanje i mljevenje, pumpe sirove nafte, uzimanje uzoraka nafte i ulja | 300 – 500 lx |

Tablica 5. Količina luxa za vanjske radne prostore

3.3. Nužna rasvjeta

Prema HRN EN 1838 nužna rasvjeta dijeli se na pomoćnu rasvjetu i sigurnosnu rasvjetu. Sigurnosna rasvjeta još se može podijeliti u tri kategorije: protupaničnu rasvjetu, rasvjetu za evakuacijske puteve i sigurnosnu rasvjetu za radna mjesta s povećanom opasnošću. Razina osvijetljenosti sigurnosne rasvjete mora biti minimalno 1 lx i nipošto ne smije blješati. Vrijeme odziva sigurnosne rasvjete mora biti 0,5 sekundi s time da se 50% osvijetljenja mora postići za pet sekundi, a potpuno osvijetljene unutar jedne minute. Jedan evakuacijski znak mora se vidjeti iz svih točaka evakuacijskog puta [13]. Sigurnosna rasvjeta mora imati minimalnu osvijetljenost 5 lx i osvjetljava cijelu prostoriju osim 0,5 metara od rubova.

4. Praktični dio

4.1. Opis

U praktičnom djelu završnog rada projektira se rasvjeta u dječjem vrtiću Berek. Dječji vrtić sastoji se od trideset prostorija, ulaznog trijema i tri djelomično natkrivene terase. Od ukupno 30 prostorija, osam prostorija čine sanitarni čvor, jedna prostorija spada pod jaslice, dvije prostorije čine vrtićke jedinice te po jedan hodnik, kuhinja i prostorija za odgajatelje i ravnatelja. Rasvjeta je projektirana za sobu ravnatelja, kuhinju, skupinu vrtićke jedinice 2, sanitarije 1 i djelomično natkrivenu terasu 1. Uz projekt rasvjete napraviti će se 3D vizualizacija prostora.

4.2. Projektiranje rasvjete

Proces projektiranja rasvjete sastoji se od nekoliko segmenata: prikupljanje podataka, izrada digitalne podloge, projektiranje rasvjete te projektno rješenje.

4.2.1. Prikupljanje podataka

Za izradu projekta potrebno je skupiti sve moguće podatke o zgradi (postojeća projektna dokumentacija, mjerenje postojećeg stanja, fotografiranje).

4.2.2. Izrada digitalne podloge

Prema prikupljenim podacima slijedi izrada digitalne podloge, u programu AutoCAD, potrebne za izradu projektne rasvjete.

4.2.3. Projektiranje rasvjete

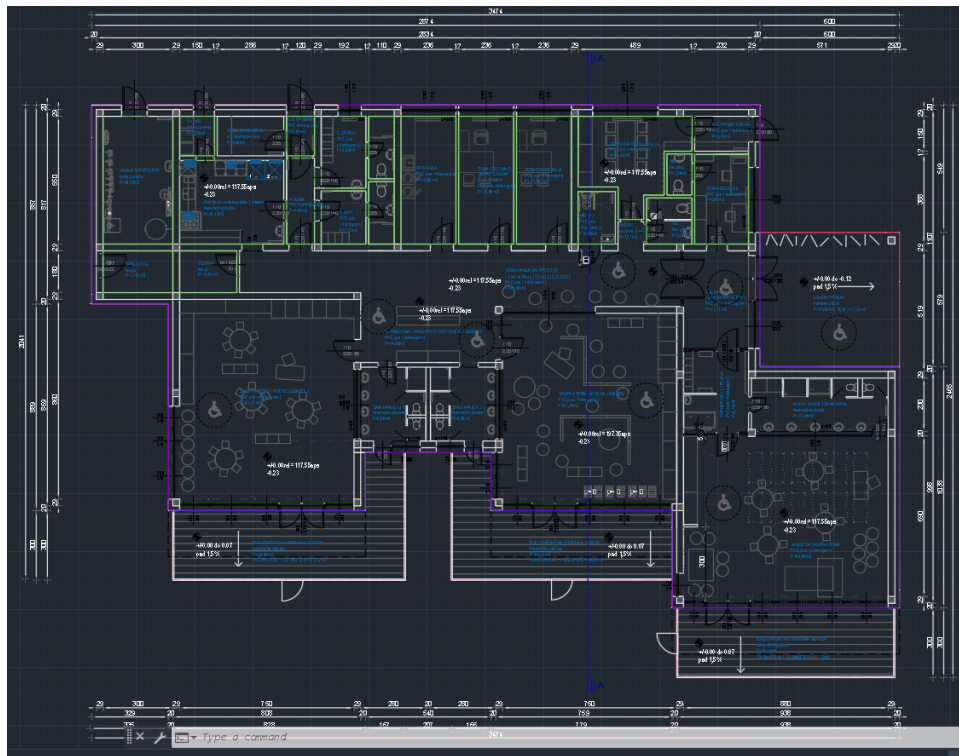
Nakon izrade digitalne podloge i savjetovanja s klijentom, prelazi se na izradu projekta. Projekt se crta na podlozi izrađenoj u AutoCAD programu. Iz idejnog AutoCAD rješenja prelazi se u program za svjetlotehničke izračune (Relux). U programu Relux izrađuje se 3D model objekta te se virtualno postavlja željena rasvjeta. Nakon što se postavi rasvjeta, napravi se svjetlotehnički proračun. U slučaju kad se radi o radnim mjestima i sličnim situacijama, onda se razina osvijetljenosti mora projektirati po normativima te se projekt razvija sukladno zadovoljavanju samih normi.

4.2.4. Projektno rješenje

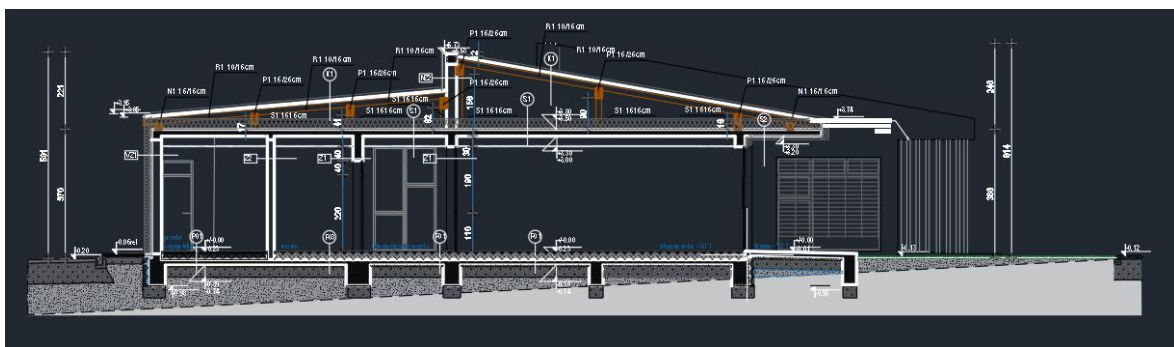
Projektno rješenje dostavlja se u vidu nacрта s popisom i pozicijom odabrane opreme, shemama spajanja te sa svjetlotehničkim elaboratima. Svjetlotehnički elaborat dolazi s prikazima izračuna jačine svjetla te 3D prikazima razine svjetla u prostoru.

4.3. Prikupljanje podataka

Vrtić je dimenzija 3474 x 2465 x 320 cm.



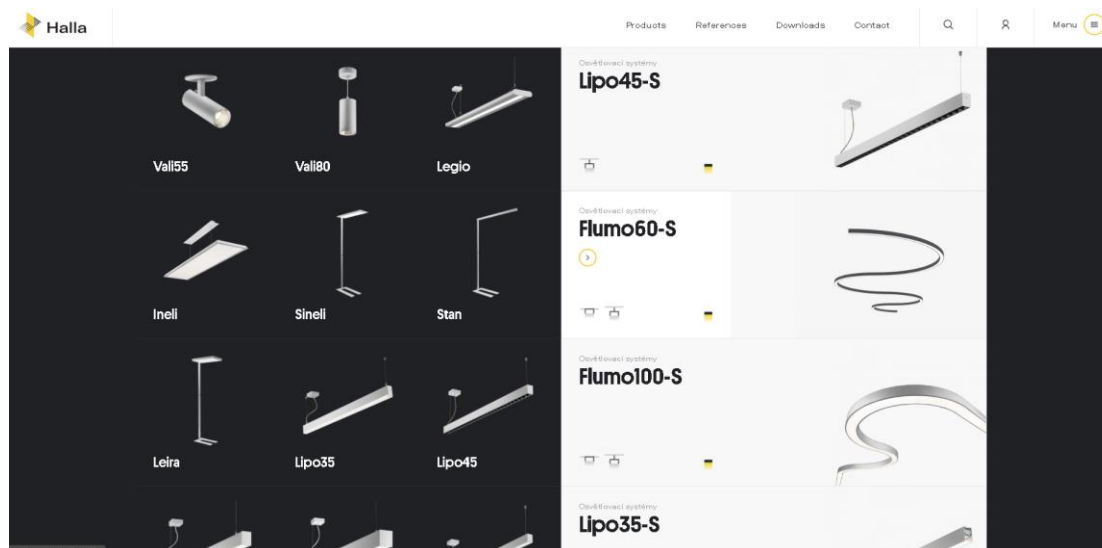
Slika 4.1 Tlocrt vrtića



Slika 4.2 Presjek A-A vrtića

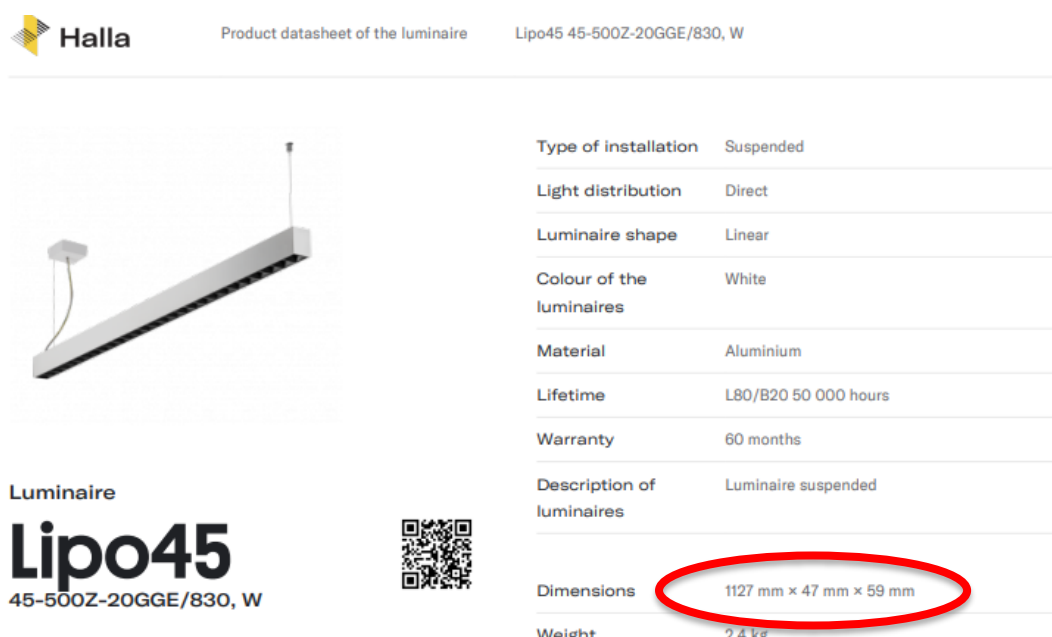
4.4. Izrada digitalne podloge

Digitalna podloga služi da bi se lakše snalazili u programu „Relux“. Digitalna podloga koja se koristi je „AutoCAD“. Tlocrt koji je poslao klijent otvara se u AutoCAD-u kao na slici 3.1. Odabire se oblik rasvjete koji će se koristiti. Oblik rasvjete odabire se preko internetskih stranica „Lena lighting“ [14], „Halla“ [15], „Lambardo“ [16] i „Ozone Plus“.



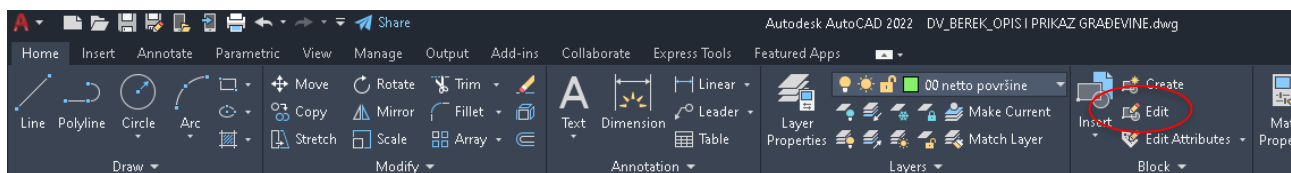
Slika 4.3 Odabir rasvjete preko stranice „Halla“

Prilikom odabira željene svjetiljke, otvori se njena specifikacija i zabilježi njena dimenzija.



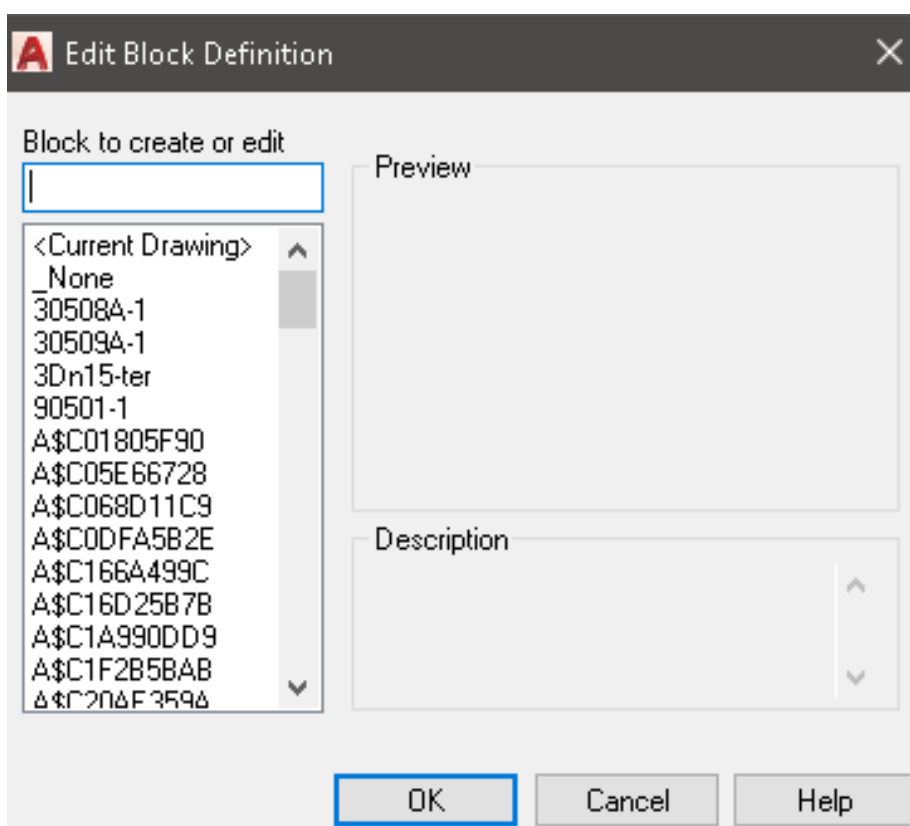
Slika 4.4 Očitavanje dimenzije odabrane svjetiljke

Nakon što je definirana dimenzija rasvjete otvora se softver AutoCAD te se na alatnoj traci „Home“ u sekciji „Block“ odabere opcija „edit“.



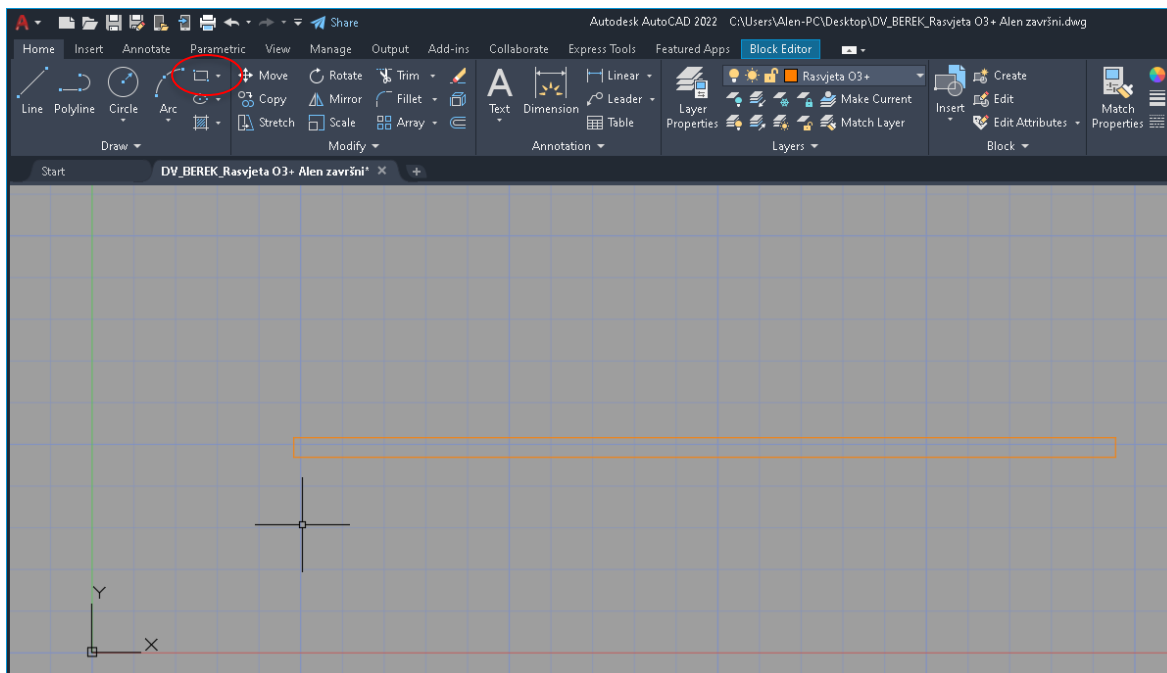
Slika 4.5 Home > Block > Edit

Klikom na „Edit“ otvara se prozor u kojem se daje ime novo kreiranom bloku.



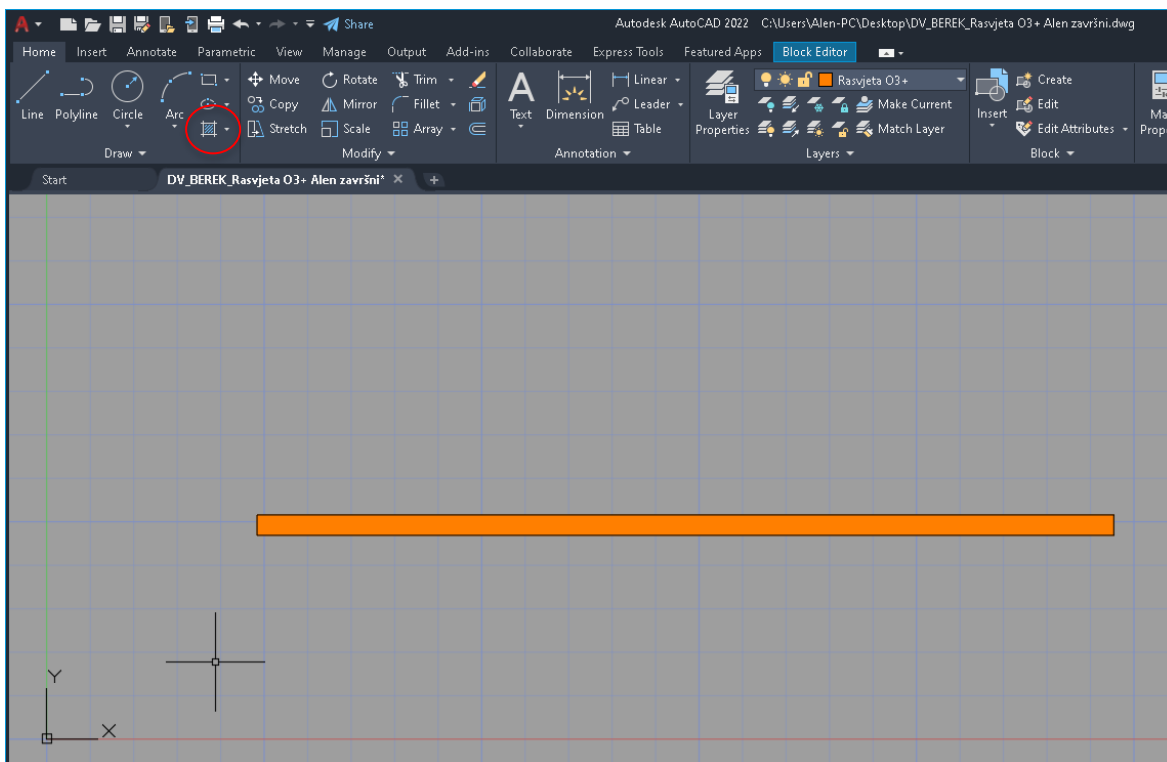
Slika 4.6 Imenovanje bloka

Nakon što se imenuje blok, otvora se prazna stranica u AutoCAD-u. Na alatnoj traci „Home“ u sekciji „Draw“ odabire se „Rectangle“ (Pravokutnik) te se upiše željena dimenzija nakon čega se objekt pozicionira što bliže centru, kao što je prikazano na slici 3.7.



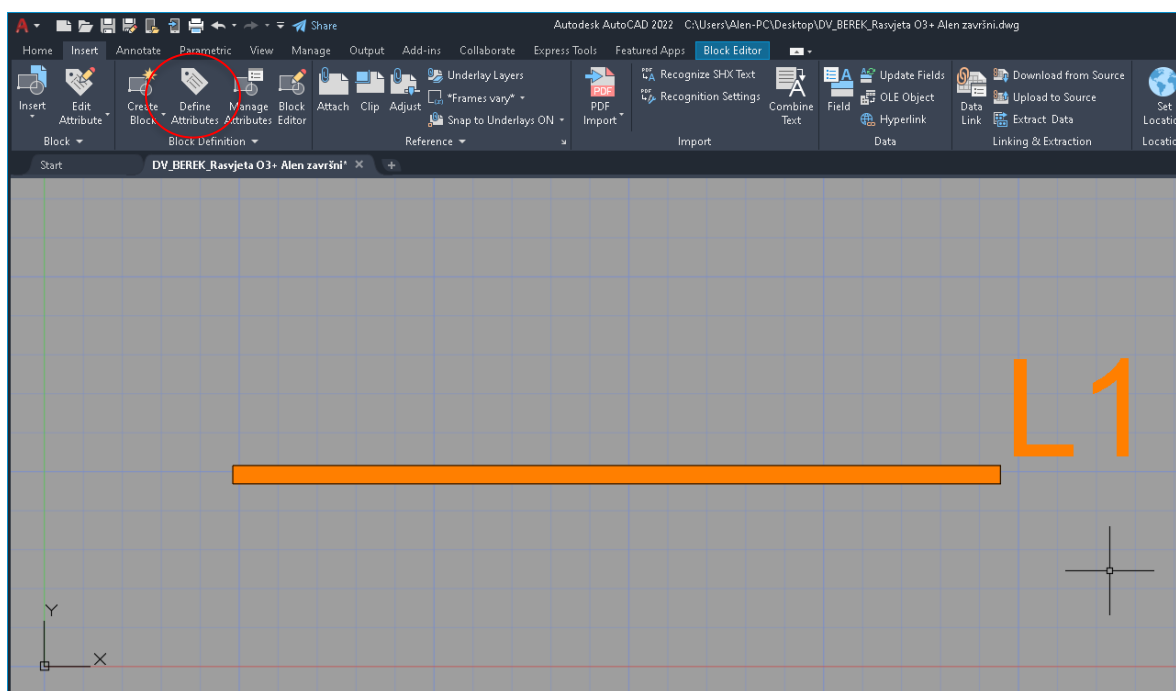
Slika 4.7 Crtanje pravokutnika u AutoCAD-u

Nakon nacrtanog pravokutnika na alatnoj traci „Home“ u sekciji „Draw“, odabire se „Hatch“ kako bi se mogao ispuniti nacrtani blok. Zbog preglednosti rub bloka potrebno je obojiti u crno.



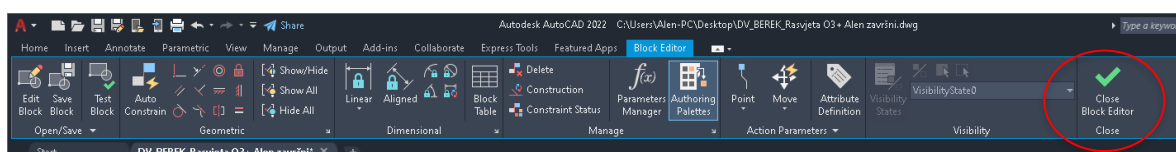
Slika 4.8 Ispuna bloka

Nakon ispune bloka na alatnoj traci „Insert“ u sekciji „Block Definition“ odabire se „Define Attributes“ te se otvora novi prozor u kojem se odabire oznaka koja će biti prikazana pored oblika svjetiljke. Kad se odluči za oznaku klikne se „Ok“ te se pozicionira pored bloka.



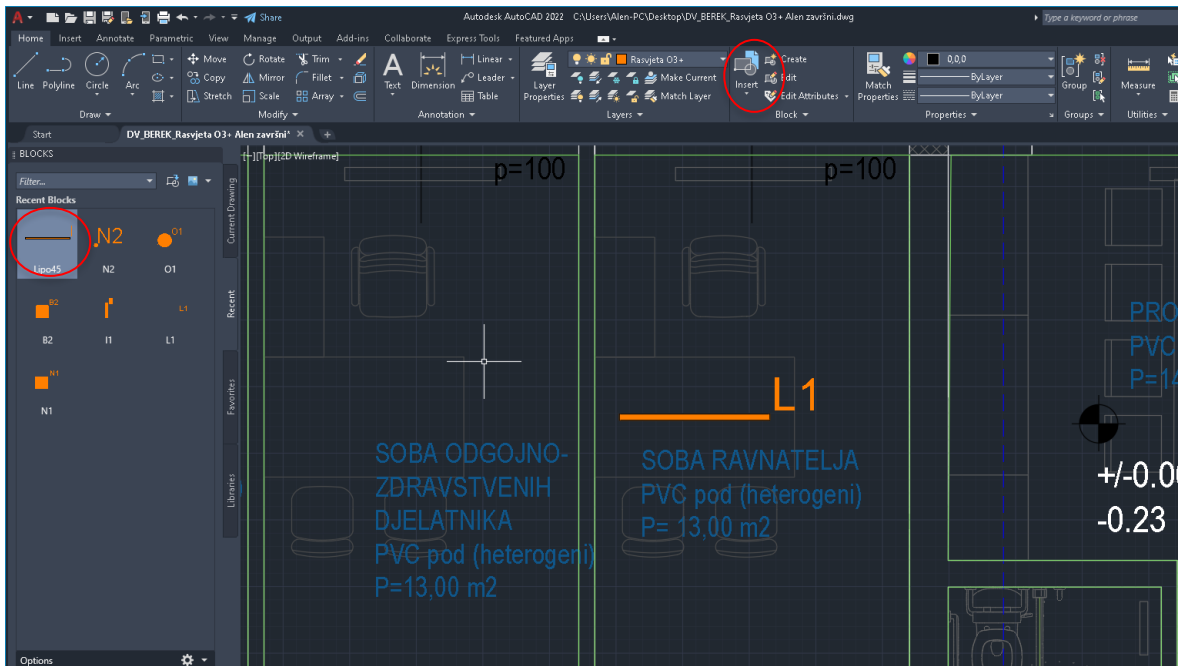
Slika 4.9 Označavanje bloka

Nakon završetka na alatnoj traci „Home“ u sekciji „Close“ potrebno je označiti „Close Block Editor“, opciju koja omogućava spremanje svih napravljenih promjena te se program vraća na tlocrt gdje je bio prije kreiranja bloka.



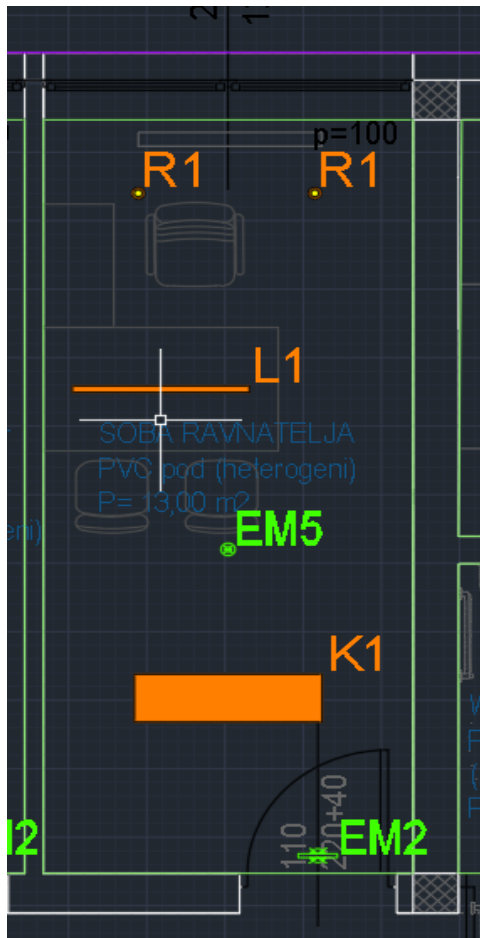
Slika 4.10 Zatvaranje Block Editora

Nakon zatvaranja Block Editora, vraća se prikaz tlocrta te se odabire mjesto na koje će se staviti svjetiljka. Po završetku odabira mjesta na alatnoj traci „Home“ u sekciji „Block“ potrebno je kliknuti „Insert“. Klikom na „Insert“ otvara se plivajući prozor na kojem se označuje opcija „Recent Blocks“. S lijeve strane u AutoCAD-u pojavljuju se svi definirani blokovi. Odabire se odgovarajući blok i pozicionira se na predviđeno mjesto.



Slika 4.11 Umetanje svjetiljke na određeno mjesto

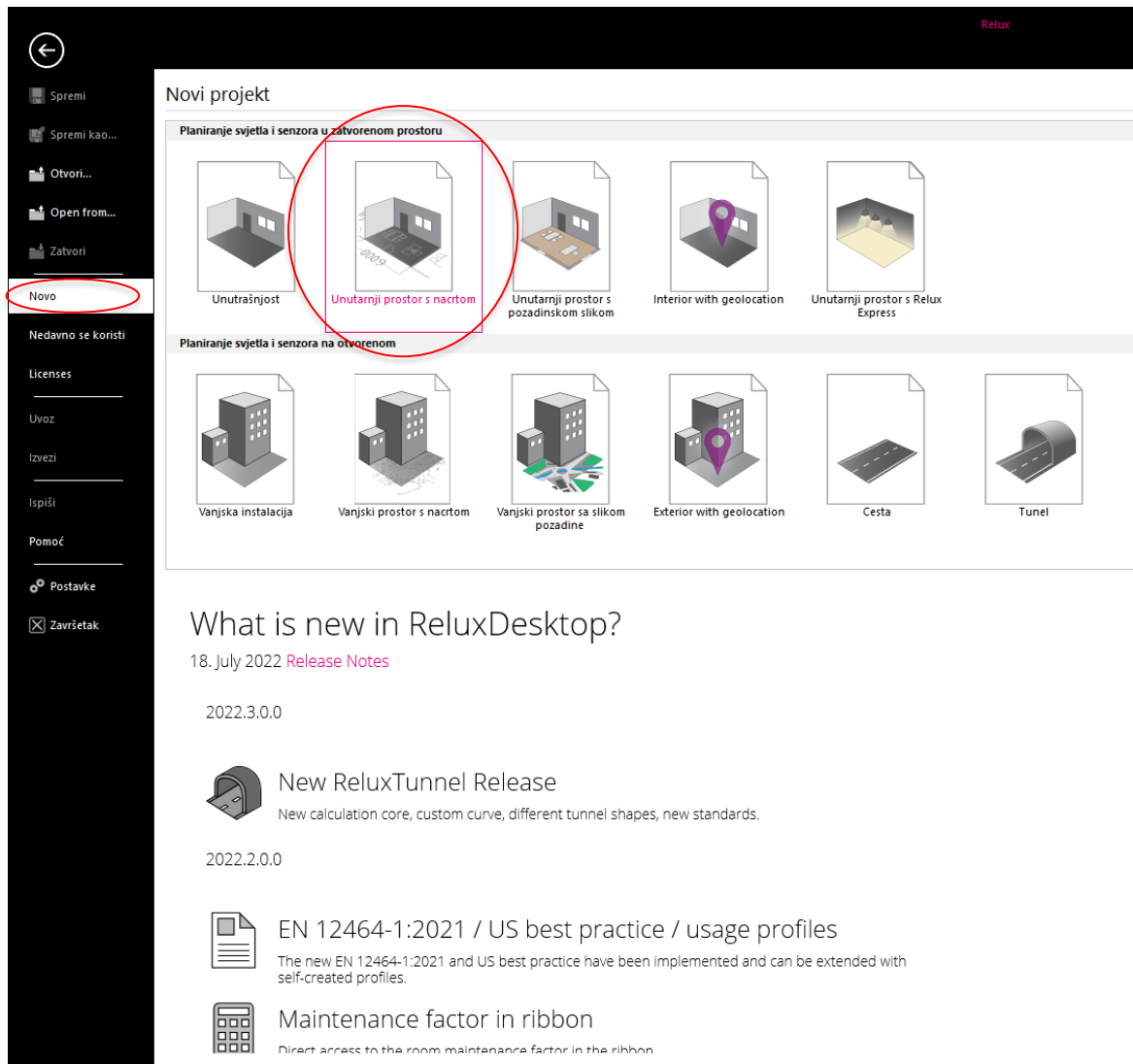
Na taj način postupa se sa svim blokovima u AutoCAD programu.



Slika 4.12 Soba ravnatelja

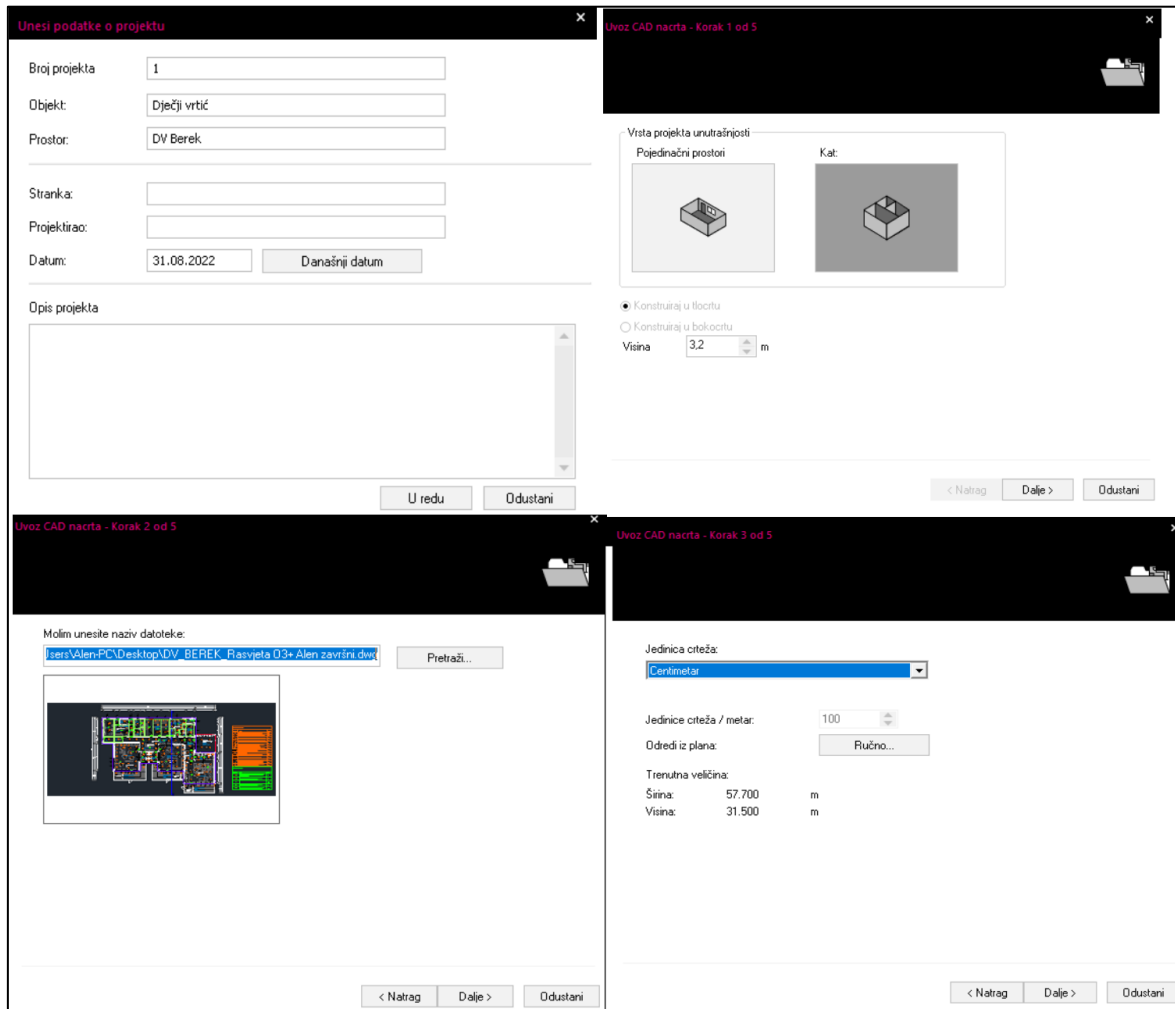
4.5. Projektiranje rasvjete

Nakon izrade digitalne podloge za sobu ravnatelja AutoCAD crtež učitava se u program Relux. Otvaranjem Relux programa odabiru se: „Novo“ > „Novi projekt“ > „Unutarnji prostor s nacrtom“



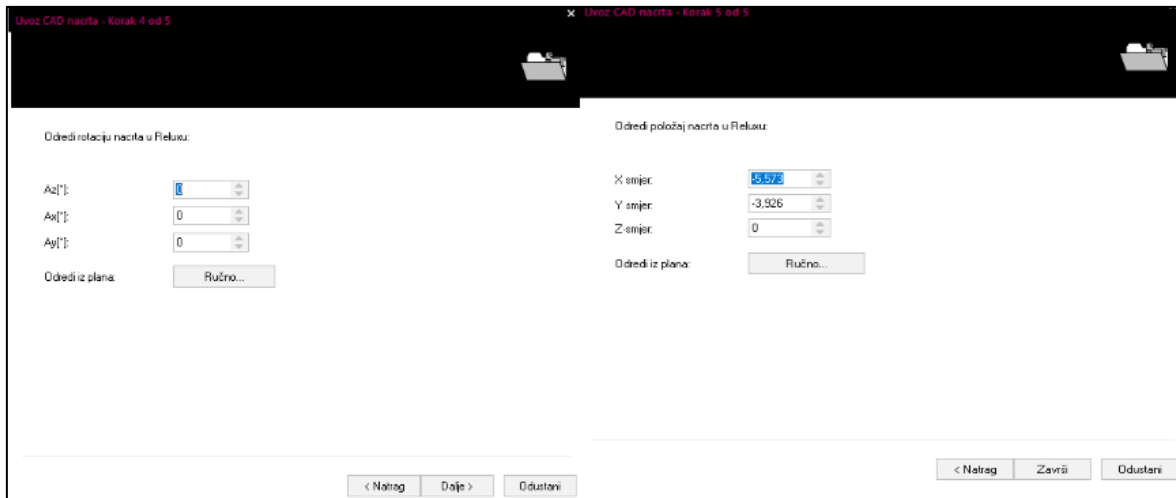
Slika 4.13 „Novo“ > „Novi projekt“ > „Unutarnji prostor s nacrtom“

Prilikom pritiska „unutarnji prostor s nacrtom“ otvara se plivajući prozor u koji se unose podaci o projektu (broj projekta, objekt, prostor, ime projektanta, datum i opis ako postoji). Kad se ispune sva polja pritisne se „U redu“ te se otvara prozor s imenom „Uvoz CAD nacrt u pet koraka“. Odabire se vrsta unutrašnjosti (kat) i visina prostora. Nakon toga potrebno je učitati CAD nacrt koji je korišten kod izrade digitalne podloge. Kad se odabere nacrt, označavaju se jedinice kojima se koristi (cm).



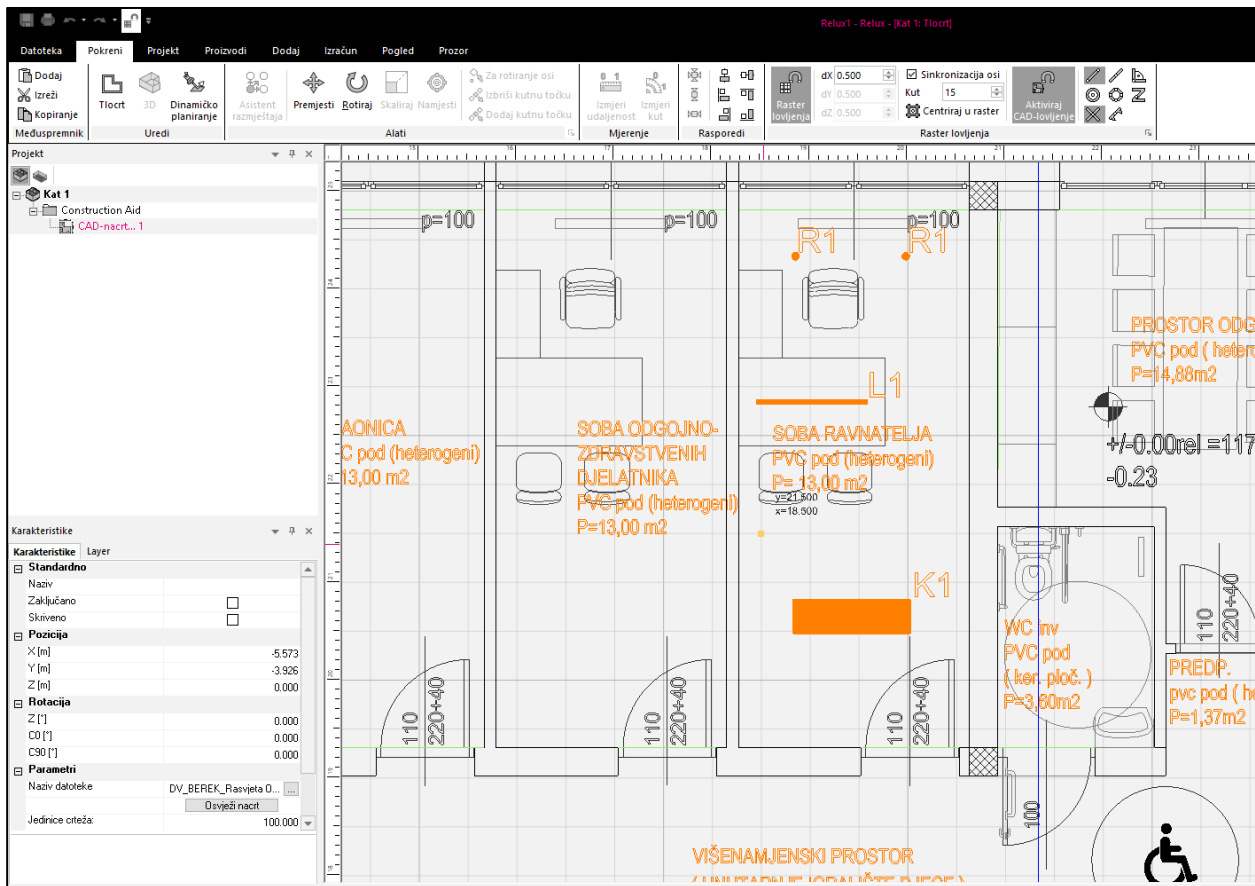
Slika 4.14 Podaci i prva 3 koraka stvaranja projekta

Korak četiri (rotacija nacrtu u Reluxu) i pet (položaj nacrtu u Reluxu) automatski se popunjava i samo se klikne dalje.



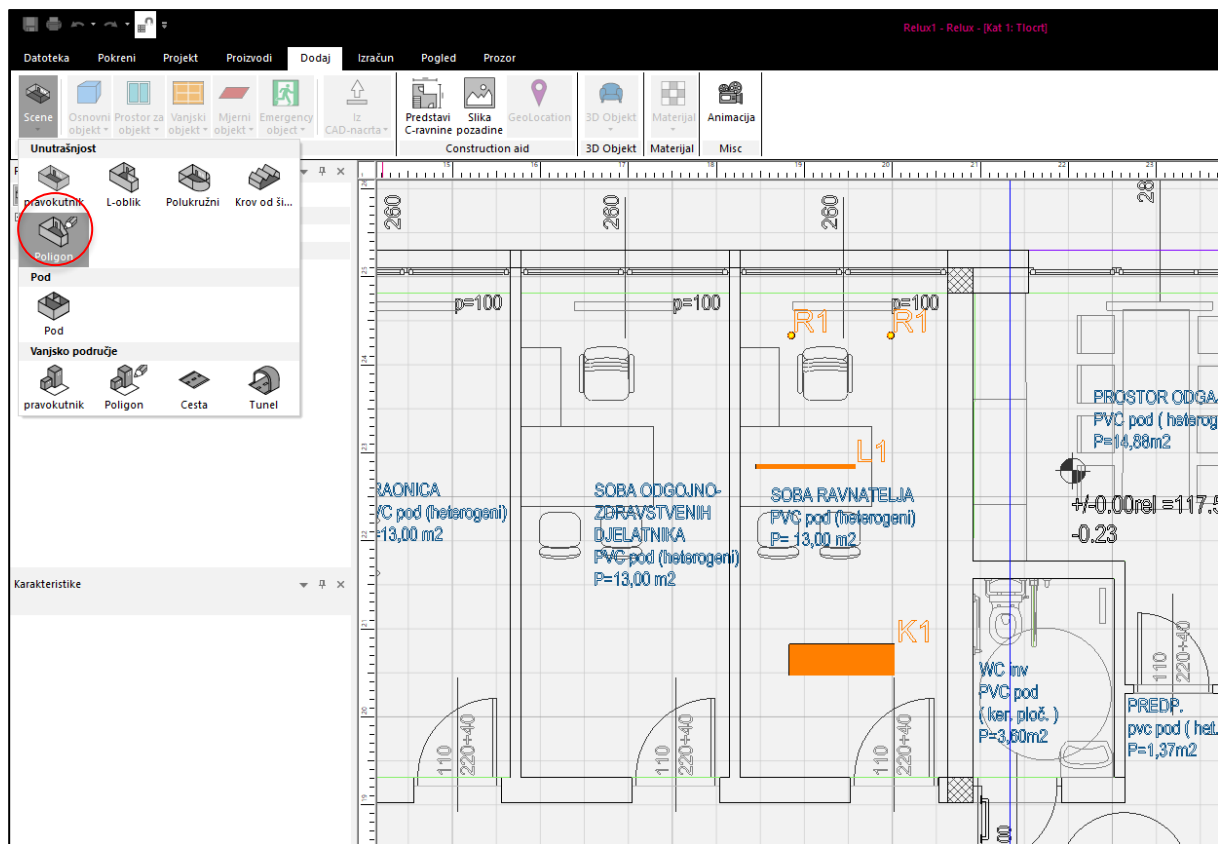
Slika 4.15 Zadnja 2 koraka stvaranja projekta

Otvora se tlocrt u Reluxu s blokovima koji su napravljeni u AutoCAD-u.



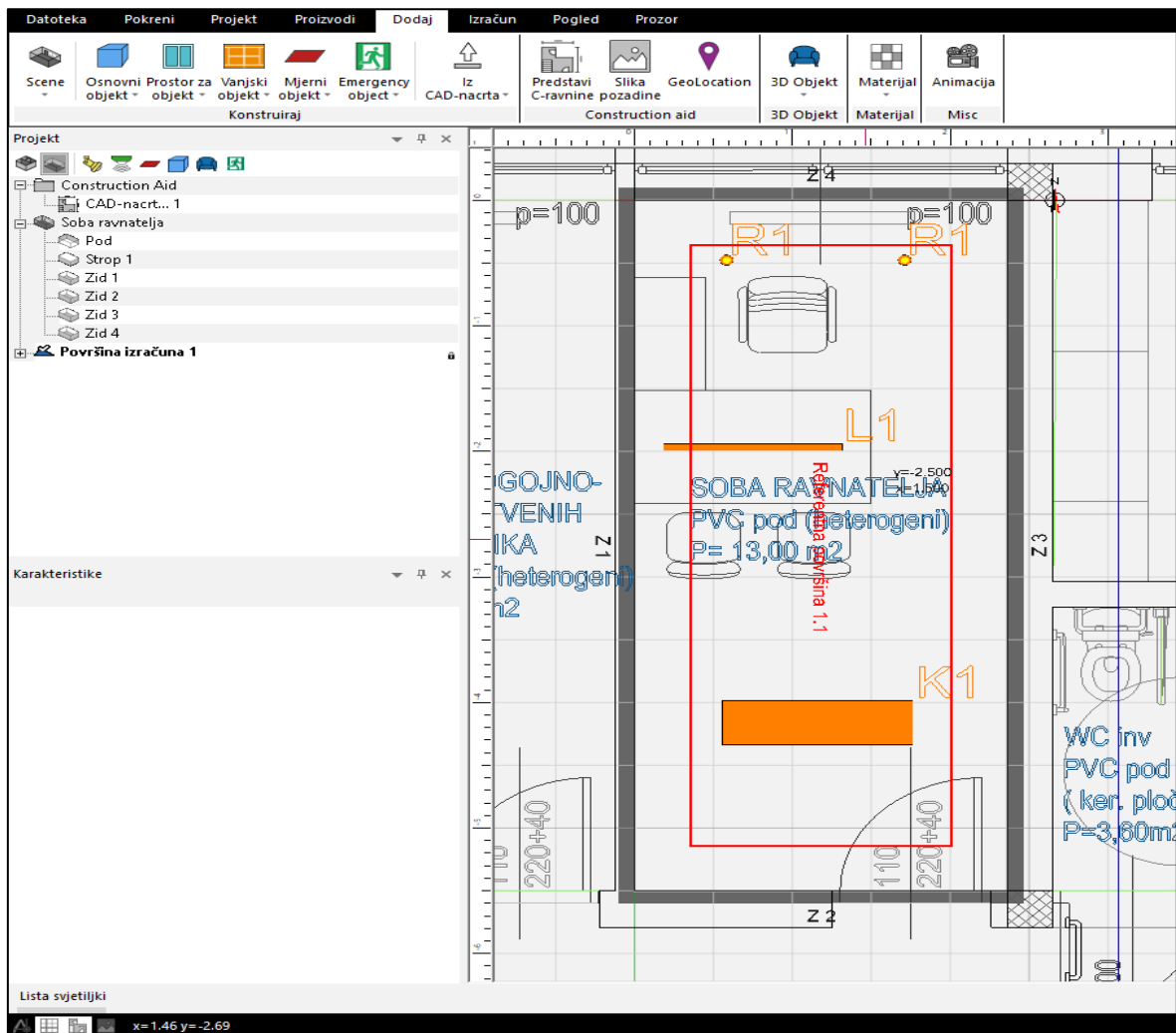
Slika 4.16 Soba ravnatelja u Reluxu

Nakon učitavanja nacrtu potrebno je na alatnoj traci odabrati opciju „Dodaj“ nakon čega se u sekciji „Konstruiraj“ odabire opcija „Scene“. Otvara se plivajući prozor i u tom je prozoru potrebno odabrati „Poligon“.



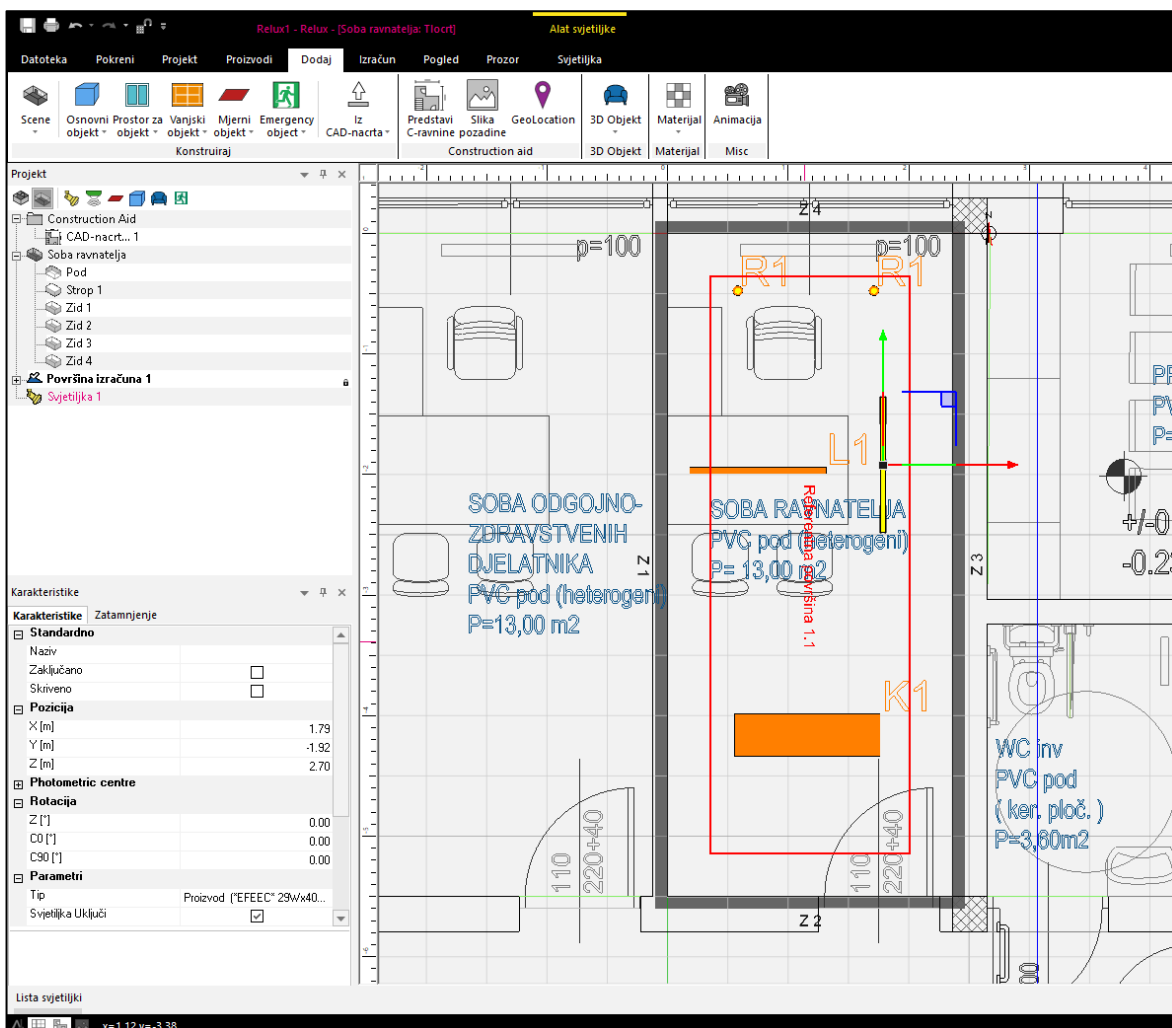
Slika 4.17 „Dodaj“ > „Konstruiraj“ > „Scene“ > „Poligon“

Prilikom odabira scene, na tlocrtu se označuje unutrašnji dio sobe ravnatelja.



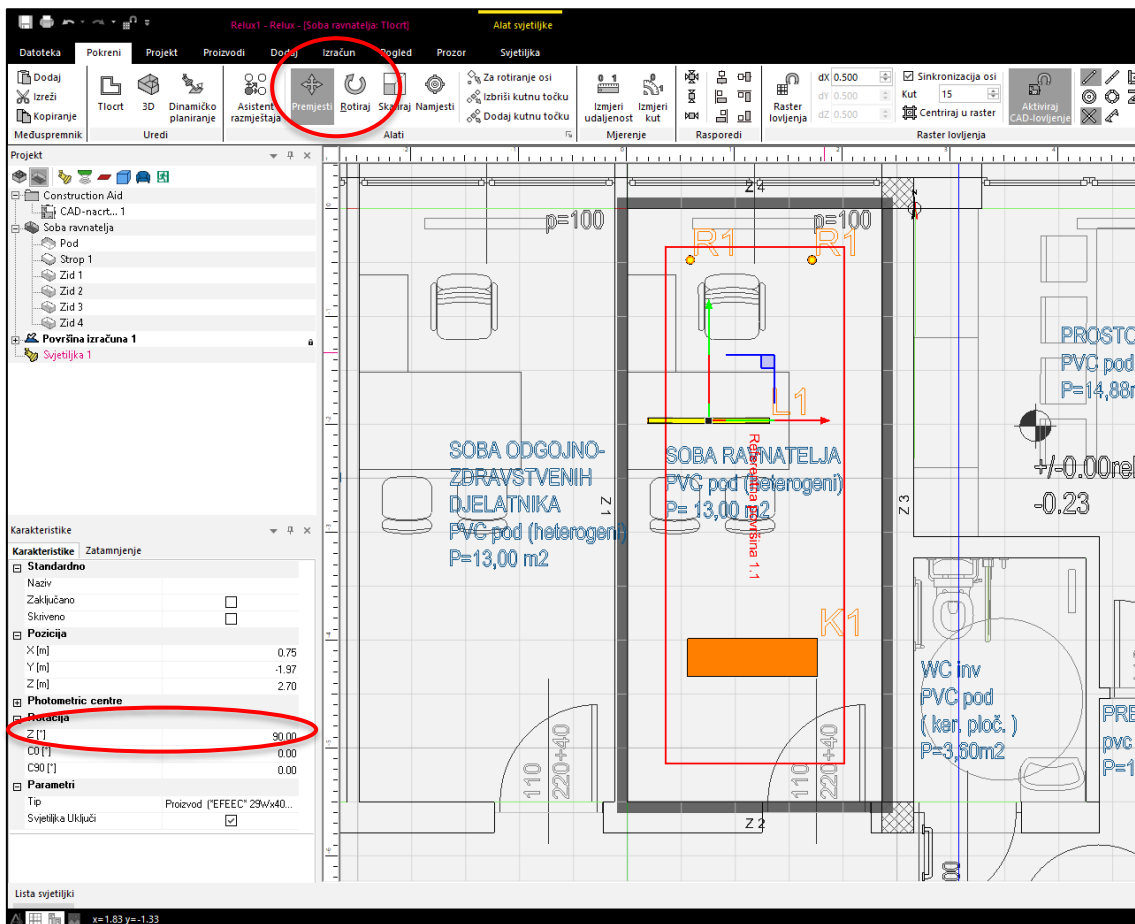
Slika 4.18 Soba ravnatelja

Crveni pravokutnik prikazuje koji dio prostora još spada pod izračun rasvjete. Nakon toga se na internetskoj stranici na kojoj je nađena svjetiljka pronalaze te preuzimaju fotometrijski podaci o svjetiljci (LTD). Nakon preuzimanja LTD svjetiljka prebacuje se u Relux softver.



Slika 4.19 Postavljanje LTD-a u sobu ravnatelja

LTD iste veličine je kao napravljen blok kojeg je potrebno rotirati i postaviti na blok. Rotiranje se nalazi na alatnoj traci „Pokreni“ u sekciji „Alati“. Klikom na opciju rotiraj označuje se LTD svjetiljka te se s lijeve strane u prozoru „Karakteristike“ u sekciji „Rotacija“ pod „Z [°]“ upisuje 90. LTD se rotira za devedeset stupnjeva i klikom na „Premjesti“, pored „Rotacija“ omogućuje se pozicioniranje LTD-a na blok.



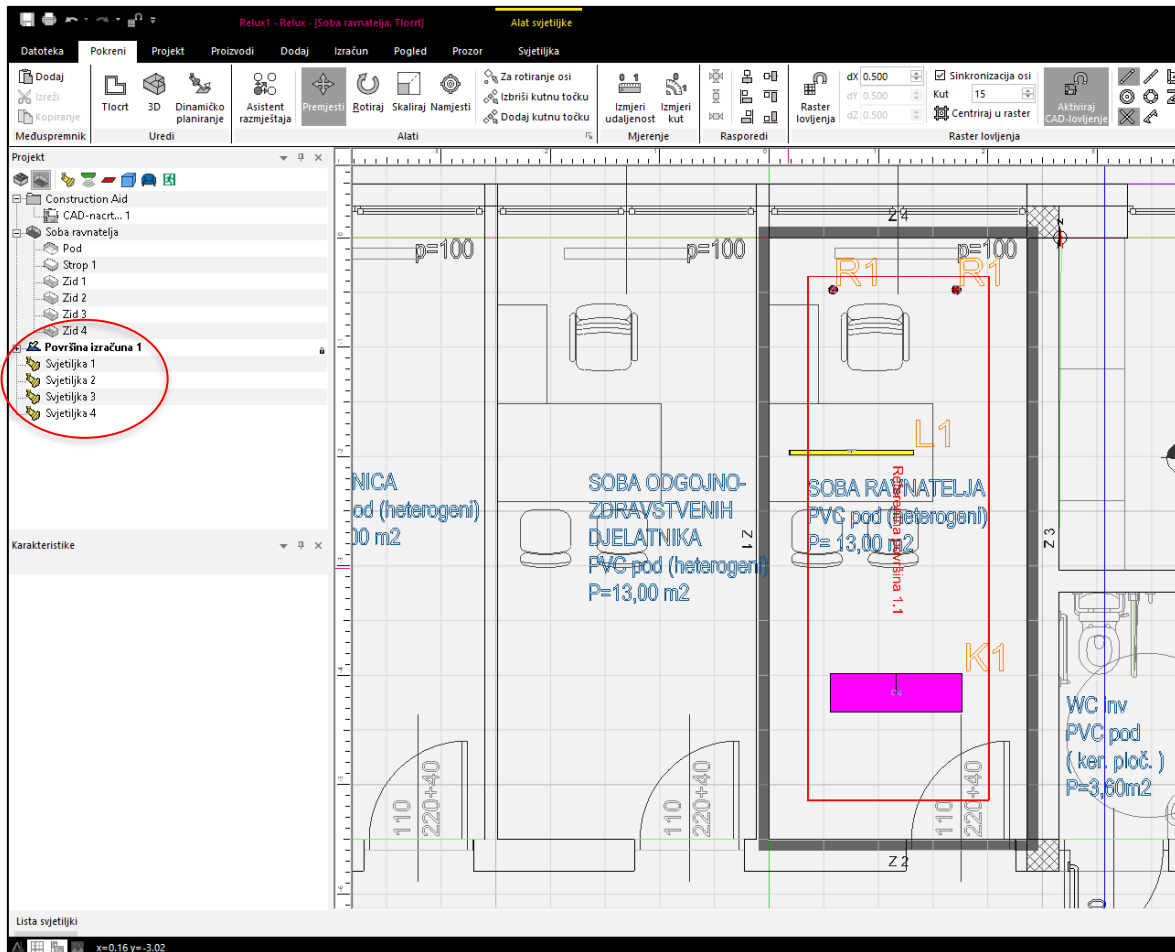
Slika 4.20 Rotiranje i premještanje LTD-a

Isti postupak je i za ostale LTD-ove. Naziv LTD nalazi se u karakteristikama svjetiljke koje smo skinuli.



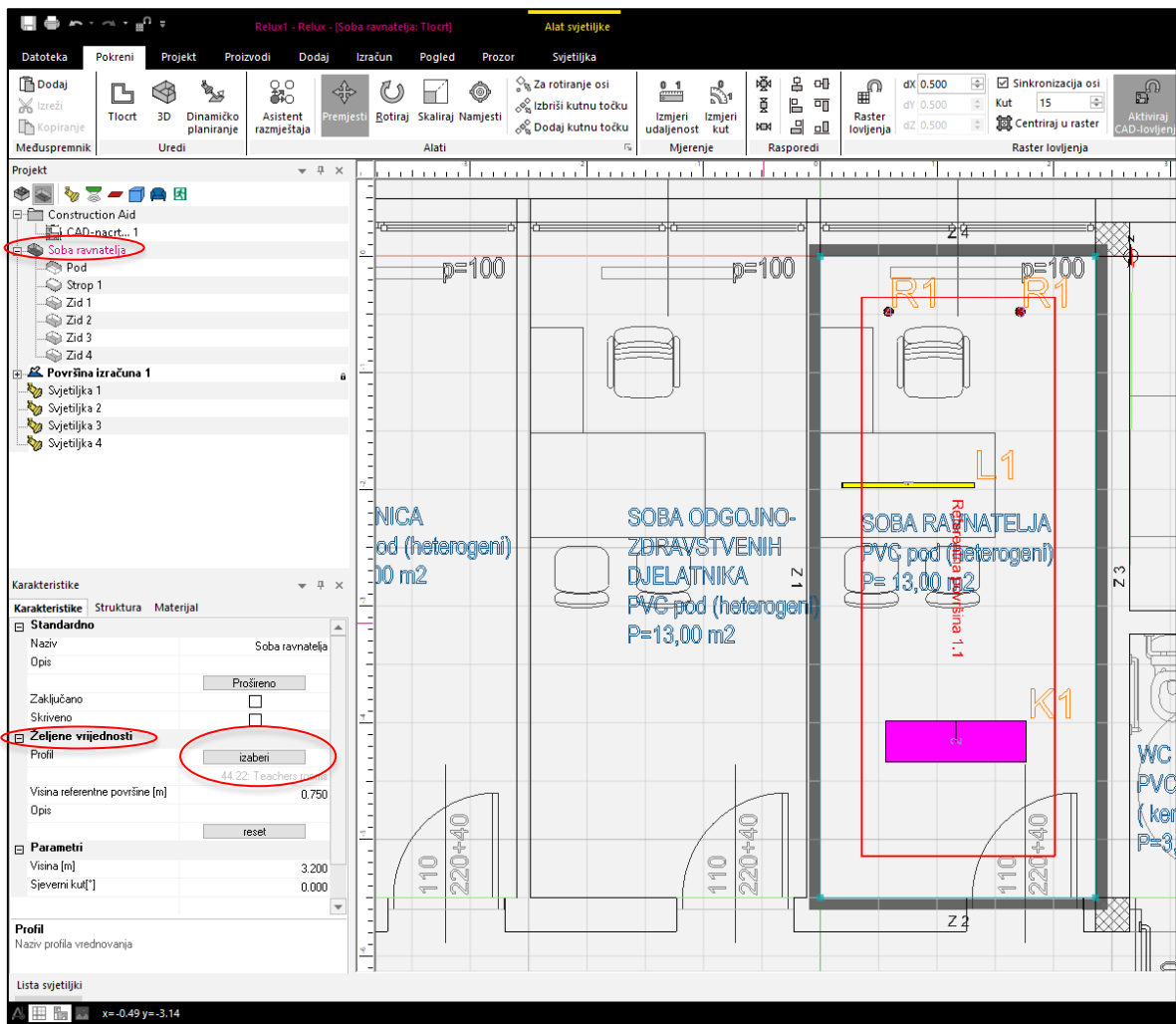
Slika 4.21 Šifra za pronalaženje LTD-a svjetiljke

Umetanjem preostalih LTD-ova kompletira se soba ravnatelja. S lijeve strane omogućuje se pregled korištenih svjetiljki.



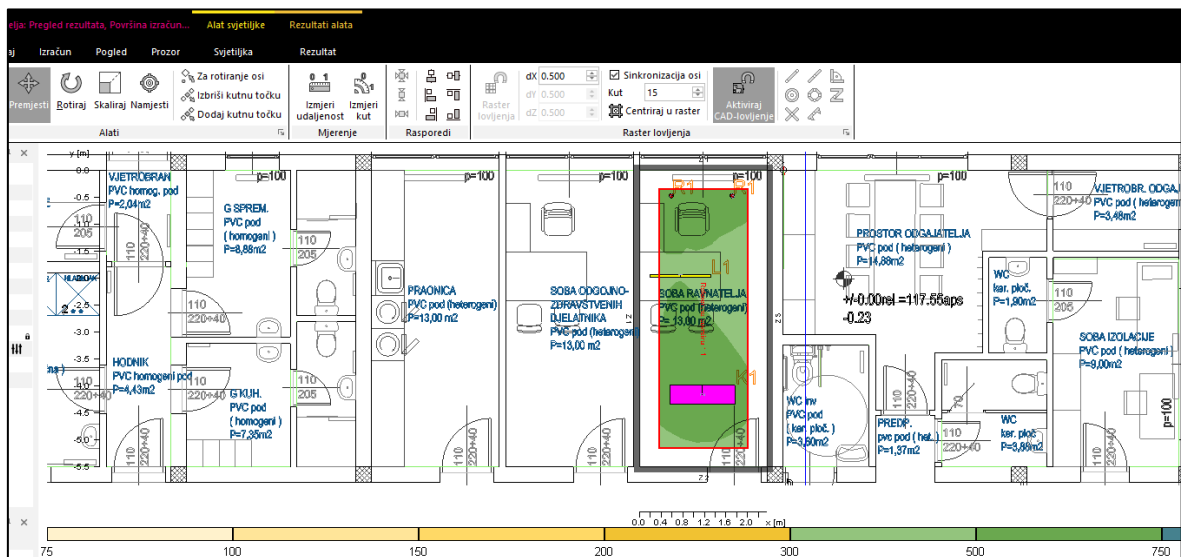
Slika 4.22 Umetanje preostalih LTD-ova

Pritiskom na „Soba ravnatelja“ s lijeve strane otvaraju se karakteristike. U polju „Željene vrijednosti“ odabiru se norme koje osvjetljenje mora zadovoljavati, u ovom slučaju odabire se „Teachers rooms“ i mora biti zadovoljeno 500 lx.

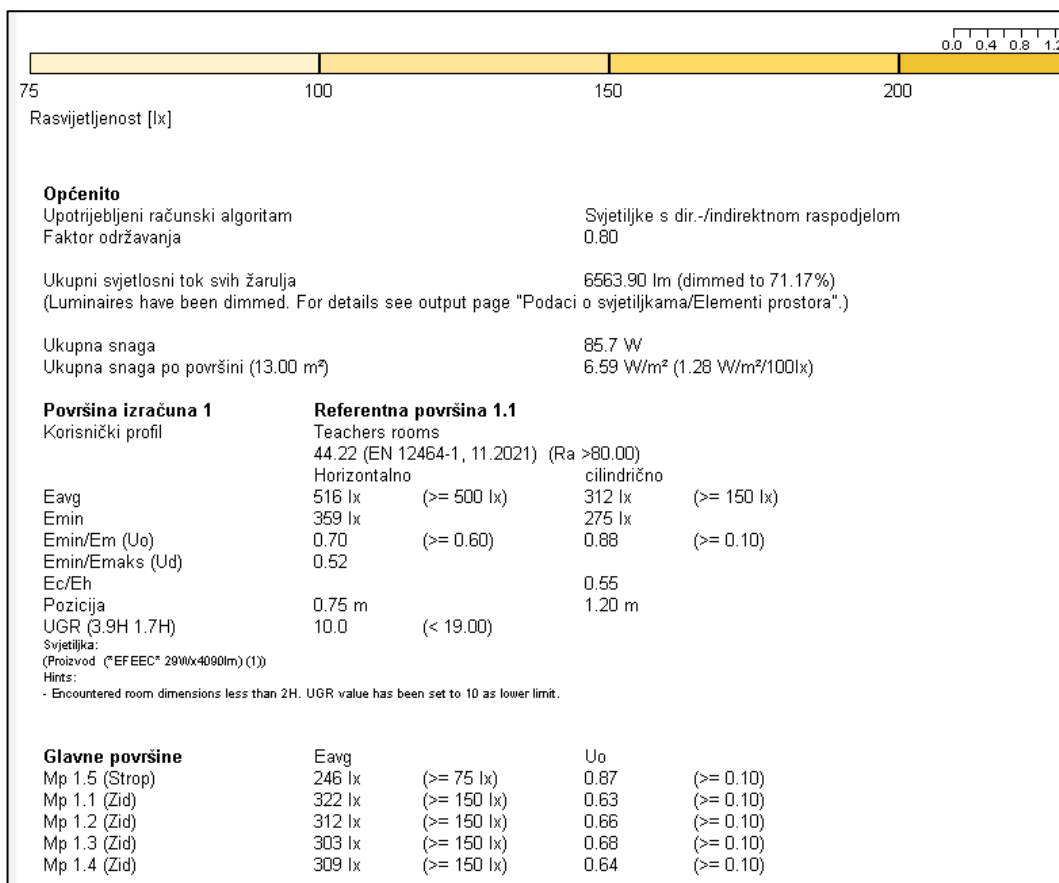


Slika 4.23 Odabir normi osvjetljenja za prostoriju

Nakon odabranih normi, pritiskom na tipku „F9“ pokreće se svjetlotehnički proračun.



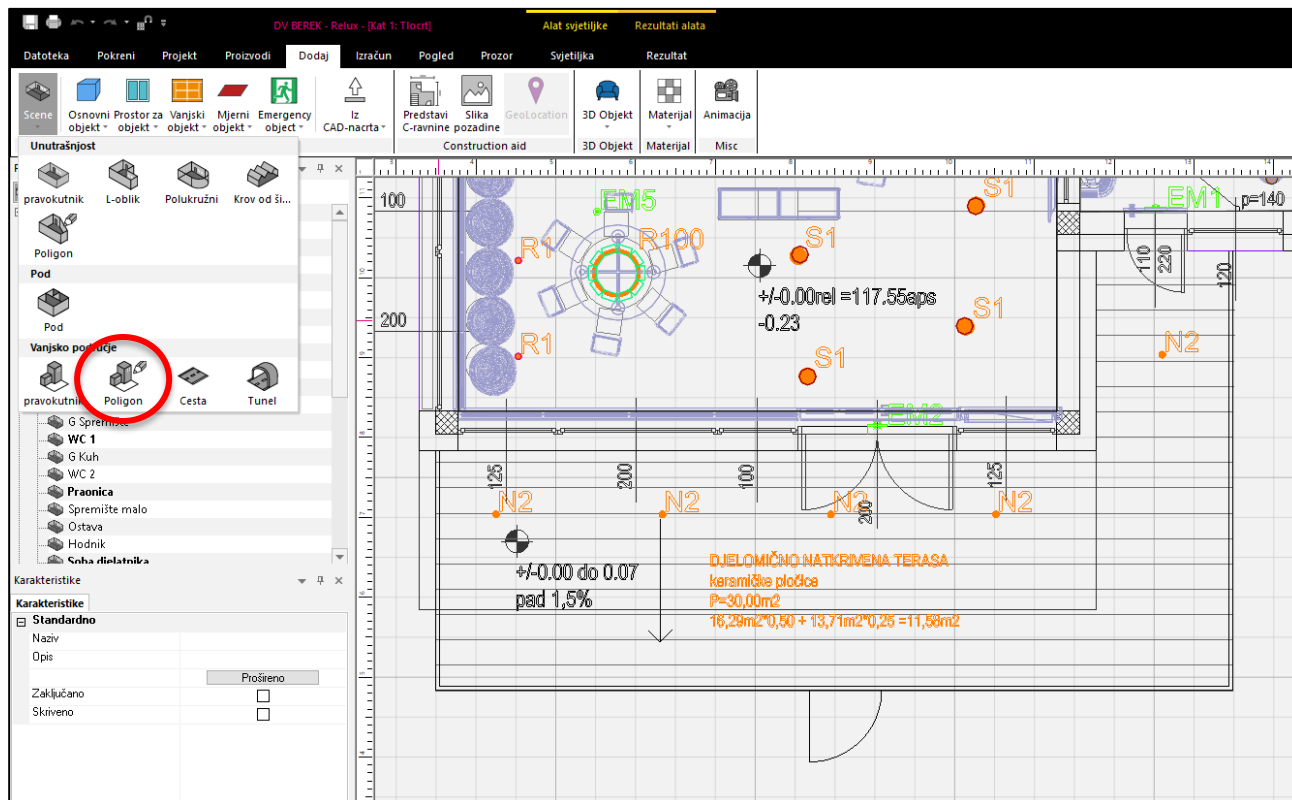
Slika 4.24 Raspodjela svjetlosti u prostoriji



Slika 4.25 Prikaz osvjetljenosti

U prvom djelu proračuna, na slici 4.24 prikazuje se raspodjela svjetlosti u prostoriji. U drugom djelu proračuna, slikom 4.25 prikazana je trenutna osvjetljenost prostora dok broj u zagradi prikazuje koliko luxa mora zadovoljavati (norma). Isti postupak je za sve preostale prostorije.

Za vanjske prostorije postupak je nešto drugačiji. Prilikom odabira scene ne odabire se opcija „Poligon“ u unutarnjem prostoru nego „Poligon“ u vanjskom prostoru. Ostatak postupka je isti.

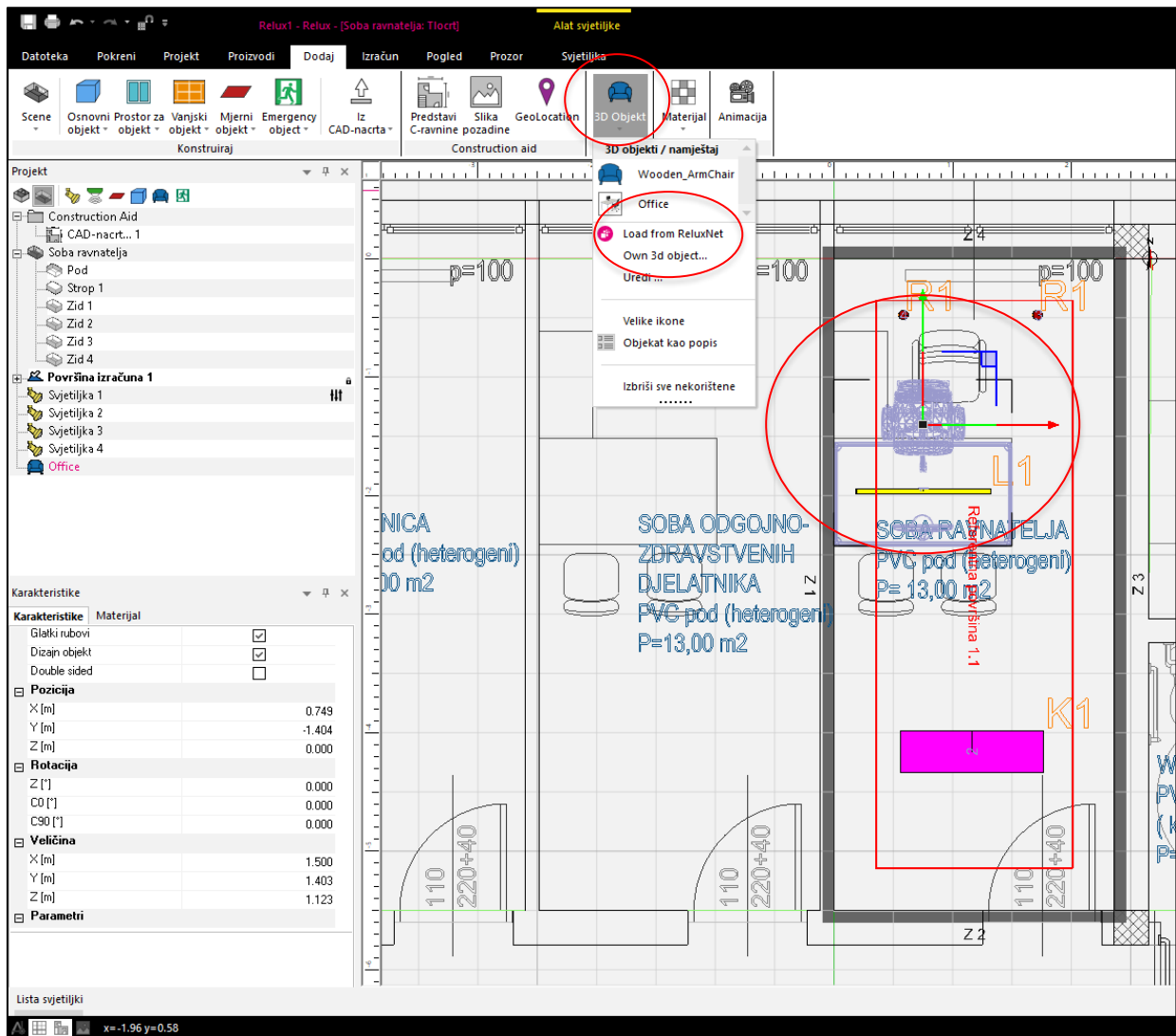


Slika 4.26 Projektiranje vanjskog prostora

Sigurnosna rasvjeta postavlja se strogo prema normama i nikako više.

4.6. Projektno rješenje

Da bi u projektnom rješenju sve bilo preglednije, koristi se i 3D vizualizacija prostora. 3D objekti mogu se pronaći na alatnoj traci „Dodaj“ u sekciji „3D Objekt“. Otvora se plivajući prozor u kojem je potrebno odabrati opciju „Load from ReluxNet“. Preko web preglednika otvara se Relux stranica u kojoj se nalaze gotovi 3D objekti. Potrebno je preuzeti objekt te ga dodati u Relux gdje se vrši proračun i pozicionira na odgovarajuće mjesto [17].



Slika 4.27 Dodavanje 3D objekta

Nakon što je sve napravljeno, kreće ispisivanje svjetlotehničkog proračuna. Kako bi se ispisao svjetlotehnički proračun, potrebno je u gornjem lijevom kutu programa Relux kliknuti na „Datoteka“ te odabrati opciju „Ispiši“. Otvora se prozor s katovima, u ovom slučaju jedan kat te s napravljenim prostorijama. Odabiru se prostorije za koje se želi napraviti proračun. Da bi ovo bio pravi projekt, potrebno je ispisati proračun za sve prostorije, no za potrebe završnog rada ispisani su proračuni odabranih prostorija. Dokument se sprema kao PDF klikom na opciju „Ispiši“ u donjem desnom kutu.



Slika 4.28 Ispis svjetlotehničkog proračuna

4.7. Rezultati svjetlotehničkog proračuna

| | |
|-------------------------------|--------------|
| DV Berek - Završni rad | |
| Prostor | : DV Berek |
| Broj projekta | : |
| Stranka | : |
| Projektirao | : |
| Datum | : 30.08.2022 |

Slijedeće vrijednosti temelje se na egzaktnom izračunu provedenom na kalibriranim žaruljama, svjetiljkama i njihovom zajedničkom radu. U praksi su moguća manja odstupanja. Ne postoje nikakve garancije na datoteke svjetiljki. Proizvođač ne preuzima nikakvu odgovornost za nastalu štetu odnosno štetu prouzročenu korisniku ili trećoj osobi.

DV BEREK.rtf Stranica 1/19

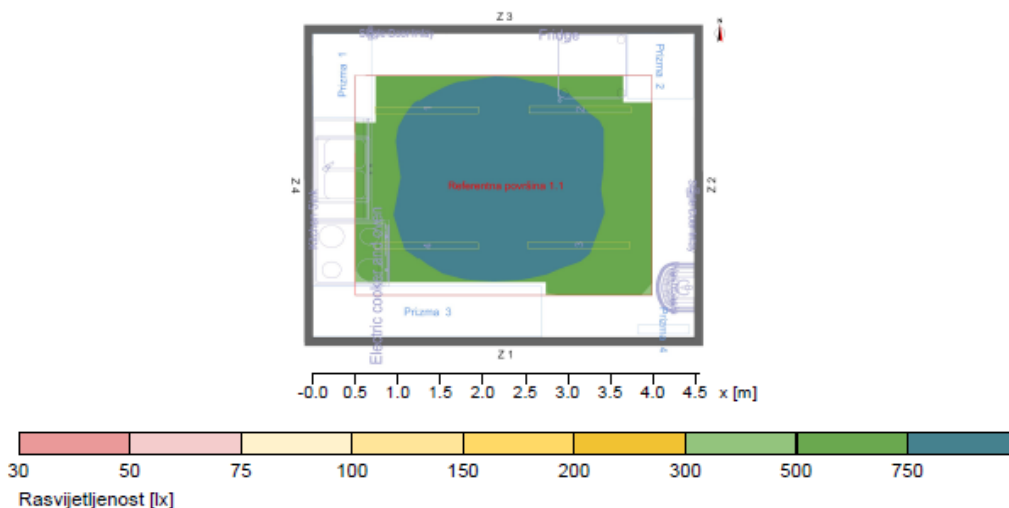
Slika 4.29 Rezultati svjetlotehničkog proračuna

Objekt : DV Berek - Završni rad
 Prostor : DV Berek
 Broj projekta :
 Datum : 30.08.2022

1 Kuhinja

1.1 Sažetak, Kuhinja

1.1.1 Pregled rezultata, Površina izračuna 1



Općenito

Upotrijebljeni računski algoritam Svjetiljke s dir.-/indirektnom raspodjelom
 Visina svjetiljke 2.70 m
 Faktor održavanja 0.80

Ukupni svjetlosni tok svih žarulja 20116.40 lm
 Ukupna snaga 154.4 W
 Ukupna snaga po površini (16.14 m²) 9.57 W/m² (1.32 W/m²/100lx)

Površina izračuna 1

Korisnički profil

Referentna površina 1.1

Kitchen

44.28 (EN 12464-1, 11.2021) (Ra >80.00)

Horizontalno

cilindrično

| | | | | |
|---|--------|-------------|--------|-------------|
| Eavg | 723 lx | (>= 500 lx) | 278 lx | (>= 100 lx) |
| Emin | 536 lx | | 230 lx | |
| Emin/Em (Uo) | 0.74 | (>= 0.60) | 0.83 | (>= 0.10) |
| Emin/Emaks (Ud) | 0.64 | | | |
| Ec/Eh | | | 0.32 | |
| Pozicija | 0.75 m | | 1.20 m | |
| UGR (2.5H 3.1H) | <=23.4 | (< 22.00) | | |
| Svjetiljka: | | | | |
| (BASIC IP65-39W-5029lm/840 (172K149.12 38.6Wx5029lm) (1)) | | | | |

Glavne površine

| | | | | |
|----------------|--------|-------------|------|-----------|
| Mp 1.5 (Strop) | 144 lx | (>= 75 lx) | 0.83 | (>= 0.10) |
| Mp 1.1 (Zid) | 342 lx | (>= 100 lx) | 0.00 | (>= 0.10) |
| Mp 1.2 (Zid) | 327 lx | (>= 100 lx) | 0.03 | (>= 0.10) |
| Mp 1.3 (Zid) | 399 lx | (>= 100 lx) | 0.03 | (>= 0.10) |

Slika 4.30 Rezultati svjetlotehničkog proračuna - kuhinja, sažetak - 1

Objekt : DV Berek - Završni rad
Prostor : DV Berek
Broj projekta :
Datum : 30.08.2022

1 Kuhinja

1.1 Sažetak, Kuhinja

1.1.1 Pregled rezultata, Površina izračuna 1

Mp 1.4 (Zid) 338 lx (≥ 100 lx) 0.01 (≥ 0.10)

Tip Kom. Proizvod

| | | | |
|---|-----|------------------|------------------------------|
| 1 | 4 x | KRYPTON | |
| | | Tipaska oznaka | : 172K149.12 |
| | | Naziv svjetiljke | : BASIC IP65-39W-5029lm/840 |
| | | Žarulje | : 1 x LED 38.6 W / 5029.1 lm |

Slika 4.31 Rezultati svjetlotehničkog proračuna - kuhinja, sažetak - 2

Objekt : DV Berek - Završni rad
Prostor : DV Berek
Broj projekta :
Datum : 30.08.2022

1 Kuhinja

1.2 Rezultati izračuna, Kuhinja

1.2.1 3D sjajnost, Pogled 1



Slika 4.32 Rezultati svjetlotehničkog proračuna - kuhinja, 3D vizualizacija - 1

Objekt : DV Berek - Završni rad
Prostor : DV Berek
Broj projekta :
Datum : 30.08.2022

1.2 Rezultati izračuna, Kuhinja

1.2.2 3D sjajnost, Pogled 2



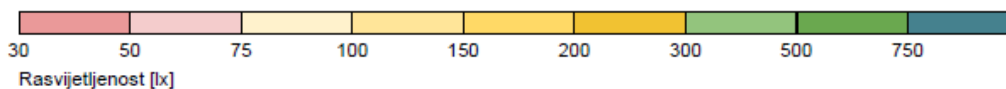
Slika 4.33 Rezultati svjetlotehničkog proračuna - kuhinja, 3D vizualizacija - 2

Objekt : DV Berek - Završni rad
 Prostor : DV Berek
 Broj projekta :
 Datum : 30.08.2022

2 Jasličke jedinice 2

2.1 Sažetak, Jasličke jedinice 2

2.1.1 Pregled rezultata, Površina izračuna 1



Općenito
 Upotrijebljeni računski algoritam Svjetiljke s dir./indirektnom raspodjelom
 Faktor održavanja 0.80
 Ukupni svjetlosni tok svih žarulja 43415.60 lm
 Ukupna snaga 459.6 W
 Ukupna snaga po površini (64.50 m²) 7.13 W/m² (1.46 W/m²/100lx)

| Površina izračuna 1 | Referentna površina 1.1 | | | |
|--|-------------------------|------------------|-------------|------------------|
| Korisnički profil | Play room | | | |
| | Horizontalno | | cilindrično | |
| Eavg | 488 lx | (≥ 300 lx) | 177 lx | (≥ 100 lx) |
| Emin | 295 lx | | 109 lx | |
| Emin/Em (Uo) | 0.61 | (≥ 0.40) | 0.61 | (≥ 0.10) |
| Emin/Emaks (Ud) | 0.44 | | | |
| Ec/Eh | | | 0.33 | |
| Pozicija | 0.75 m | | 1.20 m | |
| UGR (4.2H 4.8H) | ≤ 26.5 | (< 22.00) | | |
| Svjetiljka: (SPHERO-24W/830-840 (152K109.11/152K144.11 23.6Wx2314lm) (5)) | | | | |
| Glavne površine | Eavg | | Uo | |
| Mp 1.5 (Strop) | 101 lx | (≥ 75 lx) | 0.49 | (≥ 0.10) |
| Mp 1.1 (Zid) | 154 lx | (≥ 100 lx) | 0.49 | (≥ 0.10) |
| Mp 1.2 (Zid) | 203 lx | (≥ 100 lx) | 0.35 | (≥ 0.10) |
| Mp 1.3 (Zid) | 219 lx | (≥ 100 lx) | 0.55 | (≥ 0.10) |
| Mp 1.4 (Zid) | 193 lx | (≥ 100 lx) | 0.42 | (≥ 0.10) |



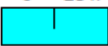

Slika 4.34 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – jasličke jedinice 2, sažetak - 1

Objekt : DV Berek - Završni rad
Prostor : DV Berek
Broj projekta :
Datum : 30.08.2022

2 Jasličke jedinice 2

2.1 Sažetak, Jasličke jedinice 2

2.1.1 Pregled rezultata, Površina izračuna 1

| Tip | Kom. | Proizvod | |
|---|--------|--------------------|--|
|  | 4 10 x | KRYPTON | |
| | | Tipska oznaka | : 152K207.11 |
| | | Naziv svjetiljke | : ROOKIE PRO 11W-816lm/927 |
| | | Žarulje | : 1 x LED 11.28 W / 816.2 lm |
|  | 5 8 x | Tipska oznaka | : 152K109.11/152K144.11 |
| | | Naziv svjetiljke | : SPHERO-24W/830-840 |
| | | Žarulje | : 1 x LED 23.6 W / 2314.2 lm |
| | | | |
|  | 6 20 x | Halla, a.s. | |
| | | Tipska oznaka | : Rotao60; opal; HO; 1 part of 10 of Rotao60 600mm |
| | | Naziv svjetiljke | : 227-561K-10GGE/830 |
| | | Žarulje | : 1 x LED 4 W / 427 lm |
|  | 7 20 x | Tipska oznaka | : 127-561K-10GGE/830; 1 part of 10 for Rotao 600mm |
| | | Naziv svjetiljke | : Rotao 600 Dir/Indir opal HO |
| | | Žarulje | : 1 x LED 3.9 W / 410 lm |
| | | | |

Slika 4.35 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – jasličke jedinice 2, sažetak - 2

Objekt : DV Berek - Završni rad
Prostor : DV Berek
Broj projekta :
Datum : 30.08.2022

2 Jasličke jedinice 2

2.2 Rezultati izračuna, Jasličke jedinice 2

2.2.1 3D sjajnost, Pogled 1



Slika 4.36 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – jasličke jedinice 2, 3D vizualizacija - 1

Objekt : DV Berek - Završni rad
Prostor : DV Berek
Broj projekta :
Datum : 30.08.2022

2.2 Rezultati izračuna, Jasličke jedinice 2

2.2.2 3D sjajnost, Pogled 2



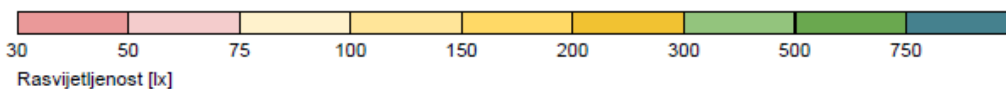
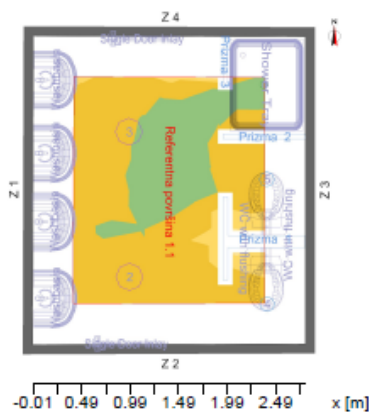
Slika 4.37 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – jasličke jedinice 2, 3D vizualizacija - 2

Objekt : DV Berek - Završni rad
 Prostor : DV Berek
 Broj projekta :
 Datum : 30.08.2022

3 Sanitarija 1

3.1 Sažetak, Sanitarija 1

3.1.1 Pregled rezultata, Površina izračuna 1



Općenito

| | |
|---|--|
| Upotrijebljeni računski algoritam | Svjetiljke s dir./indirektnom raspodjelom |
| Visina svjetiljke | 2.70 m |
| Faktor održavanja | 0.80 |
| Ukupni svjetlosni tok svih žarulja | 7165.60 lm |
| Ukupna snaga | 74.4 W |
| Ukupna snaga po površini (8.87 m ²) | 8.38 W/m ² (3.18 W/m ² /100lx) |

Površina izračuna 1

Korisnički profil

Referentna površina 1.1

Bathrooms and toilets for patients

47.6 (EN 12464-1, 11.2021) (Ra >90.00)

Horizontalno

cilindrično

| | | | | |
|-----------------|--------|------------|--------|-----------|
| Eavg | 264 lx | (≥ 200 lx) | 99 lx | (≥ 75 lx) |
| Emin | 192 lx | | 84 lx | |
| Emin/Em (Uo) | 0.73 | (≥ 0.40) | 0.85 | (≥ 0.10) |
| Emin/Emaks (Ud) | 0.59 | | | |
| Ec/Eh | | | 0.30 | |
| Pozicija | 0.75 m | | 1.20 m | |
| UGR (1.9H 2.1H) | ≤24.7 | (< 22.00) | | |

Svjetiljka:

(SPHERO MINI-16W-1551lm-830 (152K110.11 15.8Wx1551lm) (10))

Glavne površine

| | | | | | | |
|----------------|------|--------|-----------|----|------|----------|
| Mp 1.5 (Strop) | Eavg | 102 lx | (≥ 50 lx) | Uo | 0.42 | (≥ 0.10) |
| Mp 1.1 (Zid) | | 172 lx | (≥ 75 lx) | | 0.60 | (≥ 0.10) |
| Mp 1.2 (Zid) | | 193 lx | (≥ 75 lx) | | 0.48 | (≥ 0.10) |
| Mp 1.3 (Zid) | | 183 lx | (≥ 75 lx) | | 0.31 | (≥ 0.10) |

Slika 4.38 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – sanitarija 1, sažetak - 1

Objekt : DV Berek - Završni rad
Prostor : DV Berek
Broj projekta :
Datum : 30.08.2022

3 Sanitarija 1

3.1 Sažetak, Sanitarija 1

3.1.1 Pregled rezultata, Površina izračuna 1

Mp 1.4 (Zid) 135 lx (≥ 75 lx) 0.56 (≥ 0.10)

| Tip | Kom. | Proizvod |
|-----|------|--|
| | | KRYPTON |
| 8 | 1 x | Tipska oznaka : 152K113.1x Naziv svjetiljke : ISSA-9W-680lm/927 Žarulje : 1 x 2700K CRI90 250mA 9.9 W / 679.6 lm |
| | |  |
| 9 | 2 x | Tipska oznaka : 172K108.11 Naziv svjetiljke : LYNN 280-17W-1692lm/830 Žarulje : 1 x LED 16.4 W / 1691.9 lm |
| | |  |
| 10 | 2 x | Tipska oznaka : 152K110.11 Naziv svjetiljke : SPHERO MINI-16W-1551lm-830 Žarulje : 1 x LED 15.84 W / 1551.1 lm |
| | |  |

Slika 4.39 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – sanitarija 1, sažetak - 2

Objekt : DV Berek - Završni rad
Prostor : DV Berek
Broj projekta :
Datum : 30.08.2022

3 Sanitarija 1

3.2 Rezultati izračuna, Sanitarija 1

3.2.1 3D sjajnost, Pogled 1



Slika 4.40 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – sanitarija 1, 3D vizualizacija - 1

Objekt : DV Berek - Završni rad
Prostor : DV Berek
Broj projekta :
Datum : 30.08.2022

3.2 Rezultati izračuna, Sanitarija 1

3.2.2 3D sjajnost, Pogled 2



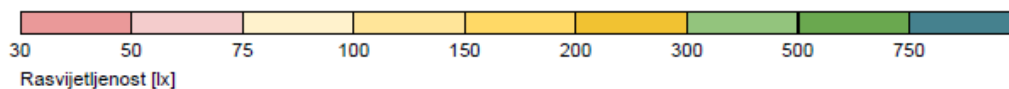
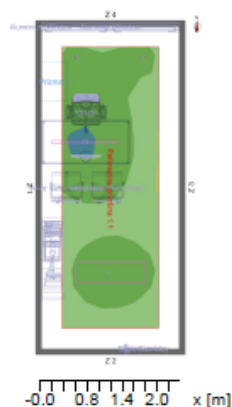
Slika 4.41 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – sanitarija 1, 3D vizualizacija - 2

Objekt : DV Berek - Završni rad
 Prostor : DV Berek
 Broj projekta :
 Datum : 30.08.2022

4 Soba ravnatelja

4.1 Sažetak, Soba ravnatelja

4.1.1 Pregled rezultata, Površina izračuna 1



Općenito

Upotrijebljeni računski algoritam
 Faktor održavanja

Visoki indirektni udio
 0.80

Ukupni svjetlosni tok svih žarulja 7177.40 lm (dimmed to 77.83%)
 (Luminaires have been dimmed. For details see output page "Podaci o svjetiljkama/Elementi prostora".)

Ukupna snaga 85.7 W
 Ukupna snaga po površini (12.97 m²) 6.61 W/m² (1.31 W/m²/100lx)

Površina izračuna 1
 Korisnički profil

Referentna površina 1.1

Teachers rooms
 44.22 (EN 12464-1, 11.2021) (Ra >80.00)

Horizontalno cilindrično

| | | | | |
|-----------------|--------|-------------|--------|-------------|
| Eavg | 503 lx | (>= 500 lx) | 204 lx | (>= 150 lx) |
| Emin | 317 lx | | 137 lx | |
| Emin/Em (Uo) | 0.63 | (>= 0.60) | 0.67 | (>= 0.10) |
| Emin/Emaks (Ud) | 0.43 | | | |
| Ec/Eh | | | 0.36 | |
| Pozicija | 0.75 m | | 1.20 m | |
| UGR (4.0H 1.7H) | 10.0 | (< 19.00) | | |

Svjetiljka:
 (Lipo45 (45-500Z-20GGE/830 29Wx4090lm) (23))

Hints:

- Encountered room dimensions less than 2H. UGR value has been set to 10 as lower limit.

| Glavne površine | Eavg | Uo |
|-----------------|------|----|
|-----------------|------|----|

Slika 4.42 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – soba ravnatelja, sažetak - 1

Objekt : DV Berek - Završni rad
Prostor : DV Berek
Broj projekta :
Datum : 30.08.2022


4 Soba ravnatelja


4.1 Sažetak, Soba ravnatelja


4.1.1 Pregled rezultata, Površina izračuna 1

| | | | | |
|----------------|--------|-------------|------|-----------|
| Mp 1.5 (Strop) | 140 lx | (>= 75 lx) | 0.82 | (>= 0.10) |
| Mp 1.1 (Zid) | 228 lx | (>= 150 lx) | 0.12 | (>= 0.10) |
| Mp 1.2 (Zid) | 223 lx | (>= 150 lx) | 0.77 | (>= 0.10) |
| Mp 1.3 (Zid) | 193 lx | (>= 150 lx) | 0.71 | (>= 0.10) |
| Mp 1.4 (Zid) | 212 lx | (>= 150 lx) | 0.77 | (>= 0.10) |

Tip Kom. Proizvod

26 2 x  **KRYPTON**
Tipska oznaka : 152K207.11
Naziv svjetiljke : ROOKIE PRO 11W-816lm/927
Žarulje : 1 x LED 11.28 W / 816.2 lm

34 1 x  **Halla, a.s.**
Tipska oznaka : Kvado; microprism
Naziv svjetiljke : 119-224I-40GEE/830
Žarulje : 1 x LED 34.1 W / 3500 lm

23 1 x  **d'žHalla, a.s.**
Tipska oznaka : 45-500Z-20GGE/830
Naziv svjetiljke : Lipo45
Žarulje : 1 x LED-MODUL 1x27W - 29 W / 4090 lm

Slika 4.43 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – soba ravnatelja, sažetak - 2

Objekt : DV Berek - Završni rad
Prostor : DV Berek
Broj projekta :
Datum : 30.08.2022

4 Soba ravnatelja

4.2 Rezultati izračuna, Soba ravnatelja

4.2.1 3D sjajnost, Pogled 1



Slika 4.44 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – soba ravnatelja, 3D vizualizacija - 1

Objekt : DV Berek - Završni rad
Prostor : DV Berek
Broj projekta :
Datum : 30.08.2022

4.2 Rezultati izračuna, Soba ravnatelja

4.2.2 3D sjajnost, Pogled 2



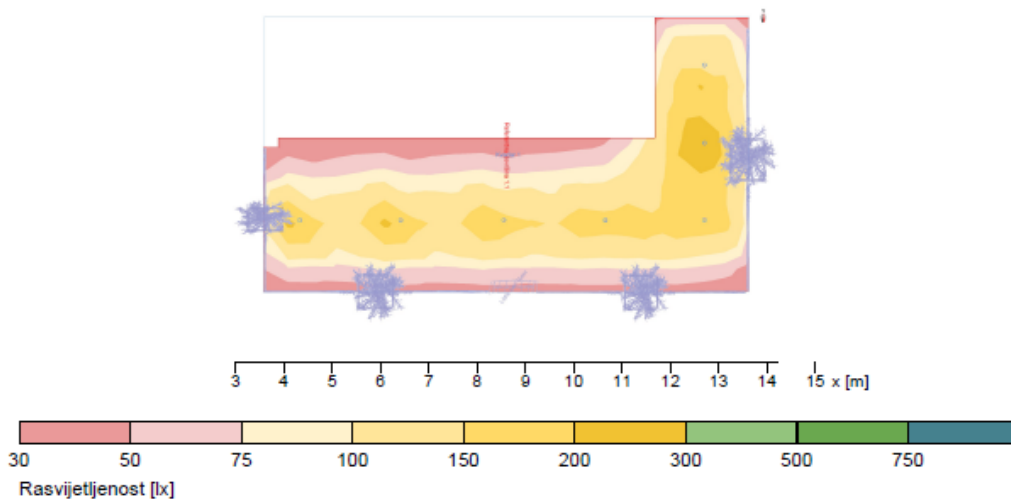
Slika 4.45 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – soba ravnatelja, 3D vizualizacija - 2

Objekt : DV Berek - Završni rad
 Prostor : DV Berek
 Broj projekta :
 Datum : 30.08.2022

1 Djelomično natkrivena terasa 1

1.1 Sažetak, Djelomično natkrivena terasa 1

1.1.1 Pregled rezultata, Površina izračuna 1




Općenito

Upotrijebljeni računski algoritam : Svjetiljke s dir.-/indirektnom raspodjelom
 Visina (fot. centar) : 3.17 m
 Faktor održavanja : 0.80

Ukupni svjetlosni tok svih žarulja : 5171.60 lm
 Ukupna snaga : 63.0 W
 Ukupna snaga po površini (36.68 m²) : 1.72 W/m² (1.47 W/m²/100lx)

| Površina izračuna 1 | Referentna površina 1.1 |
|---------------------|-------------------------|
| | Horizontalno |
| Eavg | 117 lx |
| Emin | 59 lx |
| Emin/Em (Uo) | 0.51 |
| Emin/Emaks (Ud) | 0.29 |
| Pozicija | 0.00 m |

Tip Kom. Proizvod

| | | |
|---|-----|--|
| 31 | 7 x | LOMBARDO_LAB |
|  | | Tipska oznaka : 1 |
| | | Naziv svjetiljke : NOA 9 W VETRO TRASP+LENTE S |
| | | Žarulje : 1 x PROIETTORE 9 W / 738.8 lm |

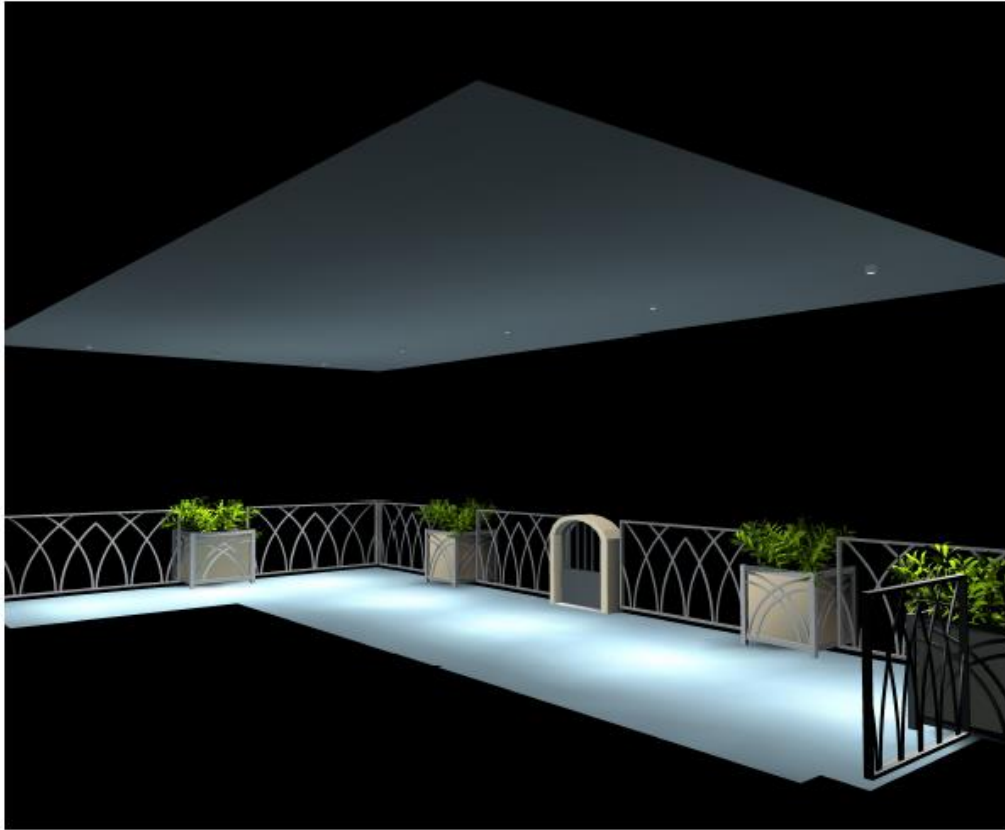
Slika 4.46 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – djelomično natkrivena terasa 1, sažetak

Objekt : DV Berek - Završni rad
Prostor : DV Berek
Broj projekta :
Datum : 30.08.2022

1 Djelomično natkrivena terasa 1

1.2 Rezultati izračuna, Djelomično natkrivena terasa 1

1.2.1 3D sjajnost, Pogled 1



Slika 4.47 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – djelomično natkrivena terasa 1, 3D vizualizacija

5. Usporedba rezultata

Za usporedbu koriste se rezultati iz „Relux“ rješenja i rezultati koji su izračunati ručno pomoću kalkulatora. Izračun je napravljen na primjeru kuhinje. Za izračun srednje rasvjetljenosti prostora i ukupnog svjetlosnog toka koriste se formule:

$$E_{av} = \frac{n \cdot \phi_1 \cdot \eta_p \cdot \eta_s}{1.25 \cdot A} [lx] \quad \phi = \frac{1.25 \cdot E_{sr} \cdot A}{\eta_p \cdot \eta_s}$$

n (broj svjetiljka) = 4

$A = 3.6 \cdot 4.48 = 16.14 \text{ m}^2$

η_p (iz kataloga) = 0.92

η_s (iz kataloga) = 0.79

$\phi_1 = 5029.1 \text{ lm}$

$$E_{av} = \frac{4 \cdot 5029.1 \cdot 0.92 \cdot 0.79}{1.25 \cdot 16.14} = 724.689 \text{ lx}$$

$$\phi = \frac{1.25 \cdot 724.689 \cdot 16.14}{0.92 \cdot 0.79} = 20116.40 \text{ lm}$$

| | | |
|---|---|--|
| Općenito | | |
| Upotrijebljeni računski algoritam | | Svjetiljke s dir.-/indirektnom raspodjelom |
| Visina svjetiljke | | 2.70 m |
| Faktor održavanja | | 0.80 |
| Ukupni svjetlosni tok svih žarulja | | 20116.40 lm |
| Ukupna snaga | | 154.4 W |
| Ukupna snaga po površini (16.14 m ²) | | 9.57 W/m ² (1.32 W/m ² /100lx) |
| Površina izračuna 1 | Referentna površina 1.1 | |
| Korisnički profil | Kitchen | |
| | 44.28 (EN 12464-1, 11.2021) (Ra >80.00) | |
| | Horizontalno | cilindrično |
| Eavg | 723 lx (>= 500 lx) | 278 lx (>= 100 lx) |
| Emin | 536 lx | 230 lx |
| Emin/Em (Uo) | 0.74 (>= 0.60) | 0.83 (>= 0.10) |
| Emin/Emaks (Ud) | 0.64 | |
| Ec/Eh | | 0.32 |
| Pozicija | 0.75 m | 1.20 m |
| UGR (2.5H 3.1H) | <=23.4 (< 22.00) | |
| Svjetiljka: | | |
| (BASIC IP65-39W-5029lm/840 (172K149.12 38.6Wx5029lm) (1)) | | |

Slika 5.1 Izračun u softveru „Relux“

Računajući ukupni svjetlosni tok svih žarulja, dobiju se isti rezultati u softveru Relux kao i računajući ručno pomoću kalkulatora. Izračunom srednje rasvjetljenosti prostora prilikom računanja pomoću kalkulatora dobije se 1 lx više. Razlika 1 lx može se zanemariti tj. može se reći da je unutar tolerancije, zato jer na srednju rasvjetljenost ne utječe samo svjetiljka već i sjajnost zidova koja u ručnom izračunu nije iskorištena. Dolazi se do zaključka da je softver Relux pouzdan kod izračuna svjetlotehničkog proračuna.

6. Zaključak

S obzirom da je vid čovjekovo najvažnije osjetilo te pomoću njega prima 80% svih informacija, od velike je važnosti na koji je način osvijetljen neki unutarnji prostor. Tijekom dana izvedena rasvjeta mora biti ugodna i stvarati ugodan ambijent, dok noću ona osigurava sigurnost i vidljivost. U današnje vrijeme sve se više koriste LED žarulje zbog ekonomičnosti i izdržljivosti. Izrađen projekt koristi samo LED žarulje. Žarulje sa žarnom niti sve se manje koriste te je predviđeno da u budućnosti više neće biti u upotrebi. Rasvjeta u nuždi te evakuacijska rasvjeta također su nezaobilazni dio svakog javnog projekta. Prije korištenja softvera sve se radilo ručno, na papiru. Najveća prednost prelaska u digitalni oblik projektiranja je mogućnost beskonačnog mijenjanja i ispravljanja što na papiru nije bilo moguće.

Softver koji se u ovom završnom radu koristi za projektiranje rasvjete je Relux, a CAD softver koji se koristi je AutoCAD. Zadatak ovog završnog rada je bio projektiranje rasvjete u dječjem vrtiću Berek (edukacijska ustanova). Projekt rasvjete napravljen je u pet soba od kojih je jedna vanjski prostor. Opisano je korištenje softvera „AutoCAD“ i „Relux“. Objašnjen je izračun i ispisani su svjetlotehnički proračuni i definirani su podaci proračuna. Izvedene su formule koje se koriste u svjetlotehničkom proračunu te je napravljena usporedba ručno izvedenih rezultata i rezultata koje daje softver „Relux“. Da bi rezultati bili valjani, oni moraju zadovoljavati neke norme. Norme za unutarnji prostor nalaze se pod nazivom „HRN EN 12464-1“, a norme za vanjski prostor nalaze se pod nazivom „HRN EN 12464-2“. Svaka prostorija mora imati određeni broj luksa. Pomoću normi određuje se broj luksa za pojedine prostorije te se na temelju toga projektira rasvjeta. S obzirom na to da prostorije nemaju istu namjenu, za svaku je prostoriju propisana drugačija rasvijetljenost. Na kraju završnog rada ispisani su svjetlotehnički proračuni svih pet prostorija te je napravljena 3D vizualizacija zbog lakšeg predočavanja prostora i svjetiljki.

Cilj završnog rada bio je naglasiti osiguranje kvalitete u projektiranju rasvjete. Način na koji je osigurana kvaliteta ovog projekta je korištenjem profesionalnih softvera, AutoCAD i Relux, te poštivanjem europskih normi za rasvjetu. Kako bi se uvjerali u točnost softvera, srednja rasvijetljenost prostora i ukupni svjetlosni tok izračunati su i pomoću formula. Nakon usporedbe dobivenih rezultata od strane softvera te onih koji su izračunati pomoću formula, dolazi se do zaključka da je softver korektan prilikom izračunavanja. Navedene su norme koje se moraju poštivati kako bi se odobrio projekt koji je izrađen. U slučaju nepoštivanja normi projekt se vraća na doradu, što je ujedno i prednost digitalnog oblika projektiranja. Kako bi se dočarao ambijent nakon projektiranja napravljena je 3D vizualizacija projekta.

7. Literatura

- [1] Električna rasvjeta
https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_22703/objava_31147/fajlovi/ELEKTROINST3.pdf
(Pristupljeno: 24.08.2022.)
- [2] Wikipedia luminiscencija
<https://hr.wikipedia.org/wiki/Luminiscencija>
(Pristupljeno: 24.08.2022.)
- [3] Telektra, LED rasvjeta
<https://www.telektra.hr/site/led-rasvjeta/>
(Pristupljeno: 24.08.2022.)
- [4] Telektra, panik i evakuacijska rasvjeta
<https://www.telektra.hr/site/panik-i-evakuacijska-rasvjeta/>
(Pristupljeno: 24.08.2022.)
- [5] Telektra, svjetiljke
<https://www.telektra.hr/site/svjetiljke/>
(Pristupljeno: 24.08.2022.)
- [6] Električni strojevi i uređaji, Autor: Zdravko Varga, dipl. ing.
Naklada: Neodidacta d.o.o., Zagreb 2015. godine
- [7] Telektra, projektiranje rasvjete
<https://www.telektra.hr/site/projektiranje-rasvjete/>
(Pristupljeno: 24.08.2022.)
- [8] Soled
<https://soled.hr/projektiranje-rasvjete/>
(Pristupljeno: 24.08.2022.)
- [9] Lipaprom, ograničenje bliještanja
<https://www.lipapromet.hr/Usluge/Projektiranjessvjetloehnikhe/Rasvjetaznanjeiiskustva/tabid/72/ctl/details/itemid/180/mid/528/ogranienje-blijetanja.aspx>
(Pristupljeno: 24.08.2022.)
- [10] Električne instalacije 2. dio, Autor: Vladimir Rodeš, dipl. ing. elektrotehnikhe
Izdavač: Elektrostrojarska škola Varaždin, Varaždin 2007.godine
- [11] HRN EN 12464-1 norme za unutarnji prostor
<https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+12464-1%3A2021>
(Pristupljeno: 24.08.2022.)
- [12] HRN EN 12464-2 norme za vanjski prostor
<https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+12464-2%3A2014>
(Pristupljeno: 24.08.2022.)
- [13] HRN EN 1838 Sigurnosna i evakuacijska rasvjeta
<https://repozitorij.hzn.hr/norm/HRN+EN+1838%3A2013>
(Pristupljeno: 24.08.2022.)
- [14] Lena Lighting
<https://lenalighting.com/>
(Pristupljeno: 24.08.2022.)

- [15] Halla
<https://www.halla.eu/>
(Pristupljeno: 24.08.2022.)
- [16] Lambardo
<https://www.lombardo.it/en>
(Pristupljeno: 24.08.2022.)
- [17] ReluxNet
<https://reluxnet.relux.com/en/>
(Pristupljeno: 24.08.2022.)

Popis slika

| | |
|---|----|
| Slika 2.1 Spektar boja | 2 |
| Izvor: Električne instalacije 2. dio, Vladimir Rodeš | |
| Slika 2.2 Valna duljina za određeno zračenje | 2 |
| Izvor: Električna rasvjeta | |
| https://www.ucg.ac.me/skladiste/blog_22703/objava_31147/fajlovi/ELEKTROINST3.pdf | |
| Slika 2.3 Standardna i halogena žarulja | 3 |
| Izvor: https://www.ebay.fr/itm/284041069922 | |
| Slika 2.4 Različite vrste LED žarulja | 4 |
| Izvor: https://www.channelsafety.co.uk/contractors-eductaing-customers-led-lights/ | |
| Slika 2.5 Sigurnosna i evakuacijska rasvjeta | 6 |
| Izvor: https://www.hap-electrical.co.uk/services/fire-alarms/ | |
| Slika 2.6 Električni stupanj zaštite | 8 |
| Izvor: Električne instalacije 2. dio, Vladimir Rodeš | |
| Slika 2.7 Vrste svjetiljki prema području primjene | 8 |
| Slika 2.8 Direktno i indirektno bliještanje | 10 |
| Izvor: Električna rasvjeta | |
| Slika 2.9 Dobar i loš upad svjetlosti | 10 |
| Izvor: Električna rasvjeta | |
| Slika 2.10 Kruithofova krivulja klima boja | 11 |
| Izvor: Električna rasvjeta | |
| Slika 2.11 Prostorni kut jedinične kugle | 14 |
| Izvor: Električne instalacije 2. dio, Vladimir Rodeš | |
| Slika 2.12 Luksmetar | 16 |
| Izvor: https://www.accurate.kiwi/Product/light-trotec-bf06/ | |
| Slika 4.1 Tlocrt vrtića | 23 |
| Slika 4.2 Presjek A-A vrtića | 23 |
| Slika 4.3 Odabir rasvjete preko stranice „Halla“ | 24 |
| Slika 4.4 Očitavanje dimenzije odabrane svjetiljke | 24 |
| Slika 4.5 Home > Block > Edit | 25 |
| Slika 4.6 Imenovanje blocka | 25 |
| Slika 4.7 Crtanje pravokutnika u AutoCAD-u | 26 |
| Slika 4.8 Ispuna bloka | 26 |
| Slika 4.9 Označavanje bloka | 27 |
| Slika 4.10 Zatvaranje Block Editora | 27 |
| Slika 4.11 Umetanje svjetiljke na određeno mjesto | 28 |
| Slika 4.12 Soba ravnatelja | 28 |
| Slika 4.13 „Novo“ > „Novi projekt“ > „Unutarnji prostor s nacrtom“ | 29 |
| Slika 4.14 Podaci i prva 3 koraka stvaranja projekta | 30 |
| Slika 4.15 Zadnja 2 koraka stvaranja projekta | 31 |
| Slika 4.16 Soba ravnatelja u Reluxu | 31 |
| Slika 4.17 „Dodaj“ > „Konstruiraj“ > „Scene“ > „Poligon“ | 32 |
| Slika 4.18 Soba ravnatelja | 33 |
| Slika 4.19 Postavljanje LTD-a u sobu ravnatelja | 34 |
| Slika 4.20 Rotiranje i premještanje LTD-a | 35 |
| Slika 4.21 Šifra za pronalaženje LTD-a svjetiljke | 35 |
| Slika 4.22 Umetanje preostalih LTD-ova | 36 |
| Slika 4.23 Odabir normi osvjetljenja za prostoriju | 37 |
| Slika 4.24 Raspodjela svjetlosti u prostoriji | 37 |
| Slika 4.25 Prikaz osvjetljenosti | 38 |

| | |
|---|----|
| Slika 4.26 Projektiranje vanjskog prostora | 39 |
| Slika 4.27 Dodavanje 3D objekta | 40 |
| Slika 4.28 Ispis svjetlotehničkog proračuna | 41 |
| Slika 4.29 Rezultati svjetlotehničkog proračuna | 42 |
| Slika 4.30 Rezultati svjetlotehničkog proračuna - kuhinja, sažetak - 1 | 43 |
| Slika 4.31 Rezultati svjetlotehničkog proračuna - kuhinja, sažetak - 2 | 44 |
| Slika 4.32 Rezultati svjetlotehničkog proračuna - kuhinja, 3D vizualizacija - 1 | 45 |
| Slika 4.33 Rezultati svjetlotehničkog proračuna - kuhinja, 3D vizualizacija - 2 | 46 |
| Slika 4.34 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – jasličke jedinice 2, sažetak -1 | 47 |
| Slika 4.35 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – jasličke jedinice 2, sažetak - 2 | 48 |
| Slika 4.36 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – jasličke jedinice 2, 3D vizualizacija - 1 | 49 |
| Slika 4.37 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – jasličke jedinice 2, 3D vizualizacija - 2 | 50 |
| Slika 4.38 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – sanitarija 1, sažetak - 1 | 51 |
| Slika 4.39 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – sanitarija 1, sažetak - 2 | 52 |
| Slika 4.40 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – sanitarija 1, 3D vizualizacija - 1 | 53 |
| Slika 4.41 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – sanitarija 1, 3D vizualizacija - 2 | 54 |
| Slika 4.42 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – soba ravnatelja, sažetak - 1 | 55 |
| Slika 4.43 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – soba ravnatelja, sažetak - 2 | 56 |
| Slika 4.44 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – soba ravnatelja, 3D vizualizacija - 1 | 57 |
| Slika 4.45 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – soba ravnatelja, 3D vizualizacija - 2 | 58 |
| Slika 4.46 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – djelomično natkrivena terasa 1, sažetak | 59 |
| Slika 4.47 Rezultati svjetlotehničkog proračuna – djelomično natkrivena terasa 1, 3D viz | 60 |
| Slika 5.1 Izračun u softveru „Relux“ | 61 |

Popis tablica

| | |
|--|----|
| Tablica 1. Energija za luminiscenciju | 3 |
| Tablica 2 Usporedba LED žarulje i žarulje sa žarnom niti | 5 |
| Tablica 3. Minimalan broj mjerenja u ovisnosti o koeficijentu mjerenja | 15 |
| Tablica 4. Količina luxa za unutarnje radne prostore | 19 |
| Tablica 5. Količina luxa za vanjske radne prostore | 20 |



IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, ALEN VORI (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/~~autorica~~ završnog/~~diplomskog~~ (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom PROJEKTIRANJE RASVJETE U OSIGURANJE KVALITETE U EDUKACIJSKIM USTANOVAMA S NAGLASKOM NA (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Alen Vori
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, ALEN VORI (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/~~sa~~ s javnom objavom završnog/~~diplomskog~~ (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom PROJEKTIRANJE RASVJETE U EDUKACIJSKIM USTANOVAMA S NAGLASKOM NA OSIGURANJE KVALITETE čiji sam autor/~~ica~~.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

Alen Vori
(vlastoručni potpis)