

Projektiranje rasvjete u nuždi

Krajnović, Julijana

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:371525>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-15**

Repository / Repozitorij:

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA

Stručni studij

PROJEKTIRANJE RASVJETE U NUŽDI

Završni rad

Julijana Krajnović

Osijek, 2021.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. RASVJETA U NUŽDI.....	2
2.1. Podjela rasvjete u nuždi	2
2.2. Norme, zakoni i propisi	4
3. ZAHTJEVI I PROJEKTIRANJE SIGURNOSNE RASVJETE	6
3.1. Mjesta postavljanja sigurnosne rasvjete	6
3.2. Sigurnosni znakovi	8
3.3. Sigurnosna rasvjeta putova evakuacije.....	10
3.4. Sigurnosna rasvjeta velikih prostora.....	13
3.5. Sigurnosna rasvjeta prostora s povećanom opasnosti.....	14
4. OPIS TEHNIČKIH RJEŠENJA.....	16
4.1. Sustavi napajanja	16
4.1.1. Sustavi s autonomnim napajanjem.....	16
4.1.2. Sustavi s centralnim napajanjem.....	18
4.2. Načini rada sigurnosnih svjetiljki	20
4.3. Održavanje i ispitivanje sigurnosne rasvjete	21
5. PROJEKTNI ZADATAK	24
5.1. Projektiranje u programu DIALux	24
6. ZAKLJUČAK	33
LITERATURA.....	34
SAŽETAK.....	35
ŽIVOTOPIS	36
PRILOZI.....	37

1. UVOD

Tijekom projektiranja nekog javnog objekta potrebno je uzeti u obzir nepogodne situacije koje znatno mogu narušiti zaštitu i sigurnost ljudi. Potrebno je osigurati sustav koji daje osjećaj sigurnosti, sprječava paniku i omogućava nesmetan nastavak radnji. U tu svrhu, uz poštivanje zakonskih odredbi i normi, projektira se rasvjeta u nuždi. Ona osigurava odgovarajuću razinu osvjetljenja objekta, pružajući smjernice do sigurnog prostora u slučaju izvanrednog događaja. Cilj završnog rada je opisati i definirati rasvjetu u nuždi, njezinu ulogu i načine na koje se ostvaruje. Na primjeru projektnog zadatka treba izraditi svjetlotehnički proračun u programu DIALux. U drugom poglavlju rada dana je definicija rasvjete u nuždi, kao i njezina osnovna podjela te su navedeni određeni pravilnici i norme koji se koriste u Hrvatskoj. U trećem poglavlju opisane su karakteristike i funkcije sigurnosne rasvjete. Prikazane su faze projektiranja koje u skladu s normom definiraju posebne zahtjeve za osvjetljenje određenih područja. Četvrto poglavlje daje uvid u moguća tehnička rješenja kroz sustave napajanje, načine rada sigurnosnih svjetiljki te održavanje i ispitivanje sigurnosne rasvjete. U petom poglavlju na praktičnom primjeru u programu DIALux, izrađen je svjetlotehnički proračun kata u zgradi fakulteta u Osijeku. U programu su detaljno opisani koraci projektiranja jedne prostorije, od korištenih svjetiljki do potrebnih zahtjeva propisanih normom.

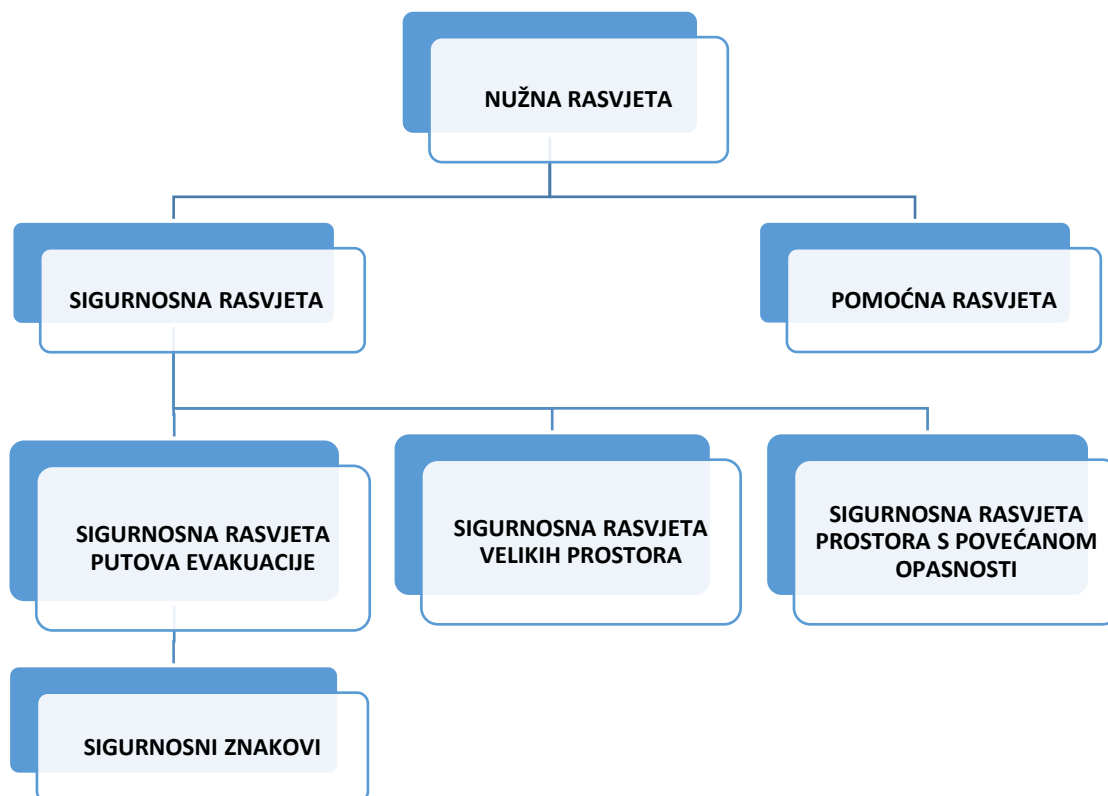
2. RASVJETA U NUŽDI

Rasvjeta u nuždi (engl. *Emergency lighting*) je specifičan sustav za osvjetljenje koji se automatski uključuje u slučaju izvanrednog stanja poput nestanka napajanja električnom energijom, požara, kvara u opremi i sl. Osigurava odgovarajuće osvjetljenje za normalan nastavak aktivnosti i sigurnu evakuaciju objekta. Sustav rasvjete u nuždi ima vlastiti izvor napajanja neovisan o izvoru koji opskrbljuje sustav opće rasvjete [1, 2, 3].

Definirani termin nije jedinstven, koristi se i naziv nužna rasvjeta koji je određen u normi HRN EN 1838:2013.

2.1. Podjela rasvjete u nuždi

Prema [1], rasvjeta u nuždi je opći pojam koji se, ovisno o namjeni, dijeli u nekoliko različitih oblika (Sl. 2.1.). Klasifikacija nužne rasvjete definirana je u normi HRN EN 1838:2013, u kojoj su određeni i svjetlotehnički zahtjevi za sustave sigurnosne i pomoćne rasvjete.



Sl. 2.1. Podjela nužne rasvjete [1]

Sigurnosna rasvjeta (*engl. Emergency escape lighting*)

Sigurnosna rasvjeta omogućava osvjetljenje evakuacijskih putova i velikih, otvorenih prostora za siguran izlaz iz objekta kada nestane napajanje opće rasvjete. Osigurava i završetak visokorizičnih radnji u područjima s povećanom opasnosti [4]. Evakuacijski putovi su jasno definirani, trajno neometani putovi određeni za kretanje prema sigurnom izlazu ili sigurnom mjestu u objektu u slučaju izvanrednog događaja [1].

Sigurnosna rasvjeta se dijeli na:

- **Sigurnosnu rasvjetu putova evakuacije (*engl. Escape route lighting*)** – pruža smjernice prema sigurnom izlazu, osigurava dovoljnu osvijetljenost evakuacijskih putova te omogućava laku identifikaciju i korištenje protupožarne i sigurnosne opreme. Sigurnosna rasvjeta putova evakuacije uključuje i rasvjetu sigurnosnih znakova [5].
- **Sigurnosnu rasvjetu velikih prostora (*engl. Open area lighting*)** – postavlja se u svrhu sprječavanja nastanka panike i pruža odgovarajuće osvjetljenje kako bi ljudi sigurno stigli do evakuacijskih putova. U literaturi se koriste i izrazi: antipanična, protupanična rasvjeta [3, 5, 6].
- **Sigurnosnu rasvjetu prostora s povećanom opasnosti (*engl. High risk task area lighting*)** – omogućava sigurnu evakuaciju ljudi uključenih u potencijalno opasne procese i osigurava ispravno isključenje sustava u područjima visokog rizika [5].

Pomoćna rasvjeta (*engl. Standby lighting*)

Pričuvni oblik rasvjete koji osigurava dovoljnu i funkcionalnu osvijetljenost objekta za nesmetani nastavak aktivnosti prilikom nestanka standardne rasvjete. Sustavi pomoćne rasvjete moraju osigurati osvjetljenje dulje od tri sata, a kao napajanje koriste centralne baterijske sustave, elektroagregate, neprekidne izvore napajanja ili UPS (*engl. Uninterruptible power supply*). Iako se prema hrvatskim pravilnicima pomoćna rasvjeta ubraja kao dio sigurnosne rasvjete, ona nije zakonski obavezna i nema sigurnosnu ulogu. Instalacija sustava pomoćne rasvjete ovisi o svrsi i načinu korištenja objekta [1, 2, 3].

2.2. Norme, zakoni i propisi

Prilikom projektiranja rasvjete u nuždi moraju se poštivati posebni zahtjevi propisani zakonom i normama. Norme su službeni dokumenti doneseni i odobreni od priznatog tijela s ciljem uređenosti, opće i višekratne upotrebe. U Hrvatskoj se projektanti većinom koriste stranim normama jer ne postoji jedinstvena hrvatska norma koja opisuje područje nužne rasvjete. (Tab 2.1.) Uglavnom su to europske norme čija je oznaka EN, engleske norme BS i njemačke norme DIN. Koristi se i američka norma NFPA 101 koja propisuje zakone i uvjete za objekte u kojima je rasvjeta u nuždi obavezna. NFPA prigodna je zamjena za minimalnu hrvatsku odredbu u kojoj se točno nalaze propisani objekti koji moraju sadržavati rasvjetu putova evakuacije te sve potrebne uvjete za njeno izvođenje. Zahtjevi za projektiranje nužne rasvjete nisu vjerodostojno zakonski obrađeni u hrvatskim pravilnicima te se oni razlikuju od pravilnika do pravilnika [7].

Trenutno aktivni zakoni i pravilnici u Republici Hrvatskoj [7, 8]:

- Zakon o zaštiti na radu, NN 71/14., 118/14., 154/14., 96/18.
- Zakon o zaštiti od požara, NN 92/10.
- Kazneni zakon, NN 125/11.
- Pravilnik o zaštiti na radu za radne i pomoćne prostorije i prostore, NN 6/84., 42/05., 113/06.
- Pravilnik o temeljnim zahtjevima za zaštitu od požara elektroenergetskih postrojenja i uređaja, NN 146/05.
- Pravilnik o zaštiti od požara u ugostiteljskih objekata, NN 100/99.
- Pravilnik o sustavima za dojavu požara, NN 56/99.
- Pravilnik o sigurnosnim znakovima, NN 29/05.
- Pravilnik o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napon, N.N. 53/88., 5/02.

Tab. 2.1. Norme za nužnu rasvjetu u Hrvatskoj [8, 9, 10]

OZNAKA	NAZIV (hrv.)	NAZIV (engl.)
HRN EN 12665:2018	Svjetlo i rasvjeta -- Osnovni nazivi i kriteriji za specificiranje zahtjeva rasvjete	Light and lighting -- Basic terms and criteria for specifying lighting requirements
HRN EN 1838:2013	Primjena rasvjete -- Nužna rasvjeta	Lighting applications -- Emergency lighting
HRN EN 50172:2008	Sustavi rasvjete za slučaj opasnosti	Emergency escape lighting systems
HRN EN 50171:2008/Ispr.1:2014	Centralni sustavi napajanja	Central power supply systems
HRN EN 62034:2013	Automatski ispitni sustavi za rasvjetu za slučaj opasnosti koja se napaja baterijama	Automatic test systems for battery powered emergency escape lighting
HRN EN 60598-2-22:2015/A1:2020	Svjetiljke -- Dio 2-22: Posebni zahtjevi -- Svjetiljke za rasvjetu u slučaju opasnosti	Luminaires -- Part 2-22: Particular requirements -- Luminaires for emergency lighting
HRN ISO 3864-1:2014	Grafički simboli -- Boje i znakovi sigurnosti	Graphical symbols -- Safety colours and safety signs
HRN ISO 3864-4:2015	Grafički simboli -- Boje i znakovi sigurnosti -- 4. dio: Kolorimetrijska i fotometrijska svojstva materijala za znakove sigurnosti	Graphical symbols -- Safety colours and safety signs -- Part 4: Colorimetric and photometric properties of safety sign materials
HRN EN ISO 7010:2020	Registrirani znakovi sigurnosti	Registered safety signs

3. ZAHTJEVI I PROJEKTIRANJE SIGURNOSNE RASVJETE

Hrvatska norma HRN EN 1838 daje jasne preporuke i smjernice za određene parametre koji se trebaju uzeti u obzir tijekom projektiranja sigurnosne rasvjete. Definira i dovoljnu razinu rasvijetljenosti za sigurno kretanje ljudi u slučaju prekida mrežnog napajanja. Zahtjev projektiranja nalaže da prilikom nestanka normalne rasvjete, sigurnosna rasvjeta mora ispunjavati sljedeće funkcije [11]:

- jasno i nedvosmisleno označiti evakuacijske putove
- omogućiti osvjetljenje evakuacijskih putova
- osigurati laku identifikaciju protupožarne opreme postavljene na evakuacijskim putovima
- osigurati dovoljnu vidljivost kako bi se u slučaju nepredviđenih događaja ugroženi prostor mogao sigurno napustiti i doći do mjesta za evakuaciju

Kako bi se pobliže objasnile funkcije sigurnosne rasvjete, projektiranje iste može se sistematski prikazati kroz sljedeće faze [11, 12]:

1. Mjesta postavljanja sigurnosne rasvjete – točke naglaska
2. Sigurnosni znakovi – znakovi smjera kretanja i izlaza
3. Sigurnosna rasvjeta putova evakuacije
4. Sigurnosna rasvjeta velikih prostora
5. Sigurnosna rasvjeta prostora s povećanom opasnosti

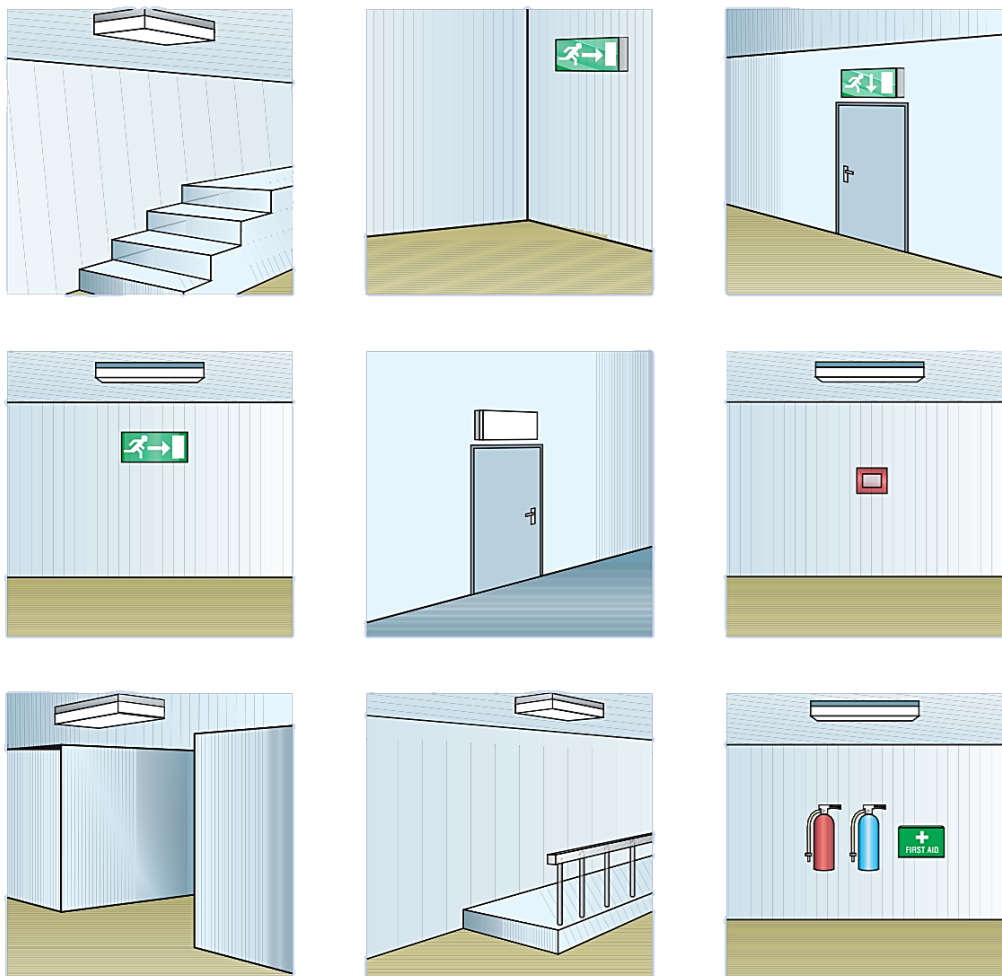
3.1. Mjesta postavljanja sigurnosne rasvjete

Svjetiljke sigurnosne rasvjete, u skladu s normom HRN EN 60598-2-22, moraju biti postavljene tako da pružaju odgovarajuću razinu osvjetljenja blizu svih izlaznih vrata i na mjestima gdje je potrebno naglasiti potencijalnu opasnost ili sigurnosnu opremu. Prema slici 3.1. predviđena mjesta su [12]:

- a) u blizini stubišta, tako da svaka stepenica bude direktno osvjetljena
- b) kod svake promjene smjera
- c) u blizini svih izlaznih vrata namijenjenih za korištenje u slučaju nužde
- d) na svim sigurnosnim znakovima
- e) izvana i u blizini svakog konačnog izlaza

- f) u blizini svakog ručnog javljača požara tako da se osigura vertikalno osvjetljenje od 5 lx
- g) na svakom križanju hodnika
- h) u blizini svake promjene u razini putova evakuacije
- i) u blizini svakog vatrogasnog aparata i mjesta prve pomoći tako da se osigura vertikalno osvjetljenje od 5 lx

Izraz „u blizini“ u navedenim točkama obično obilježava da se svjetiljka nalazi unutar 2 m horizontalne udaljenosti.



Sl. 3.1. Mjesta postavljanja sigurnosne rasvjete a), b), c), d), e), f), g), h), i) [2]

Uz spomenuta mjesta, potrebno je naglasiti još neke dodatne prostore koji zahtijevaju postavljanje sigurnosne rasvjete. Iako nisu dio evakuacijskih putova, nužno je osvjetljenje takvih prostora jer u slučaju izvanrednog stanja predstavljaju opasnost za ljude koji se nalaze u njima. Dodatni prostori su [12]:

- dizala – predstavljaju opasnost za ljude koji se nalaze u njima u slučaju nestanka napajanja
- sanitarije veće od 8 m²
- sanitarije za osobe s invaliditetom
- pokretne stepenice – kako bi se korisnicima omogućio siguran silazak s njih
- prostori za generatore, upravljačke prostorije – zahtijevaju postavljanje sigurnosne rasvjete za pomoć osoblju u slučaju kvara
- pješačke staze u natkrivenim parkiralištima

3.2. Sigurnosni znakovi

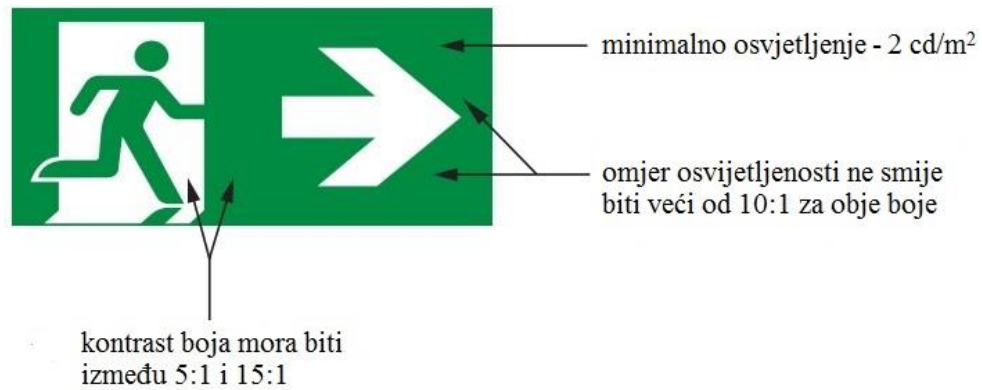
Sigurnosni znakovi na evakuacijskom putu moraju biti jasno označeni kako bi se omogućila brza i sigurna evakuacija. Uključuju znakove smjera kretanja na evakuacijskom putu i znakove izlaza u nuždi. Sigurnosni znakovi moraju se odmah prepoznati i razumjeti čak i pri općem osvjetljenju. Postavljaju se na visinu od 2 do 2,5 m [6].

Stil i detalji sigurnosnih znakova za evakuacijski put unaprijed su definirani u HRN EN ISO 7010. Norma HRN ISO 3864 daje međunarodno dogovorene formate sigurnosnih znakova. Dizajn se sastoji od pravokutnog ili kvadratnog oblika okvira s bijelim piktogramom na zelenoj pozadini. Zelena površina mora biti veća od 50% ukupne površine znaka, a boja mora odgovarati standardu HRN ISO 3864-1. Budući da se piktogrami mogu razlikovati stilom i sadržajem, važno je prije odabira znakova konzultirati izvršno tijelo za određeni projekt o njegovom tumačenju [1].

Osvjetljenje sigurnosnih znakova

Sigurnosni znakovi moraju biti u skladu s HRN ISO 3864, koji nalaže da znakovi izlaza u nuždi i prve pomoći moraju biti sigurnosne zelene boje sa kontrastnom bijelom bojom. Odnos osvjetljenosti bijele boje prema zelenoj boji mora biti veći od 5, a manji od 15.

Minimalno osvjetljenje bilo kojeg područja sigurnosne boje znaka mora biti 2 cd/m^2 . Omjer maksimalne i minimalne osvijetljenosti ne smije biti veći od 10:1. Minimalno trajanje osvijetljenja sigurnosnih znakova je jedan sat. 50% minimalne osvijetljenosti mora biti ostvareno za 5 sekundi, a puna vrijednost za 60 sekundi [11]. (Sl. 3.2.)



Sl. 3.2. Sigurnosni znak smjera kretanja [11]

Udaljenost gledanja

Svi sigurnosni znakovi moraju biti osvijetljeni kako bi bili jasni i uočljivi. Osvjetljenje se postiže na dva načina, ovisno o tome je li znak osvijetljen vanjskim ili unutarnjem izvorom svjetlosti. Znakovi s unutarnjim osvijetljenjem nude dva puta veću vidljivost od znakova s vanjskim osvijetljenjem [12]. (Sl. 3.3., 3.4.)

Visina postavljanja znaka pomnožena s faktorom udaljenosti daje maksimalnu udaljenost gledanja. Faktor udaljenosti znakova s vanjskim osvijetljenjem je 100, a s unutarnjim osvijetljenjem 200. Udaljenost gledanja računa se formulom [12]:

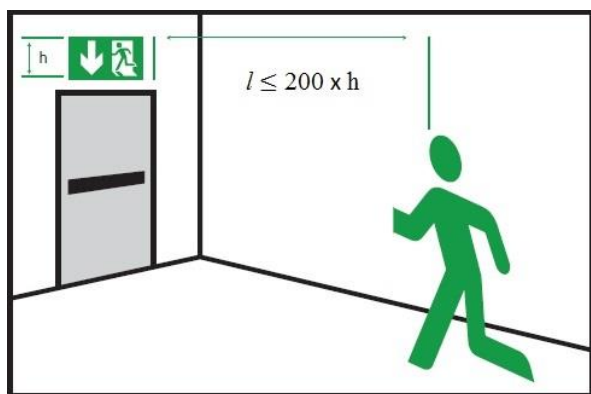
$$l = z \cdot h$$

Gdje je,

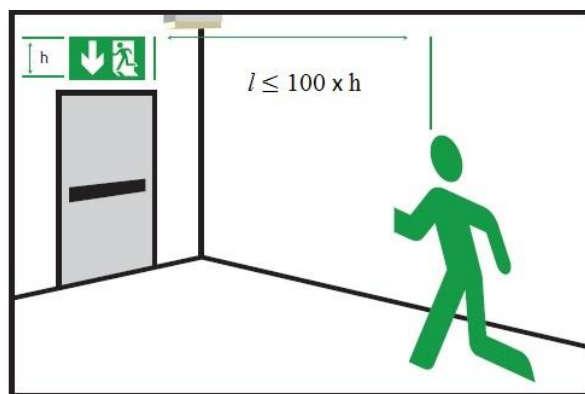
l – udaljenost gledanja

h – visina znaka

z – faktor udaljenosti



Sl. 3.3. Znak s unutarnjim osvjetljenjem [11]

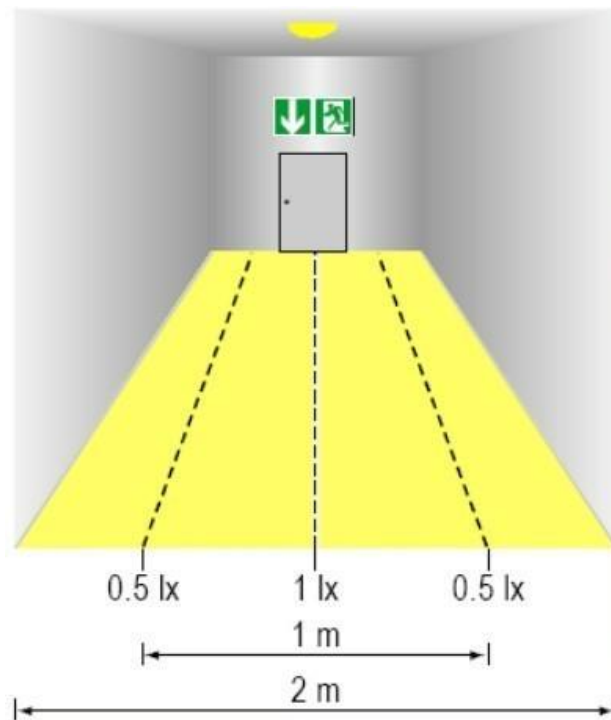


Sl. 3.4. Znak s vanjskim osvjetljenjem [11]

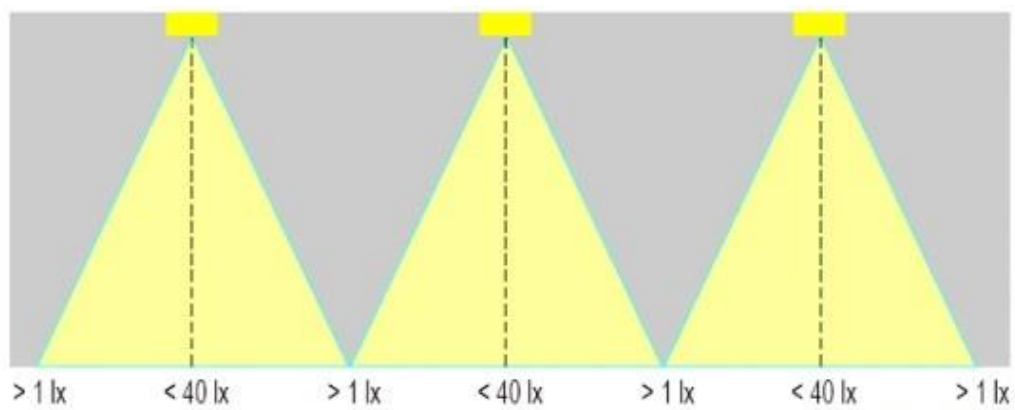
3.3. Sigurnosna rasvjeta putova evakuacije

Nakon postavljanja sigurnosne rasvjete na ključna mjesta, nužno je na evakuacijski put postaviti dodatne svjetiljke kako bi se zadovoljile minimalne razine rasvijetljenosti. Također, svaki odjeljak na evakuacijskom putu mora imati najmanje dvije svjetiljke kako bi se osiguralo osvjetljenje u slučaju kvara jedne od njih [11]. Kriteriji za osvjetljenje takvih putova su sljedeći [1]:

- za putove evakuacije širine do 2 m, minimalna rasvijetljenost na centralnoj liniji puta mora biti 1 lx (Sl. 3.5.)
- minimalna rasvijetljenost uzduž središnjeg dijela koji se sastoji od polovice širine puta mora biti 0,5 lx
- ravnomjernost rasvijetljenosti: odnos minimalne i maksimalne vrijednosti, duž centralne linije evakuacijskog puta ne smije biti manji od 1:40 (Sl. 3.6.)
- minimalna vrijednost faktora uzvrata boje R_a je 40
- minimalno trajanje osvjetljenja je jedan sat
- 50% minimalne rasvijetljenosti mora biti ostvareno za 5 sekundi, a puna vrijednost 60 sekundi od nestanka napajanja



SI. 3.5. Minimalna rasvjetljenost [9]



SI. 3.6. Ravnomjernost rasvjetljenosti [9]

Ograničenje blještanja

Svjetlost koja dolazi u oko, izravno ili reflektirano od objekta, a uzrokuje nelagodu i smanjuje vidnu sposobnost naziva se blještanje. To je trenutna ili trajna zaslijepljenost promatrača uzrokovana velikim kontrastom između svjetiljke i njezine pozadine. Predstavlja problem na evakuacijskom putu jer smanjuje vidljivost i sprječava brzo i jasno uočavanje prepreka ili znakova.

Razinu blještanja moguće je smanjiti ograničavanjem svjetlosnog intenziteta unutar vidnog polja promatrača. U područjima s ravnim podom, osjetljivo vidno polje nalazi se u zoni od 60° do 90° od vertikale prema dolje pod svim kutovima. (Sl. 3.7.) U područjima s promjenom razine poda gdje je kut gledanja promjenjiv, zona blještanja je raspršena pod svim kutovima kako je prikazano na slici 3.7. Dopuštena ograničenja blještanja prikazana su u tablici 3.1. Uočljivo je da se s povećanjem visine postavljenih svjetiljki povećava intenzitet svjetlosti sigurnosne rasvjete [4].



Sl.3.7. Ograničenje blještanja [4]

Tab. 3.1. Dopuštena ograničenja blještanja [4]

Visina postavljenih svjetiljki h [m]	Maksimalni intenzitet svjetlosti sigurnosne rasvjete evakuacijskih putova i velikih prostora I_{max} [cd]	Maksimalni intenzitet svjetlosti sigurnosne rasvjete prostora s povećanom opasnosti I_{max} [cd]
$h < 2,5$	500	1 000
$2,5 \leq h < 3,0$	900	1 800
$3,0 \leq h < 3,5$	1 600	3 200
$3,5 \leq h < 4,0$	2 500	5 000
$4,0 \leq h < 4,5$	3 500	7 000
$h \geq 4,5$	5 000	10 000

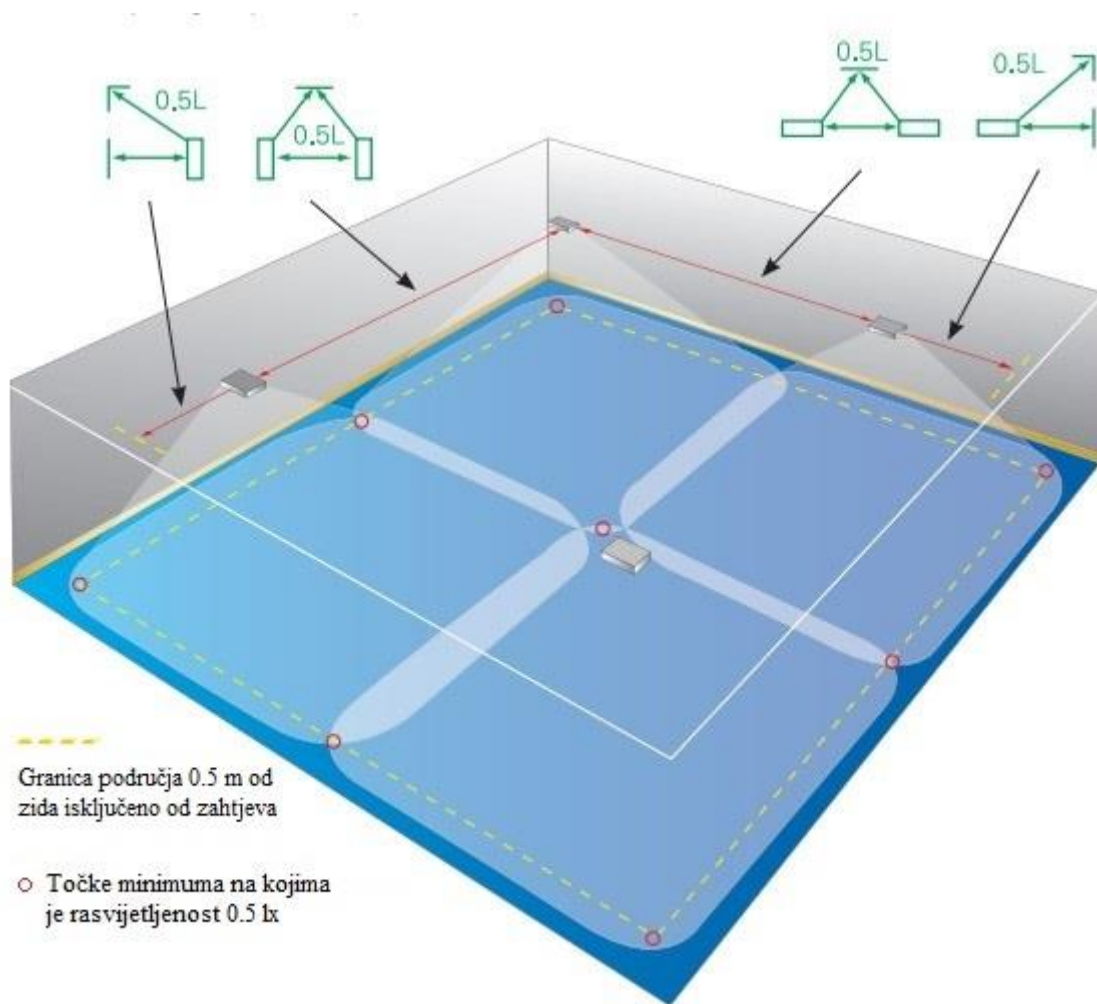
3.4. Sigurnosna rasvjeta velikih prostora

Veliki prostor definira se kao prostor od najmanje 60 m² kroz koji se ljudi moraju kretati prije nego što dođu do evakuacijskog puta. U slučaju da evakuacijski putovi nisu jasno označeni projektira se antipanična rasvjeta. Ona pruža optimalne vizualne uvjete za lakši pronalazak evakuacijskih putova. Znakovi koji obilježavaju pristup izlazima u nuždi trebaju biti vidljivi iz svih točaka definiranog prostora [12].

Zahtjevi za osvjetljenjem velikih prostora su sljedeći [1]:

- minimalna rasvijetljenost na praznom podu, isključujući opseg širine 0,5 m je 0,5 lx (Sl.3.8.)
- maksimalni intenzitet svjetlosti: vidjeti vrijednosti u tablici 3.1. Vrijednosti se primjenjuju u zoni 60° do 90° od vertikale prema dolje
- ravnomjernost rasvijetljenosti: odnos minimalne i maksimalne vrijednosti ne smije biti manji od 1:40
- minimalna vrijednost faktora uzvrata boje R_a je 40
- minimalno trajanje osvjetljenja je jedan sat

- maksimalno vrijeme odziva: 50% minimalne rasvjetljenosti mora biti ostvareno za 5 sekundi, a puna vrijednost 60 sekundi od nestanka napajanja



Sl.3.8. Sigurnosna rasvjeta velikog prostora [11]

3.5. Sigurnosna rasvjeta prostora s povećanom opasnosti

Prostori s povećanom opasnosti područja su gdje se događaju opasne aktivnosti ili postoji mogućnost povrede ljudi, npr. pokretni strojevi. Takvi prostori zahtijevaju sigurnosnu rasvjetu u slučaju nužde prilikom evakuacije ljudi i sigurnog gašenja pogona [11].

Zahtjevi za osvjetljenjem područja s povećanom opasnosti su sljedeći [1]:

- minimalna rasvijetljenost: 10% održavane rasvijetljenosti na referentnoj ravnini područja, najmanje 15 lx
- maksimalni intenzitet svjetlosti: vidjeti vrijednosti u tablici 3.1. Vrijednosti se primjenjuju u zoni 60° do 90° od vertikale prema dolje
- ravnomjernost rasvijetljenosti: odnos minimalne i maksimalne osvjetljenosti ne smije biti manji od 1:10
- minimalna vrijednost faktora uzvrata boje R_a je 40
- minimalno trajanje osvjetljenja: dokle god traje opasnost
- maksimalno vrijeme odziva: 100% minimalne rasvijetljenosti unutar 0,5 sekundi od nestanka napajanja

4. OPIS TEHNIČKIH RJEŠENJA

Uspješan sustav sigurnosne rasvjete ne ovisi samo o projektiranju i planiranju, nego i o ispravnom odabiru opreme. Prilikom projektiranja moguća su brojna rješenja u vidu izbora sustava napajanja, načina rada sigurnosnih svjetiljki te odabira sustava nadzora i ispitivanja. Odabir konačnog i optimalnog rješenja ovisi o projektantima i njihovom poznavanju zakona i normi kojima je to područje definirano [13].

4.1. Sustavi napajanja

Prema normi HRN EN 50172 sigurnosne svjetiljke mogu biti izvedene kroz dva sustava: sustavi s autonomnim napajanjem (engl. *Self-contained systems*) i sustavi s centralnim napajanjem (engl. *Central power supply systems*, CPS).

Sigurnosne svjetiljke s autonomnim napajanjem sadrže vlastiti izvor napajanja i mogu biti izvedene kao samostalne jedinice ili kao sigurnosna verzija svjetiljki opće rasvjete. Drugi tip izvedbe je spoj sigurnosne svjetiljke na sustav s centralnim napajanjem u kojemu se baterije za sve svjetiljke nalaze na jednom mjestu. Za manje objekte, najekonomičnije rješenje su gotovo uvijek sustavi s autonomnim napajanjem, dok se u objektima poput uredskih blokova, tvornica i trgovačkih centara koriste CPS sustavi [1].

4.1.1. Sustavi s autonomnim napajanjem

Prema normi HRN EN 60598-2-22 sigurnosne svjetiljke su izvedene na način da u svom sastavu sadrže sve elemente koji su potrebni za rad svjetiljke. Ovi sustavi koriste svjetiljke s vlastitim sekundarnim napajanjem iz baterije. Djeluju kao svojevrsan mikro sustav koji sadrži sekundarnu zatvorenu bateriju, punjač (upravljачku jedinicu), strujni krug i svjetiljku. (Sl.4.1.) U slučaju kvara mrežnog napajanja, baterija je spojena na rasvjetno tijelo izravno ili preko modulskog pretvarača [13].

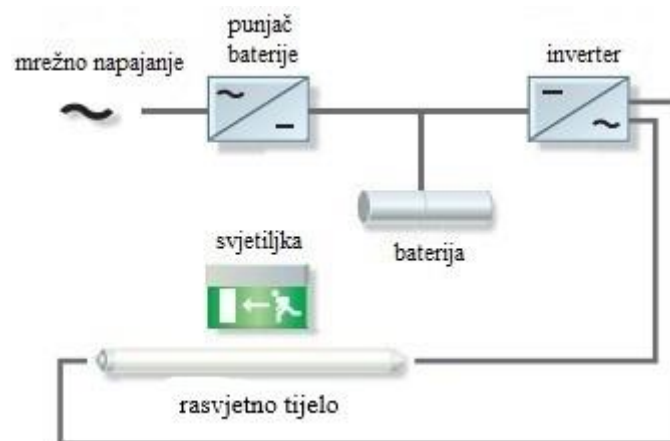
Baterije su obično zatvorene i punjive; od nikal-kadmija, olovne kiseline ili tipa nikal-metal-hidrid. Baterije su male, s ograničenim kapacitetom skladištenja i ograničenim vijekom trajanja do četiri godine te su osjetljive na temperaturu [1].

Prednosti sustava s autonomnim napajanjem [3]:

- brza i jednostavna instalacija
- niska cijena instalacije
- niski troškovi održavanja – potrebno je periodično ispitivanje i povremeno čišćenje
- sustav se lako može proširiti dodatnim svjetiljkama
- nije potrebna prostorija za smještaj baterija
- integritet sustava je veći jer je svaka svjetiljka neovisna o drugima
- zaštita grana strujnih krugova automatski osigurana

Nedostaci sustava s autonomnim napajanjem [3]:

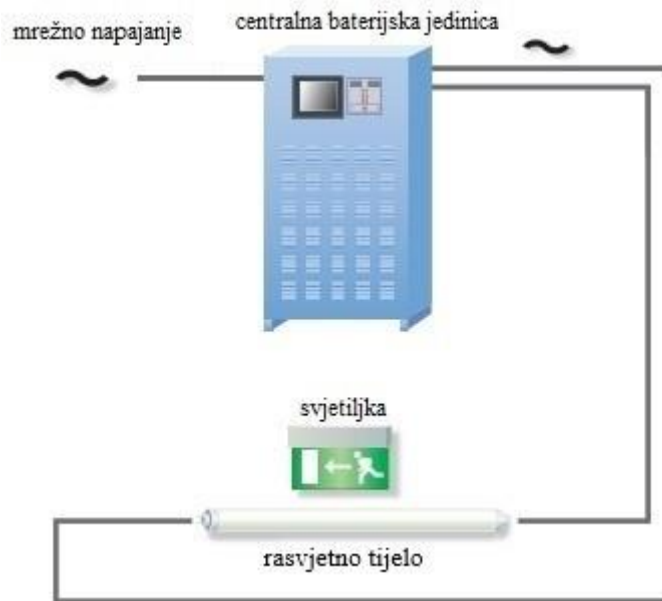
- životni vijek baterije ograničen na između 2 i 4 godine, ovisno o namjeni
- ispitivanje zahtijeva individualnu izolaciju i promatranje svjetiljki
- uvjeti okoline se mijenjaju u cijelom sustavu, a relativno visoke ili niste temperature okoline mogu negativno utjecati na baterije
- cijena održavanja, odnosno zamjena baterija



Sl.4.1. Shematski prikaz svjetiljke s autonomnim napajanjem [4]

4.1.2. Sustavi s centralnim napajanjem

Sustav centralnog napajanja veliki je set baterija s upravljanjem iz jedne centralne jedinice, koji sadrži dovoljno snage za pokretanje i održavanje svih svjetiljki u sustavu sigurnosne rasvjete. Jedinica sustava centralnog napajanja sadrži komplet baterija (najčešće olovnih), punjač, upravljački sklop, alarme i instrumente kako bi se po potrebi osiguralo pouzdano napajanje u nuždi. [4, 13]



Sl.4.2. Shematski prikaz sustava s centralnim napajanjem [4]

CPS sustav ima radni vijek trajanja 20 godina ili više, uz zamjenu baterije koja je potrebna nakon 8-10 godina. Unutar CPS sustava izvor napajanja udaljen je od svjetiljke, tako da veza između njih mora biti zaštićena u slučaju požara u čiju se svrhu koristi vatrootporni kabel. Centralna jedinica sadrži sve baterije za sustav sigurnosne rasvjete i trebala bi biti smještena u posebnu prostoriju sa sigurnosnim i ventilacijskim zahtjevima u skladu s HRN EN 50272. Zbog veličine sustava (Sl.4.3.) potrebno je redovno održavati sustav od strane nadležnog inženjera ili se posavjetovati s proizvođačem samog sustava, što se tiče provjere kvalitete, temperature, ventilacije i sl. [4, 13]



SI.4.3. Jedinica sustava centralnog napajanja [6]

Prednosti CPS sustava [3]:

- rutinsko ispitivanje i jednostavno održavanje
- životni vijek baterije je između 5 i 25 godina (ovisno o vrsti baterije)
- velike baterije su jeftinije po jedinici snage, a i svjetiljke su obično jeftinije
- svjetiljke mogu biti postavljene u prostorima s relativno visokim ili niskim temperaturama okoline

Nedostaci CPS sustava [3]:

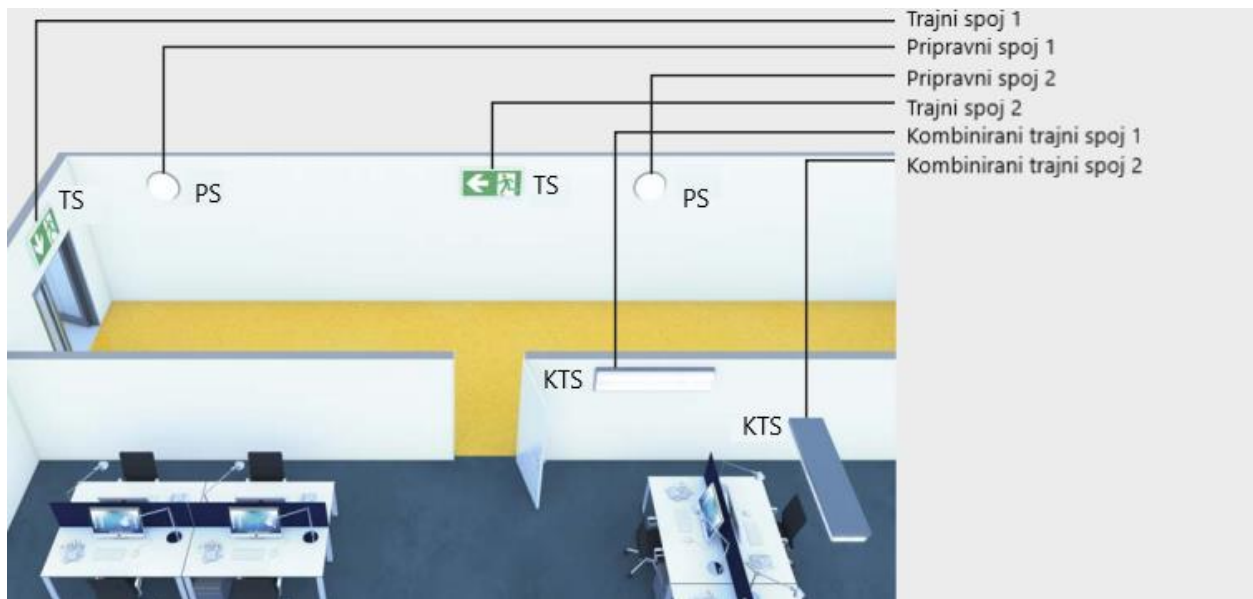
- visoki inicijalni troškovi opreme
- visoki troškovi instalacije
- slab integritet sustava – kvar baterije ili određenog kruga u bateriji može prekinuti rad cijelog sustava
- zahtijeva posebnu prostoriju za smještanje baterija
- nestanak napajanja na malom području ne mora nužno upaliti sigurnosnu rasvjetu na tom istom području

Odluka korištenja sustava s centralnim napajanjem ili sustava s autonomnim napajanjem najčešće je određena iznosom troška. U slučajevima velikih projekata, ako su prioriteti instalacije dug rok trajanja i niski zahtjevi održavanja, bit će prihvatljiv veći inicijalni trošak CPS sustava. Najčešće su troškovi svjetiljki i instalacije predmet popriličnog razmatranja, naročito prilikom manjih poslova, te je upravo ovaj kriterij ono što čini sustave s autonomnim napajanjem najpopularnijim izborom [3].

4.2. Načini rada sigurnosnih svjetiljki

Načini spajanja sigurnosnih svjetiljki prema normi HRN EN 60598-2-22 su [3]:

1. **Trajni spoj** (engl. *Maintained mode*) – sigurnosne svjetiljke u trajnom spoju rade kada je uključena opća rasvjeta. U slučaju nestanka mrežnog napajanja one se automatski se prebacuju u sigurnosni način rada.
2. **Pripravni spoj** (engl. *Non-maintained mode*) – sigurnosne svjetiljke automatski se aktiviraju i svijetle samo u slučajevima nestanka mrežnog napajanja ili njegovog smanjenja ispod minimalne vrijednosti.
3. **Kombinirani spoj** (engl. *Combined mode*) – sigurnosna rasvjeta je izvedena s dva svjetlosna izvora. Jedan izvor je spojen na mrežni izmjenični izvor napajanja, a drugi je napajan s baterije i djeluje u trenutku nestanka mrežnog napajanja ili njegovog smanjenja ispod minimalne vrijednosti. U pravilu je to sustav u trajnom spoju s dodatnim izvorom svjetlosti, koji svijetli kada se upali svjetiljka na sklopici.



Sl. 4.4. Primjer spajanja sigurnosnih svjetiljki [6]

4.3. Održavanje i ispitivanje sigurnosne rasvjete

Kako bi sustav sigurnosne rasvjete bio operativan i spreman u cijelosti potrebno je izvesti osnovno održavanje, nadzor i ispitivanje.

Projektant sustava sigurnosne rasvjete obavezan je utvrditi [3]:

1. stručnost i pouzdanost osoblja odgovornog za ispitivanje
2. razinu poteškoća koje su moguće i očekivane u obavljanju ispitivanja
3. vremensko trajanje ispitivanja

Održavanje sustava sigurnosne rasvjete

Kako bi se osiguralo da sustav sigurnosne rasvjete ostane u potpunosti operativan, potrebno je izvesti održavanje. Održavanje je rutinski dio ispitivanja, no u slučaju potrošnih predmeta kao što su zamjenske svjetiljke, rezervni dijelovi trebaju biti osigurani za neposrednu upotrebu [3, 4].

Servisiranje i ispitivanje

Da bi se ispitao sustav osvjetljenja u slučaju nužde, potrebno je simulirati prekid mrežnog napajanja u uobičajenom strujnom krugu. To će prisiliti sustav sigurnosne rasvjete da radi pomoću baterijskog napajanja. Ovo se ispitivanje izvodi ručno ili automatski [3, 4]:

1. Ručno ispitivanje

Prilikom ručnog ispitivanja simulira se kvar na mreži pomoću prekidača za izolaciju svih strujnih krugova rasvjete ili pojedinačnih krugova ili pojedinačnih svjetiljki. Ako se koristi ručno ispitivanje, treba uzeti u obzir sljedeće točke [4]:

- U sustavu s jednim prekidačem za cijeli objekt nakon simulacije kvara na mreži, odgovorna osoba mora proći cijeli objekt kako bi provjerila rade li sve sigurnosne svjetiljke.
- Nakon vraćanja mrežnog napajanja, cijelim objektom mora se ponovno proći kako bi se provjerilo pune li se sve baterije ispitivanih svjetiljki.

2. Automatsko ispitivanje

Ako su utrošci vremena odgovorne osobe uzrokovani ručnim ispitivanjem pretjerani, treba razmotriti automatsko ispitivanje sigurnosne rasvjete. Dostupni su različiti formati koji odgovaraju određenim zahtjevima ispitivanja mreže [4].

Minimalni pregledi i ispitivanja provode se u preporučljivim vremenskim intervalima [3, 4]:

- **Dnevni** – ispitivanje se provodi samo za sustave s centralnim napajanjem. Vršiti se vizualni pregled indikatora centralnog napajanja kako bi se utvrdio ispravan rad sustava te nisu potrebna daljnja ispitivanja.
- **Mjesečni** – ispitivanje je kratko i funkcionalno u skladu s HRN EN 50172. Nadležna osoba obavlja ispitivanje pojedinačne sigurnosne svjetiljke i znaka izlaza u nuždi pomoću simulacije prekida napajanja opće rasvjete, dok se ne utvrdi da svaka svjetiljka radi ispravno. Period simuliranog kvara trebao bi biti dovoljan za svrhu ovog ispitivanja uz minimalna oštećenja komponenata sustava. Tijekom tog razdoblja moraju se provjeriti sve svjetiljke i znakovi kako bi se osiguralo da su prisutni, čisti i ispravno funkcioniraju.

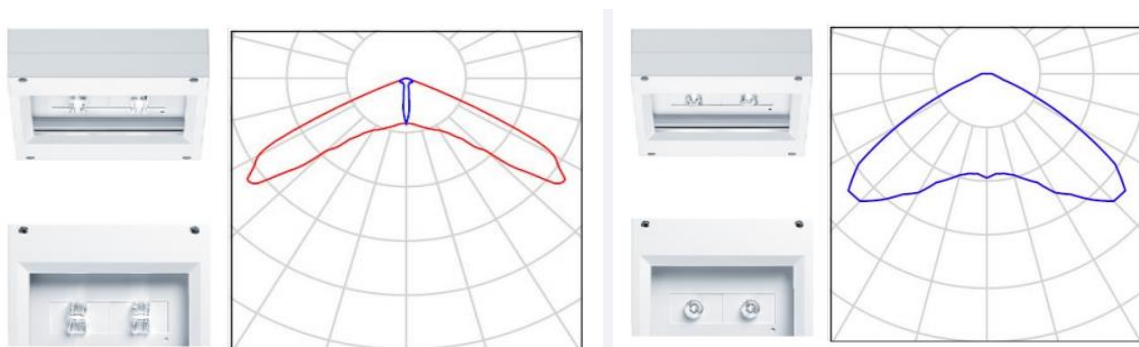
- **Godišnji** – provodi se ispitivanje za cijelo razdoblje trajanja sigurnosne rasvjete (npr. tri sata). Sigurnosna rasvjeta mora i dalje raditi na kraju ispitivanja. Rezultati mjesečnih i godišnjih ispitivanja moraju se evidentirati i ako se otkriju kvarovi, moraju se što prije otkloniti.

5. PROJEKTNI ZADATAK

Prilikom projektiranja sigurnosne rasvjete moraju se zadovoljiti brojni zahtjevi određeni zakonima, pravilnicima i normama. Potrebno je odabrati odgovarajuće svjetiljke, ali i smjestiti svjetiljke na mjesta koja će omogućiti ostvarivanje svih traženih normi navedenih u tablici 2.1. Inače proizvođači imaju preporučene udaljenosti svjetiljki kako bi se zadovoljili minimalni uvjeti osvjetljenosti. U ovom radu za proračun tih vrijednosti korišten je program DIALux. Konstruirana je sigurnosna rasvjeta u prostorijama na trećem katu Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku.

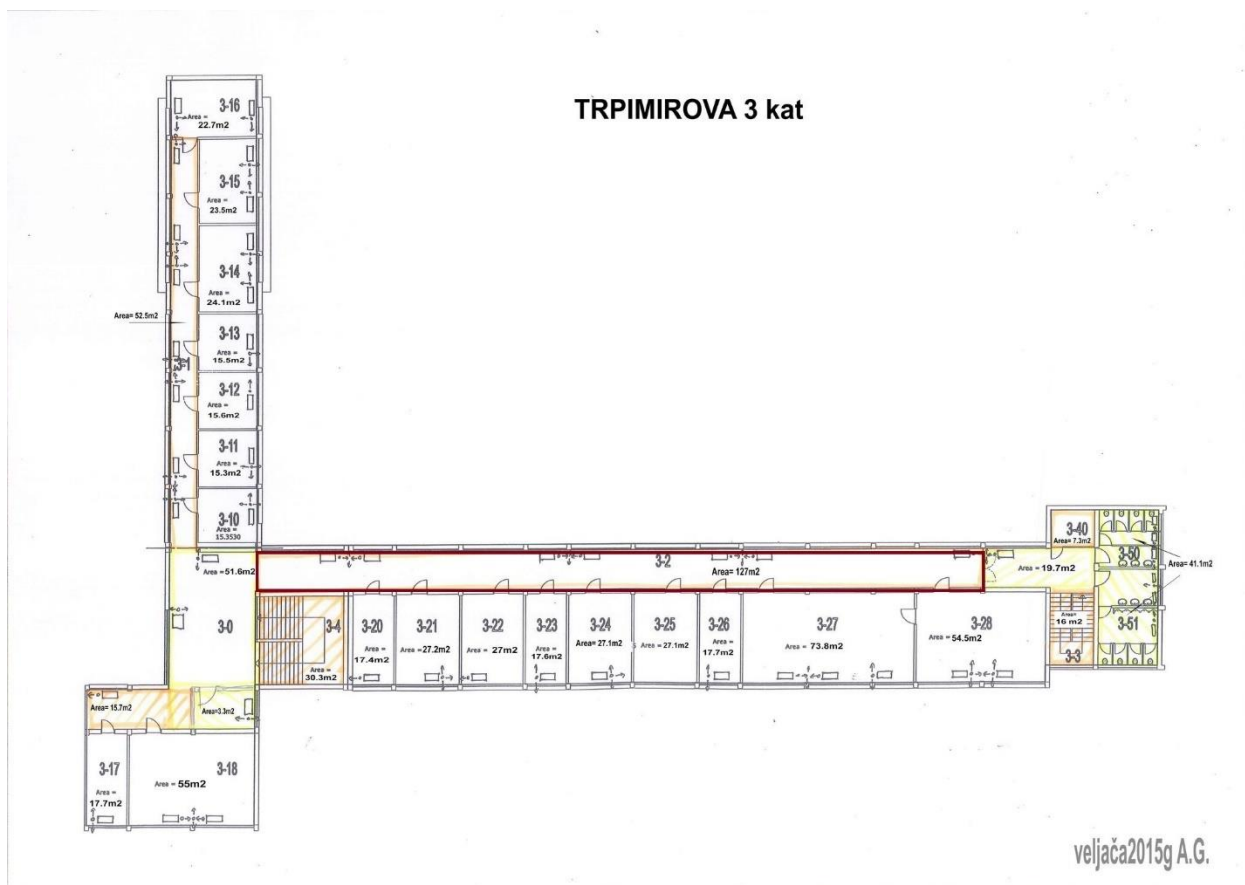
5.1. Projektiranje u programu DIALux

DIALux je računalni program za projektiranje rasvjete i vizualizaciju. U programu su modelirane prostorije za proračun sigurnosne rasvjete. Slika 5.1. prikazuje treći kat FERIT-a. Za prostorije 3-1 i 3-2 izvedena je sigurnosna rasvjeta putova evakuacije dok je za ostale prostorije izvedena sigurnosna rasvjeta velikih prostora. Za projektiranje sigurnosne rasvjete korištena su dva tipa svjetiljki proizvođača Zumtobel (Sl. 5.2.): a) sigurnosna svjetiljka za rasvjetu putova evakuacije i b) sigurnosna svjetiljka za rasvjetu velikih prostora. Svjetiljke su izvedene kroz sustav s autonomnim napajanjem u trajanju od jednog sata, u trajnom ili pripravnim spoju s automatskim ispitivanjem. Obje svjetiljke imaju LED izvor svjetlosti vrijednosti snage 8 W.



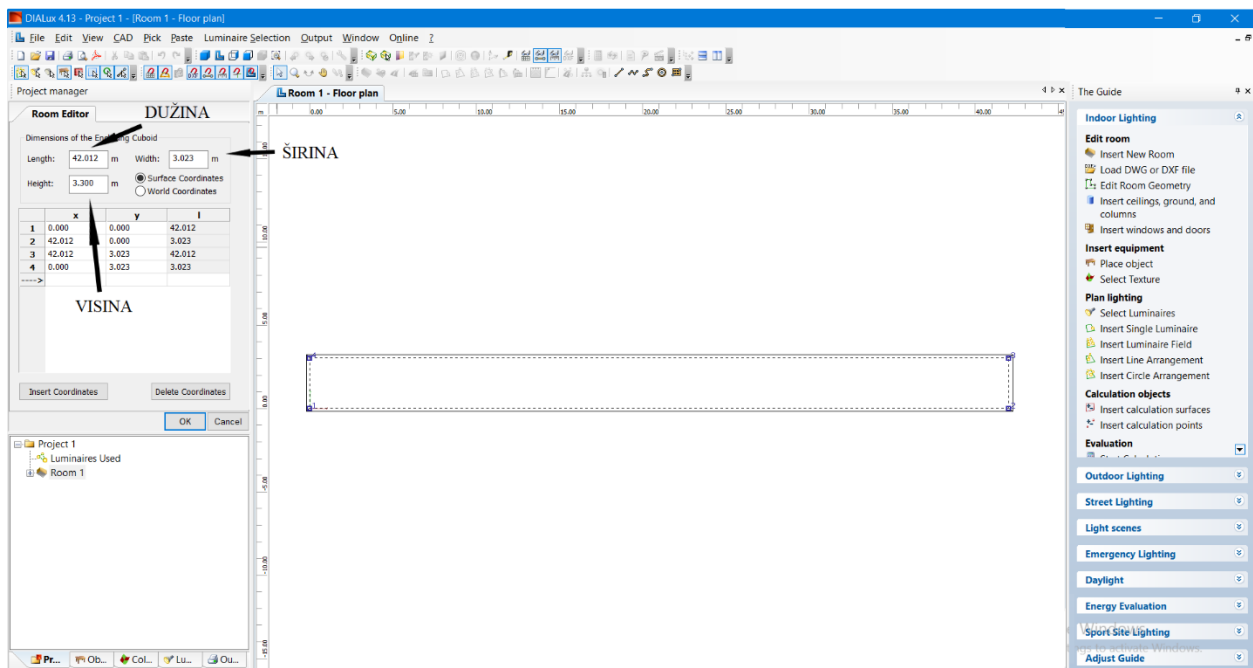
Sl. 5.2. Svjetiljke a) i b) s polarnim dijagramom

Za evakuacijski put crvenom bojom izdvojen je evakuacijski put (prostorija 3-2) na kojem će se detaljno prikazati koraci projektiranja sigurnosne rasvjete. (Sl. 5.1.)



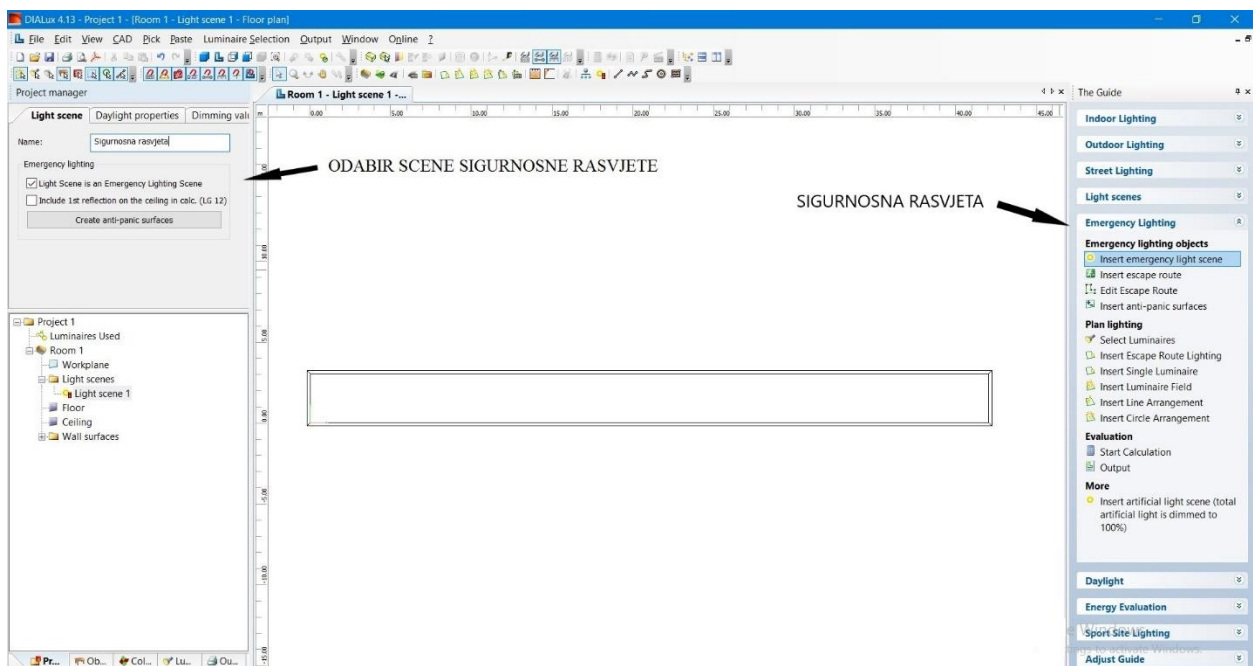
Sl. 5.1. Tlocrt trećeg kata zgrade fakulteta

U prvom koraku potrebno je unijeti dimenzije prostorije: širina, duljina i visina. (Sl. 5.3.) Važno je poznavati točnu visinu prostora kako bi se ostvario što bolji proračun i kako bi broj svjetiljki potreban da se zadovolje zahtjevi bio minimalan.



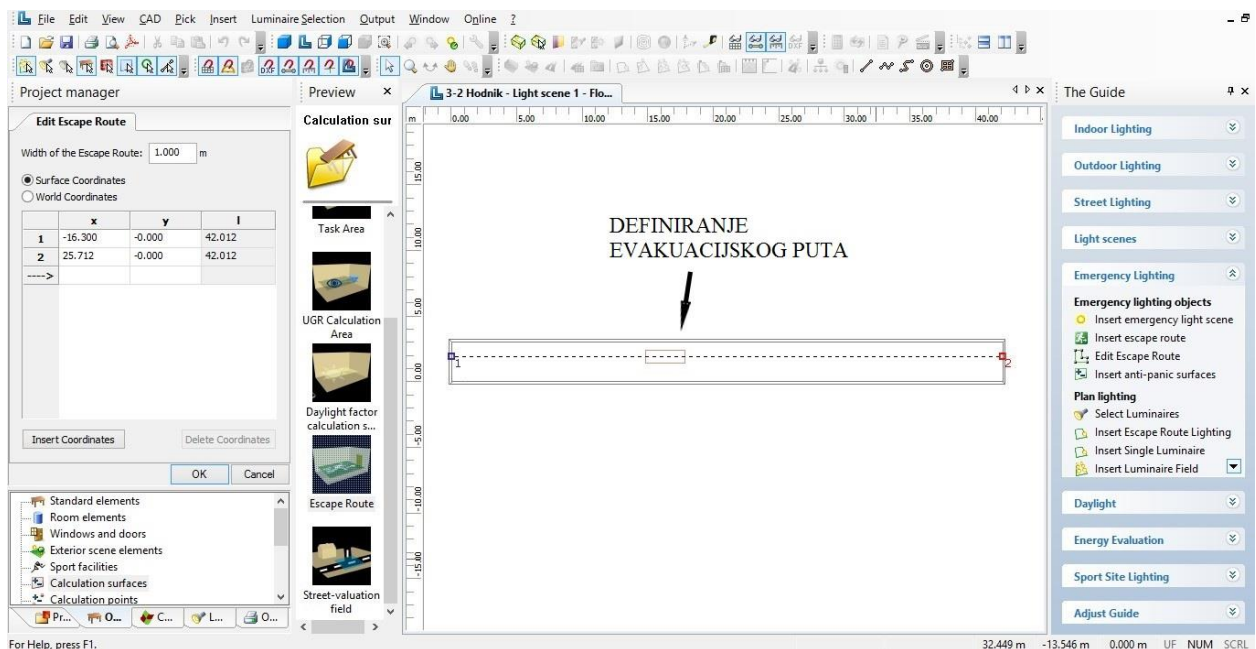
Sl. 5.3. Unos dimenzija prostorije

Nakon definiranih veličina prostorije, u desnom izborniku pod pojmom sigurnosna rasvjeta odabire se scena za sigurnosnu rasvjetu. Kod projektiranja sigurnosne rasvjete uzima se u obzir samo direktno svjetlo iz svjetiljke i to se automatski postiže dodavanjem svjetlosne scene. (Sl. 5.4.)



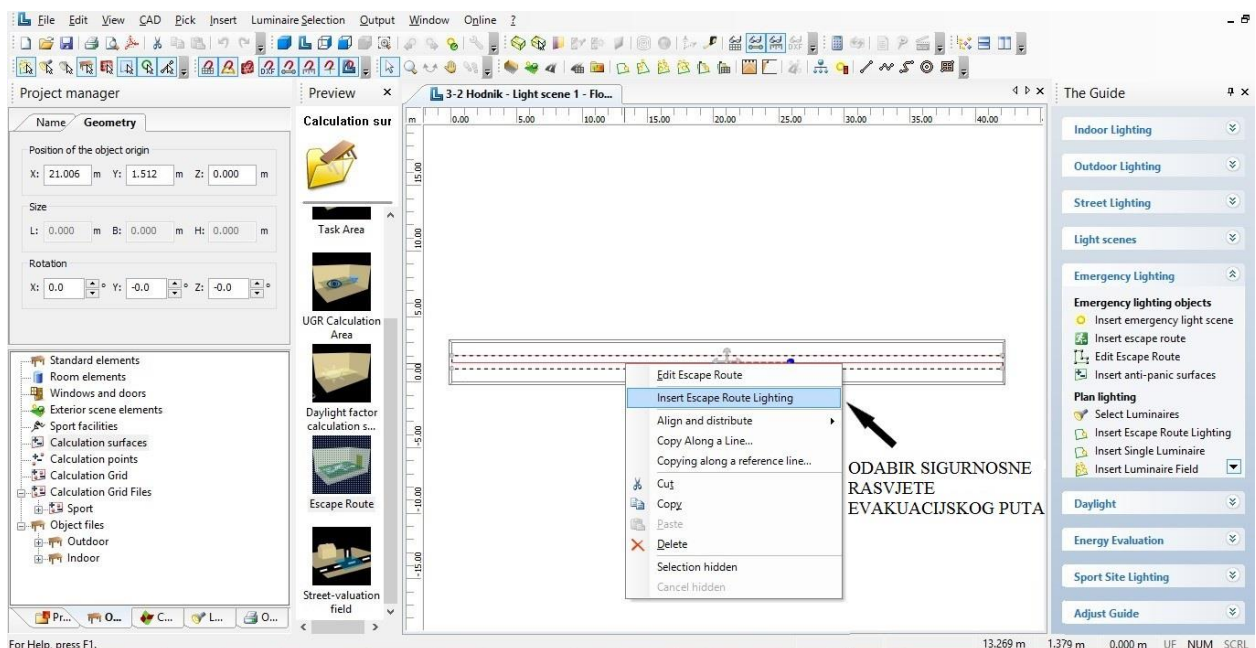
Sl. 5.4. Odabir scene sigurnosne rasvjete

Prije postavljanja sigurnosne rasvjete potrebno je definirati evakuacijski put. Može se odrediti unosom koordinata ili pomicanjem točaka računalnim mišem. (Sl. 5.5.)

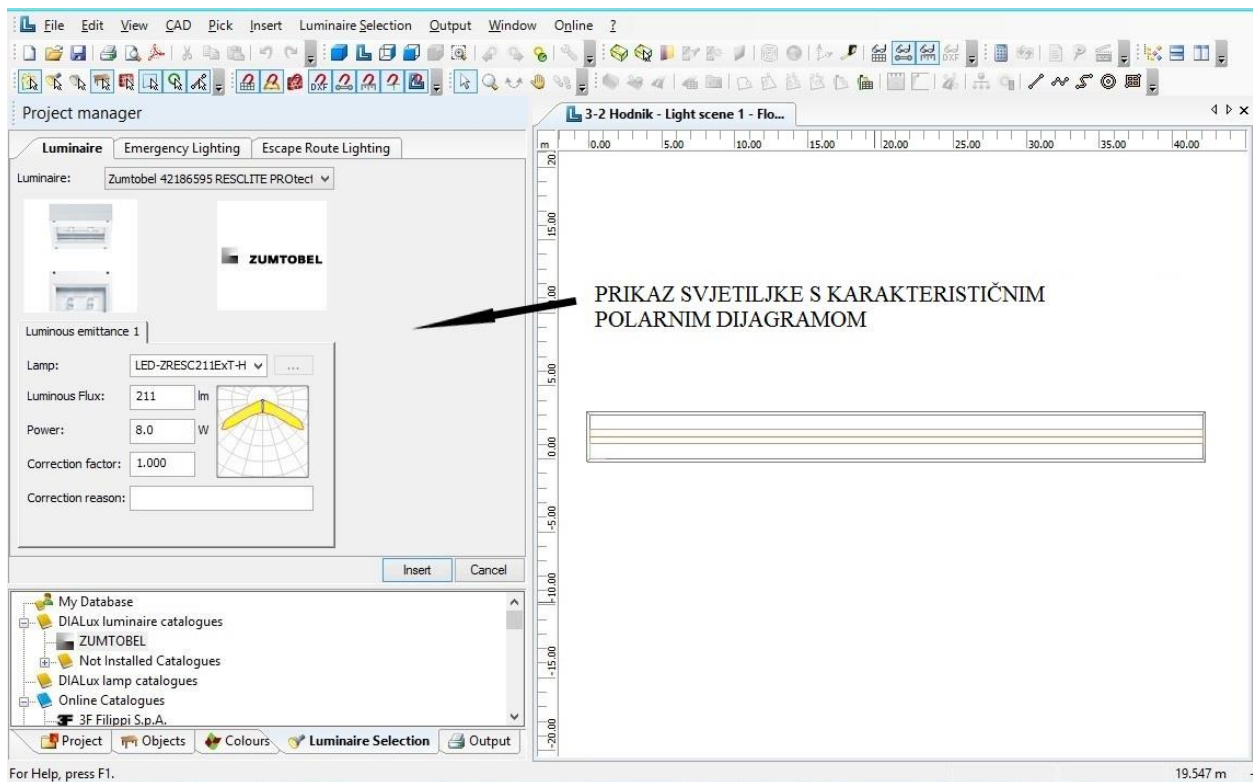


Sl. 5.5. Definiranje evakuacijskog puta

Na kraju se odabire sigurnosna rasvjeta evakuacijskog puta. (Sl. 5.6.) Potrebno je iz kataloga proizvođača preuzeti željene svjetiljke odgovarajuće optike. Slika 5.7. prikazuje odabranu svjetiljku s karakterističnim polarnim dijagramom.

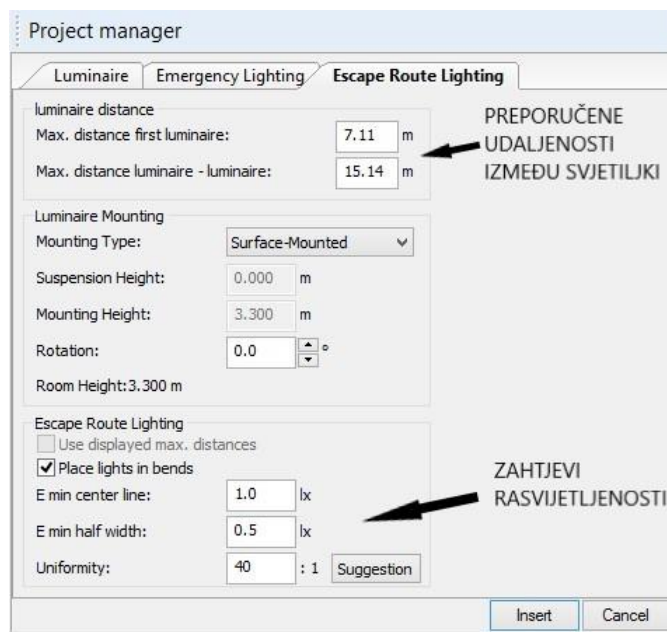


Sl. 5.6. Odabir sigurnosne rasvjete evakuacijskog puta



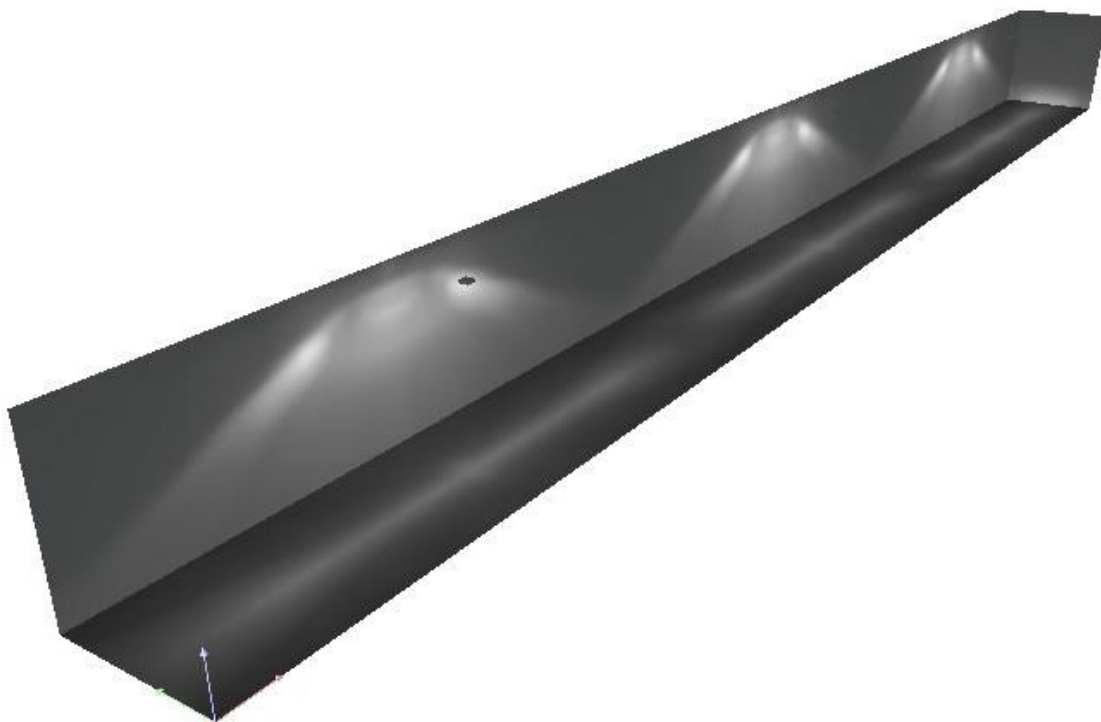
Sl. 5.7. Prikaz svjetiljke s karakterističnim polarnim dijagramom

Na slici 5.8. prikazani su određeni zahtjevi potrebni za osvjjetljenje sigurnosne rasvjete putova evakuacije propisani normom. Prikazane su i udaljenosti između postavljenih svjetiljki potrebnih za optimalan izračun i ispunjavanje zadanih zahtjeva.

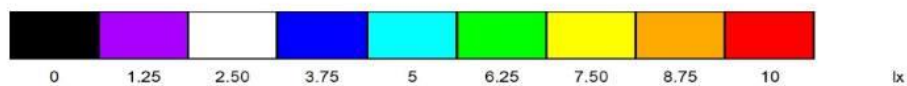
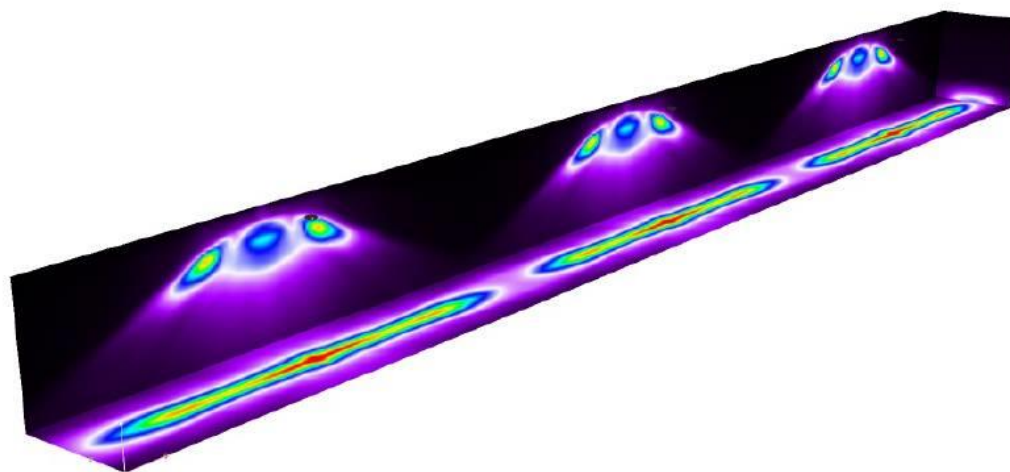


Sl. 5.8. Potrebne vrijednosti za optimalan svjetlotehnički proračun

Nakon svih unesenih vrijednosti, program je postavio tri svjetiljke na evakuacijski put. (Sl. 5.9.) Potrebno je pokrenuti proračun i provjeriti jesu li zadovoljene sve minimalne vrijednosti propisane normom. Na slici 5.10. prikazan je rezultat proračuna u pseudo bojama. Zadovoljen je minimum rasvijetljenosti na centralnoj liniji evakuacijskog puta od 1.57 lx. (Sl. 5.11.)

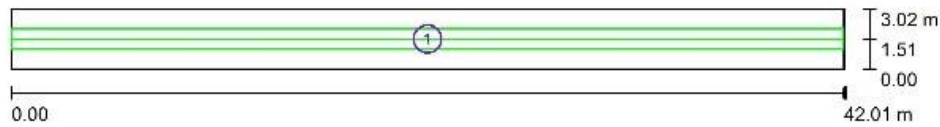


Sl. 5.9. 3-D prikaz prostorije s karakterističnim svjetiljkama



Sl. 5.10. 3-D prikaz pomoću pseudo boja

3-2 Hodnik / Sigurnosna rasvjeta / Evakuacijski put (Pregled rezultata)



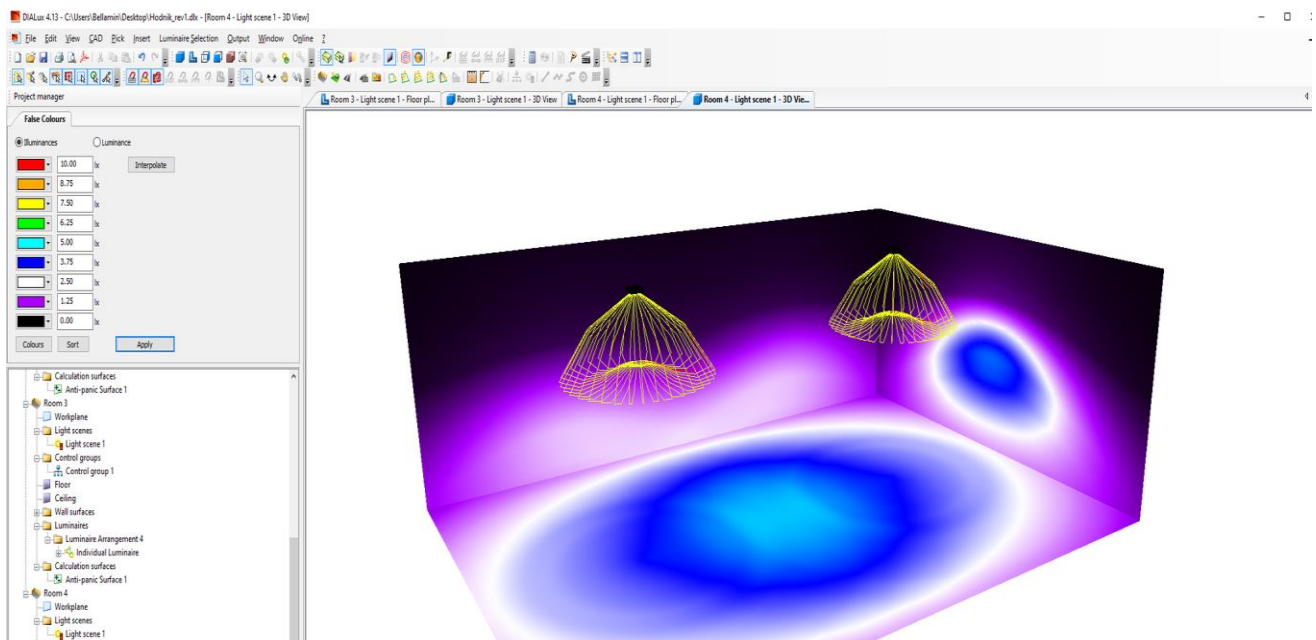
Scale 1 : 301

Escape route list

No.	Designation	Grid	E_{min} [lx]	E_{min} / E_{max}	E_{min} [lx] (Centre line)	E_{min} / E_{max} (Centre line)
1	Evakuacijski put	128 x 32	1.57	0.145	1.90	0.18 (1 : 5.68)

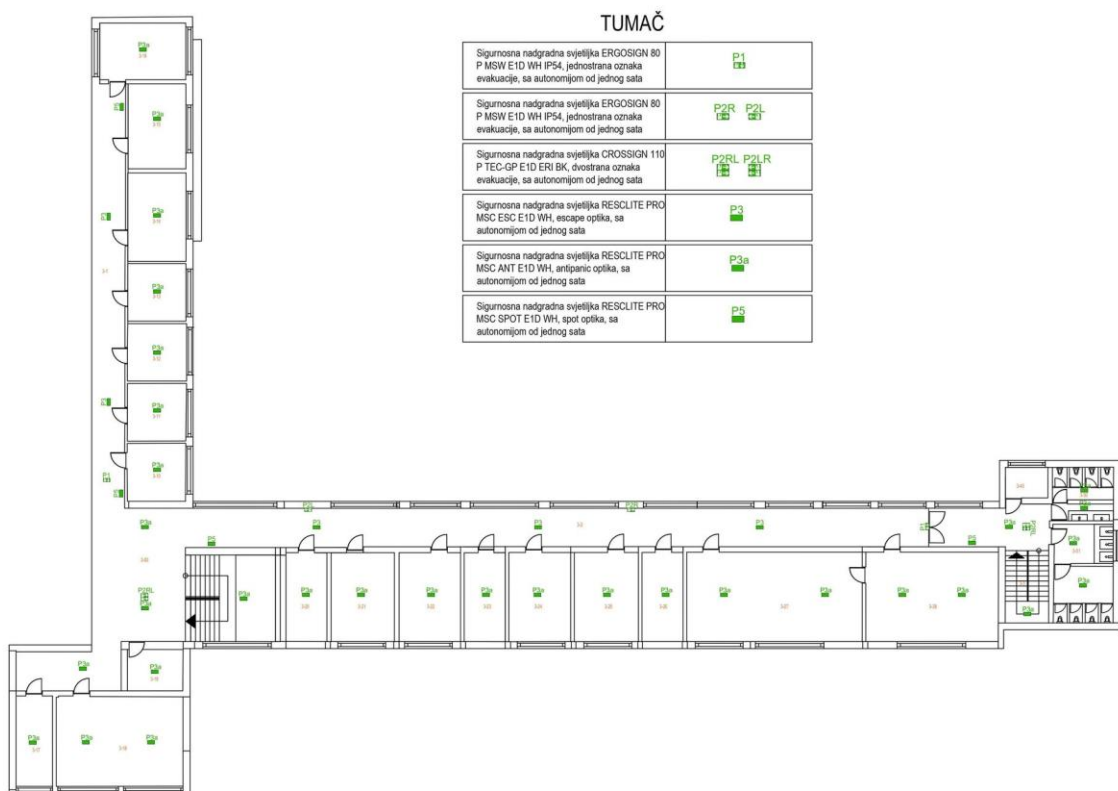
Sl. 5.11. Rezultat rasvijetljenosti evakuacijskog puta

U prostoriji gdje nema definiranog evakuacijskog puta, postavljen je drugi tip svjetiljke (Sl. 5.2., b)) namijenjen za osvjetljenje velikih prostora. Kao primjer prikazana je prostorija 3-27. Zbog većih dimenzija prostorije, osvjetljenje je ostvareno s dvjema svjetiljkama. Na slici 5.12. prikazan je rezultat proračuna u pseudo bojama.



Sl. 5.12. 3-D prikaz pomoću pseudo boja

Sigurnosna rasvjeta je projektirana za 28 prostorija. Broj svjetiljki neophodan za zadovoljavanje normi je 38. Nakon izrade svjetlotehničkog proračuna u programu DIALux, potrebno je učitati tlocrt kata zgrade u program AutoCAD kako bi se postavile svjetiljke. AutoCAD je programski alat namijenjen za konstruiranje crteža u 2-D i 3-D modelu. Tlocrtni prikaz mora imati naznačene sve elemente prostora, definirane evakuacijske putove i izlaze u nuždi radi ispravnog određivanja mjesta postavljanja sigurnosnih svjetiljki i piktograma. Prema tumaču na slici 5.13. vide se vrste postavljenih svjetiljki. Na evakuacijske putove postavljeno je 6 svjetiljki, a u ostale prostorije 32 svjetiljke. Piktogrami ne ulaze u proračun, nego se u AutoCAD-u postavljaju na potrebna mjesta. Potrebno je znak za izlaz postaviti iznad izlaza u nuždi te znakove smjera kretanja kod svake promjene smjera i promjene u razini poda. Na tlocrtu su prikazane i svjetiljke sa spot optikom koje su postavljene na evakuacijskim putovima na mjestima gdje se nalaze vatrogasni aparati i stanice prve pomoći.



Sl. 5.13. Tlocrt s prikazanim svjetiljkama i piktogramima

6. ZAKLJUČAK

Uz opću rasvjetu, rasvjeta u nuždi je nezaobilazan dio svakog projektiranja nekog javnog objekta. Postavljanjem sustava rasvjete u nuždi ostvaruje se sigurnost prostora i nesmetano djelovanje. Kako bi sustav rasvjete u nuždi bio učinkovit, projektiranje sustava mora poštivati zakonske odredbe i norme. S obzirom na to da se u Republici Hrvatskoj zahtjevi za projektiranje nužne rasvjete razlikuju od pravilnika do pravilnika te ne postoji jedinstvena norma koja opisuje područje nužne rasvjete, projektanti uglavnom koriste strane norme. Zahtjevi poput jasno označenih i osvijetljenih evakuacijskih putova, uočljive i dostupne protupožarne opreme te preglednosti i osvijetljenosti prostora moraju se ispuniti prilikom postavljanja sigurnosne rasvjete. Rasvjeta se ostvaruje korištenjem sigurnosnih svjetiljki i znakova koji su međunarodno određeni bojom, veličinom i oblikom, pri čemu se u obzir uzimaju mjesta postavljanja, trajanje odziva i ograničenje blještanja. Odabir odgovarajuće i prikladne opreme vrlo su važni prilikom projektiranja sustava sigurnosne rasvjete. Projektiranje takvih sustava nudi brojna rješenja kada je u pitanju izbor sustava napajanja, sustava nadzora i ispitivanja i izbor rada sigurnosnih svjetiljki.

Projektni zadatak uključuje projektiranje sigurnosne rasvjete trećeg kata Fakulteta elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku. Pomoću računalne aplikacije DIALux izrađen je svjetlotehnički proračun prema kojem su u programu AutoCAD postavljene svjetiljke i piktogrami, pri čemu piktogrami nisu dio svjetlotehničkog proračuna. Analiza provedena korištenjem računalne aplikacije DIALux ukazuje na to da su rezultati i proračun javnog prostora u zadanim granicama koje su određene normama i zahtjevima propisanim u Republici Hrvatskoj.

LITERATURA

- [1] The SLL Lighting Handbook, The Society of light and lighting, 2009.
- [2] Gent by Honeywell, Section 11.1.: Emergency lighting design guide
- [3] The Fire Safety Advice Centre, Emergency lighting, 2019., dostupno na <https://www.firesafe.org.uk/emergency-lighting/> (posjet 16.9.2021.)
- [4] Emergi-Lite, Emergency lighting guide. Thomas & Betts, 2013.
- [5] ICEL 1006: Emergency lighting design guide, 2008.
- [6] Licht.Wissen No. 10 – Emergency lighting, safety lighting, 2016., dostupno na <https://www.licht.de/en/> (posjet 16.9.2021.).
- [7] B. Štajner, Sigurnosna rasvjeta, objavljeno: Stručni skup, Bizovačke toplice 2007. Lighting Guide 12: Emergency lighting design guide. The Society of light and lighting, 2006.
- [8] Telektra, Panik i evakuacijska rasvjeta <https://www.telektra.hr/site/panik-i-evakuacijska-rasvjeta/> (posjet 25.8.2021.)
- [9] Z. Primorac, Osnove sigurnosne rasvjete, dostupno na https://www.schrack.hr/fileadmin/f/hr/Bilder/Produkte_Shop/stranice/Infodani/2012/Infodani_Schrack_Technik_2011_2012_pozivno_predavanje_sigurnosna_rasvjeta.pdf (posjet 17.9.2021.)
- [10] Katalog normi za nužnu rasvjetu, dostupno na <https://www.hzn.hr/default.aspx?id=165> (posjet 17.9.2021.)
- [11] Emergency lighting design guide, Eaton, 2016., dostupno na www.eaton.eu/ (posjet 14.8.2021.)
- [12] G. Honey, Emergency and Security Lighting, 2001.
- [13] Lighting Guide 12: Emergency lighting design guide. The Society of light and lighting, 2006.

SAŽETAK

Rasvjeta u nuždi je specifično projektiran sustav za osvjetljenje objekta u slučaju izvanredne situacije (požar, nestanak električne energije, itd.). Dio rasvjete u nuždi koji omogućava odgovarajuću razinu osvjetljenja za sigurnu evakuaciju objekta naziva se sigurnosna rasvjeta. Projektiranje ovog sustava mora biti u skladu sa zakonima, pravilnicima i normama. U Republici Hrvatskoj je usvojena strana norma EN 1838 koja propisuje određene zahtjeve koje mora ispuniti sigurnosna rasvjeta.

Završnim radom opisan je računalni program DIALux koji se koristi za proračun rasvjete. U programu su projektirane prostorije na trećem katu zgrade fakulteta te je izvedena simulacija sigurnosne rasvjete. Ostvareni svjetlotehnički proračun je u skladu s propisanim normama i zahtjevima.

Ključne riječi: DIALux, evakuacijski put, projektiranje, rasvjeta u nuždi, sigurnosna rasvjeta

ABSTRACT

Emergency lighting is a specially devised system that provides lighting to objects in cases of emergencies (fire, power cuts, etc.). Emergency lighting that ensures the adequate level of lighting for a safe evacuation of an object is called emergency escape lighting. The design of this system has to be in accordance with acts, regulations and norms. The Republic of Croatia has accepted EN 1838, the foreign norm that defines specific requirements for emergency escape lighting.

This paper describes DIALux, the computer program used for lighting calculations. Using the program, the rooms on the third floor of the faculty building have been designed and a simulation of emergency escape lighting has been carried out. The achieved lighting calculation is in accordance with the accepted norms and requirements.

Keywords: DIALux, escape route, designing, emergency lighting, emergency escape lighting

ŽIVOTOPIS

Julijana Krajnović rođena je u Osijeku 24. kolovoza 1993. godine. Nakon završene osnovne škole 2008. upisuje Jezičnu gimnaziju u Osijeku gdje je stekla srednjoškolsko obrazovanje. 2016. godine upisuje stručni studij elektroenergetike na Fakultetu elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku.

PRILOZI

Proračun osvijetljenosti predmetnog područja u DIALUX-u.