

# Projektiranje industrijskog pogona pomoću suvremenog programskog alata

---

**Božanović, Ivan**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*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:200:578489>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-12**

*Repository / Repozitorij:*

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



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

**Sveučilišni studij**

**PROJEKTIRANJE INDUSTRIJSKOG POGONA  
POMOĆU SUVREMENOG PROGRAMSKOG ALATA**

**Diplomski rad**

**Ivan Božanović**

**Osijek, 2023.**

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA **OSIJEK****Obrazac D1: Obrazac za imenovanje Povjerenstva za diplomski ispit**

Osijek, 09.07.2023.

Odboru za završne i diplomske ispite

**Imenovanje Povjerenstva za diplomski ispit**

<b>Ime i prezime Pristupnika:</b>	Ivan Božanović
<b>Studij, smjer:</b>	Diplomski sveučilišni studij Elektrotehnika
<b>Mat. br. Pristupnika, godina upisa:</b>	D-1390, 07.10.2021.
<b>OIB studenta:</b>	72401805385
<b>Mentor:</b>	prof. dr. sc. Zvonimir Klaić
<b>Sumentor:</b>	,
<b>Sumentor iz tvrtke:</b>	
<b>Predsjednik Povjerenstva:</b>	izv. prof. dr. sc. Krešimir Fekete
<b>Član Povjerenstva 1:</b>	prof. dr. sc. Zvonimir Klaić
<b>Član Povjerenstva 2:</b>	Heidi Adrić, mag. ing. el.
<b>Naslov diplomskog rada:</b>	Projektiranje industrijskog pogona pomoću suvremenog programskog alata
<b>Znanstvena grana diplomskog rada:</b>	<b>Elektroenergetika (zn. polje elektrotehnika)</b>
<b>Zadatak diplomskog rada:</b>	Predstaviti potrebne norme za projektiranje električnih instalacija i rasvjete s naglaskom na normu HRN EN 12464-1:2021 Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 1. dio: Unutrašnji radni prostori. Predstaviti programski alat za projektiranje GRAPHISOFT DDSCAD i napisati upute za rad. Izraditi projekt industrijskog objekta pomoću spomenutog programa.
<b>Prijedlog ocjene pismenog dijela ispita (diplomskog rada):</b>	Izvrstan (5)
<b>Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:</b>	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 3 bod/boda Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 bod/boda Jasnoća pismenog izražavanja: 3 bod/boda Razina samostalnosti: 3 razina
<b>Datum prijedloga ocjene od strane mentora:</b>	09.07.2023.
Potvrda mentora o predaji konačne verzije rada:	<i>Mentor elektronički potpisao predaju konačne verzije.</i>
	Datum:

**FERIT**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA  
I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK**IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA**

Osijek, 10.07.2023.

**Ime i prezime studenta:**

Ivan Božanović

**Studij:**

Diplomski sveučilišni studij Elektrotehnika

**Mat. br. studenta, godina upisa:**

D-1390, 07.10.2021.

**Turnitin podudaranje [%]:**

3

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom: **Projektiranje industrijskog pogona pomoću suvremenog programskog alata**

izrađen pod vodstvom mentora prof. dr. sc. Zvonimir Klaić

i sumentora ,

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija. Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. NORME.....</b>	<b>2</b>
<b>3. NORMA HRN EN 12464-1:2021 .....</b>	<b>3</b>
<b>4. PROGRAMSKI ALAT DDSCAD .....</b>	<b>8</b>
4.1. Općenito o DDSCAD-u.....	8
4.2. Učitavanje modela.....	8
4.3. Definiranje razvodnih ormara .....	11
4.4. Definiranje kabela.....	15
4.5. Definiranje sklopki i utičnica .....	17
4.6. Rasvjeta.....	19
4.7. Elektronička komunikacijska instalacija.....	23
4.8. Sustav za zaštitu od udara munje .....	23
4.8.1. Uzemljivač.....	23
4.8.2. Gromobranska instalacija .....	26
4.9. TEHNIČKA RJEŠENJA ZA ZAŠTITU OD POŽARA .....	32
4.10. PREGLED ZAVRŠENE GRAĐEVINE .....	33
<b>ZAKLJUČAK.....</b>	<b>38</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>39</b>
<b>SAŽETAK.....</b>	<b>40</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>40</b>
<b>ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>41</b>

# 1. UVOD

U današnjem sve konkurentnijem poslovnom okruženju, optimizacija proizvodnih procesa postaje ključni faktor za uspjeh poduzeća. Kako bi se postigla visoka razina učinkovitosti i kvalitete, mnoge tvrtke okreću se modernim tehnologijama i programskim alatima za projektiranje proizvodnih postrojenja. Jedan od takvih alata je DDSCAD, napredan programski alat koji omogućuje inženjerima modeliranje, analiziranje i optimiziranje suvremenih proizvodnih postrojenja.

Cilj ovog diplomskog rada je proučiti primjenu DDSCAD-a u projektiranju rasvjete, električnih instalacija, elektroničke komunikacijske instalacije i sustava za zaštitu od udara munje proizvodnih postrojenja te analizirati njegove prednosti i izazove u usporedbi s tradicionalnim metodama projektiranja. Kroz analizu stvarnog primjera istražiti će se kako DDSCAD može pridonijeti poboljšanju efikasnosti i produktivnosti proizvodnih procesa. Razmotrit će se osnovne značajke DDSCAD-a, kao što su mogućnosti modeliranja, simulacija, vizualizacija i analiza. Bit će obrađeni i aspekti kao što su integracija DDSCAD-a s drugim softverima, praktične primjene u industriji te potencijalne prednosti i izazovi koje donosi korištenje ovog programskog alata.

Ovaj je rad koristan izvor informacija projektantima, studentima i svima koji žele proširiti svoje znanje o DDSCAD alatima i prednostima koje on pruža.

## 2. NORME

Norme za projektiranje električnih instalacija izuzetno su važne za osiguranje sigurnosti, funkcionalnosti i usklađenosti s propisima u električnom inženjeringu. Norme su standardi koji pružaju smjernice, preporuke i zahtjeve za projektiranje, izgradnju, održavanje i sigurno korištenje električnih instalacija. Svaka zemlja ima vlastite nacionalne elektrotehničke propise koji reguliraju projektiranje električnih instalacija. To mogu biti zakoni, pravilnici ili tehničke norme koje se moraju poštivati prilikom projektiranja i izgradnje električnih instalacija.

Pored nacionalnih propisa, postoji i niz međunarodnih standarda koje je razvila Međunarodna elektrotehnička komisija (IEC) kako bi se uspostavile globalne smjernice za električno projektiranje. Ovi standardi uključuju npr. IEC 60364, koji se odnosi na električne instalacije u zgradama, te IEC 60947, koji se odnosi na niskonaponska sklopna postrojenja.

Norme za projektiranje električnih instalacija mogu biti podijeljene na nekoliko kategorija, kao što su: norme za sigurnost električnih instalacija, norme za projektiranje kabela i vodova, norme za zaštitu od udara munje i norme za zaštitu od požara. Ove norme obuhvaćaju različite aspekte projektiranja, kao što su odabir materijala, dimenzioniranje kabela, metode zaštite i sl. Norme također pružaju smjernice o pravilnom dimenzioniranju električnih vodova, osigurača, prekidača i drugih komponenti kako bi se osigurala sigurna i pouzdana distribucija električne energije. Također, norme sadrže smjernice za odabir i instalaciju zaštitnih uređaja kao što su prenaponska zaštita, prekidači za zaštitu od preopterećenja i zaštita od strujnog udara. One definiraju standardne oznake i oznake koje se koriste u električnim instalacijama kako bi se olakšala identifikacija i održavanje sustava. To uključuje oznake za sklopke, osigurače, vodove, priključne kutije, utičnice i druge komponente.

Važno je naglasiti da norme za projektiranje električnih instalacija često podliježu ažuriranju kako bi se prilagodile novim tehnologijama, sigurnosnim standardima i propisima. Stoga je važno redovito pratiti promjene i koristiti najnovije verzije normi kako bi se osigurala usklađenost i sigurnost električnih instalacija. Pravilno poštivanje normi ključno je za osiguranje sigurnosti osoba i imovine te za izbjegavanje neispravnosti ili nezgoda povezanih s električnim sustavima.

### 3. NORMA HRN EN 12464-1:2021

Ovaj dokument definira zahtjeve za rasvjetna rješenja unutarnjih radnih mjesta i njima pridruženih područja u smislu količine i kvalitete rasvjetljenosti. Osim toga, daju se preporuke za dobru rasvjetnu praksu uključujući vizualne i nevizualne potrebe za rasvjetom. Norma ne definira zahtjeve za rasvjetom u pogledu sigurnosti i zdravlja ljudi na radu i nije namijenjen za područje primjene članka 169. Ugovora o funkcioniranju Europske Unije, iako zahtjevi za rasvjetljenost obično ispunjavaju sigurnosne potrebe. Norma ne pruža posebna rješenja niti ograničava slobodu dizajnera u istraživanju novih tehnologija niti ograničava upotrebu inovativne opreme. [1]

Rasvjetljenost se može osigurati dnevnim svjetlom, električnom rasvjetom ili kombinacijom oba načina. Potrebe za rasvjetom određene su zadovoljenjem tri osnovne ljudske potrebe:

- vizualna udobnost, gdje radnici imaju osjećaj blagostanja; na neizravan način to također doprinosi višoj razini produktivnosti i višoj kvaliteti rada,
- vizualna izvedba, gdje radnici mogu obavljati svoje vizualne zadatke, čak i pod teškim okolnostima, tijekom dužih perioda,
- sigurnost. [1]

Glavni kriteriji koji određuju rasvjetljenost okoline s obzirom na električnu rasvjetu i dnevno svjetlo su:

- svjetlosna raspodjela,
- rasvjetljenost,
- odsjaj,
- usmjerenost svjetla, rasvjeta u unutarnjem prostoru,
- treperenje,
- promjenjivost svjetla (jačina i temperatura boje). [1]

Raspodjela rasvjetljenosti u vidnom polju kontrolira razinu prilagodbe očiju što utječe na vidljivost zadatka. Uravnotežena primjena rasvjete bitna je za povećanje:

- oštrine vida,
- osjetljivosti na kontrast (razlučivanje relativno malih razlika rasvjetljenosti),
- učinkovitosti očnih funkcija (kao što su akomodacija, konvergencija, kontrakcija zjenica...) [1]



Također može utjecati na vizualni ugođaj pa treba izbjegavati:

- previsoku rasvijetljenost i prevelike kontraste rasvijetljenosti što povećava odsjaj,
- prevelike promjene rasvijetljenosti koje će uzrokovati umor zbog stalne ponovne prilagodbe očiju,
- prenisku rasvijetljenost i prenizak kontrast rasvijetljenosti što rezultira dosadnom i nestimulirajućom radnom okolinom. [1]

Visoka površinska refleksija pridonosi uštedi energije i može dovesti do bolje vizualne udobnosti. Za izbor materijala preporučuju se sljedeći rasponi refleksije:

- strop 0,7 – 0,9
- zidovi 0,5 – 0,8
- pod 0,2 – 0,6. [1]

Refleksija velikih predmeta (poput namještaja, strojeva, itd.) trebala bi biti u rasponu od 0,2 do 0,7. Jednolikost zidova i stropa treba biti  $U_o \geq 0,10$ . Rasvijetljenost područja neposredne okoline mora biti povezana s rasvijetljenošću područja zadatka ili područja aktivnosti i trebalo bi osigurati dobro uravnoteženu raspodjelu rasvijetljenosti u vidnom polju kao što se vidi u tablici 3.1. Neposredno okolno područje treba biti pojas širine najmanje 0,5 m oko područja zadatka unutar vidnog polja. [1]

Tablica 3.1 Odnos rasvijetljenosti neposredne okoline u odnosu na rasvijetljenost područja zadatka ili područja aktivnosti [1]

Rasvijetljenost područja zadatka ili područja aktivnosti $E_m$ [lx]	Rasvijetljenost neposredno okolnog područja [lx]
$\geq 750$	500
500	300
300	200
200	150
$\leq 150$	jednako kao područje zadatka

Izgled boje izvora svjetlosti odnosi se na prividnu boju (kromatičnost) emitirane svjetlosti. Kvantificira se povezanom temperaturom boje ( $T_{cp}$ ) kao u tablici 3.2.

Tablica 3.2 Izgled boje svjetlosti i temperature boje [1]

Izgled boje	Temperatura boje $T_{cp}$
toplo	ispod 3 300 K
neutralno	od 3 300 K do 5 300 K
hladno	iznad 5 300 K

Odabir izgleda boje stvar je psihologije, estetike i onoga što se preferira. Izbor će ovisiti o razini rasvijetljenosti, bojama prostorije i namještaja, okolnoj klimi i promjeni. Dodatno, dinamička temperatura boje može se uzeti u obzir za veću personalizaciju. [1]

Da bi se pružila objektivna indikacija svojstava uzvrata boje izvora svjetlosti, koristi se opći indeks uzvrata boje  $R_s$ , čija je najveća vrijednost 100. Na svojstva uzvrata boje za promatrača u prostoru utječu svojstva refleksije svih površina. [1]

Treperenje i stroboskopski učinak mogu dovesti do neželjenih učinaka kao što su smanjenje vizualne udobnosti i smanjenje učinkovitosti izvedbe zadatka te mogu dovesti do fizioloških učinaka kao što su umor i glavobolja. Stroboskopski učinci mogu dovesti i do opasnih situacija mijenjanjem procjene gibanja rotacijskih ili klipnih strojeva. Sustavi rasvjete trebaju biti projektirani tako da se izbjegnu negativni učinci treperenja i stroboskopskog učinka u cjelokupnom rasponu zatamnjenja (to uključuje izvore svjetlosti i upravljačke uređaje). Stroboskopski učinak što opažaju pojedinci koji obavljaju uobičajene zadatke u zatvorenim radnim mjestima, može se objektivno kvantificirati koristeći stroboskopsku mjeru vidljivosti (eng. *Stroboscopic Visibility Measure - SVM*). SVM se može koristiti za kvantificiranje ovog učinka za primjene u kojima je ljudsko kretanje dominantno i  $E > 100$  lx. [1]

Rasvjeta radnih mjesta sa zaslonskom opremom mora biti prikladna za sve zadatke koji se obavljaju na radnoj stanici, npr. čitanje s ekrana, čitanje tiskanog tiska, pisanje na papiru, rad s tipkovnicom. Za ova područja kriteriji moraju biti u skladu s vrstom radnog područja ili područja aktivnosti. U nekim se slučajevima može pojaviti refleksija od tipkovnice što može uzrokovati onesposobljenost i neugodan odsjaj. Stoga je potrebno odabrati, locirati i rasporediti rasvjetna tijela kako bi se izbjegle refleksije visoke svjetline. Svjetlina pozadinskog zida mora biti uravnotežena sa svjetlinom zaslona. [1]

Rasvjeta treba biti dizajnirana tako da zadovolji zahtjeve rasvjete za određeni zadatak, aktivnost ili prostor na energetski učinkovit način. Važno je ne ugroziti vizualne aspekte rasvjetne instalacije samo kako bi se smanjila potrošnja energije. Dnevno svjetlo može osigurati cjelokupno

ili dio svjetla potrebnog za vizualne zadatke ili aktivnosti, te stoga nudi potencijalne uštede energije. Količina dnevnog svjetla u zatvorenom prostoru najprije ovisi o dostupnosti dnevnog svjetla vani (tj. prevladavajućoj klimi na lokaciji), a zatim o okolišu koji okružuje zgradu, komponentama neposredno oko otvora za dnevno svjetlo i konfiguraciji unutarnjih prostora. S gotovo okomitim otvorom dnevnog svjetla na fasadi, dostupnost dnevnog svjetla brzo se smanjuje s udaljenošću od fasade. [1]

Dodatna rasvjeta (npr. električno svjetlo ili dodatni otvori za dnevno svjetlo) može biti potrebna kako bi se osiguralo postizanje potrebnih razina rasvijetljenosti na radnom mjestu i uravnotežila distribucija rasvjete u prostoriji. Upravljanje se može koristiti kako bi se osigurala odgovarajuća integracija između električne rasvjete i dnevnog svjetla. Dnevno svjetlo može osigurati značajne količine svjetla u zatvorenom prostoru, uz visoku reprodukciju boja i varijabilnost rasvjete, smjera i spektralnog sastava tijekom dana i sezone. Otvori za dnevno svjetlo na okomitoj, nagnutoj ili vodoravnoj površini jako su poželjni na radnim mjestima zbog svjetla koje isporučuju te za vizualni kontakt koji pružaju s vanjskim okruženjem. Osim toga, dnevno svjetlo pruža varijabilno modeliranje i uzorke svjetla, što se također smatra korisnim za ljude u zatvorenim radnim okruženjima. Za svaki prostor s otvorima za dnevno svjetlo, preporuča se osigurati uređaje za zasjenjivanje kako bi se smanjio rizik od bliještanja ili toplinske nelagode. Izravan pogled na sunce ili na odsjaj sunca treba izbjegavati. [1]

Tablica 3.3 prikazuje zahtjeve za rasvjetu zatvorenih radnih prostora.

Tablica 3.3 Zahtjevi za rasvjetu u različitim zatvorenim radnim prostorima [1]

Vrsta/područje aktivnosti	$E_m$ [lx]	$U_0$	$R_a$	$R_{UGL}$	$E_{m,z}$	$E_{m,zid}$	$E_{m,strop}$
					[lx]	[lx]	[lx]
hodnici	100	0,4	40	28	50	50	30
stubišta	100	0,4	40	25	50	50	30
dizala	100	0,4	40	25	50	50	30
sobe za odmor	100	0,4	80	22	50	50	30
garderobe, kupaonice, prostori za tuširanje i presvlačenje	200	0,4	80	25	75	75	50
prostorije za medicinsku njegu	500	0,6	90	19	150	150	100
skladišta	100	0,4	80	25	50	50	30
prostor za utovar i istovar	200	0,4	80	25	50	50	30

proizvodnja kabela i žica	300	0,6	80	25	100	100	50
precizno sastavljanje, npr. mjerni uređaj	750	0,7	80	19	150	150	100
elektroničke radionice	1500	0,7	80	16	150	150	100
frizerski salon	500	0,6	90	19	150	150	100
ručna izrada satova	1500	0,7	80	16	150	150	100
zavarivanje	300	0,6	80	25	75	75	30
bojanje, poliranje vozila	750	0,7	80	22	150	150	30
arhiviranje, kopiranje, itd.	300	0,4	80	19	100	100	75
pisanje, tipkanje, čitanje, obrada podataka	500	0,6	80	19	150	150	100
tehničko crtanje	750	0,7	80	16	150	150	100
CAD radne stanice	500	0,6	80	19	150	150	100
prodajni prostor	300	0,4	80	22	75	75	30
kuhinja	500	0,6	80	22	100	100	75
restoran, blagovaonica, sala	-	-	80	-	-	-	-
vrtić	300	0,4	80	22	100	100	75
knjižnica	500	0,6	80	19	100	100	50
sportska dvorana, bazen	300	0,6	80	22	100	75	30

## **4. PROGRAMSKI ALAT DDSCAD**

### **4.1. Općenito o DDSCAD-u**

GRAPHISOFT DDSCAD je računalni programski alat u razvoju koji je namijenjen projektantima kako bi učinkovitije, preciznije i sigurnije projektirali kuće, zgrade, hotele i industrijska postrojenja poštujući važeće propise i norme. Program omogućuje projektiranje razvodnih ormara, utičnica, rasvjete, sklopki i ostalih elemenata strujnih krugova osiguravajući ispravan odabir potrebne zaštite opreme, presjeke kabela i izolacije kako bi se umanjila mogućnost ljudske pogreške prilikom proračuna maksimalne struje ili pada napona. Također pruža mogućnost projektiranja elektroničke komunikacijske instalacije predlažući odgovarajuće ormare, kabele, rutere, prespojne panele i razne druge elemente koji se koriste za umrežavanje uređaja. Velika je pomoć prilikom projektiranja sustava za zaštitu od udara munje, vatrodojavnog sustava i odimljavanja, telefonske instalacije, TV i radio instalacije, KNX pametnih instalacija te fotonaponskih elektrana.

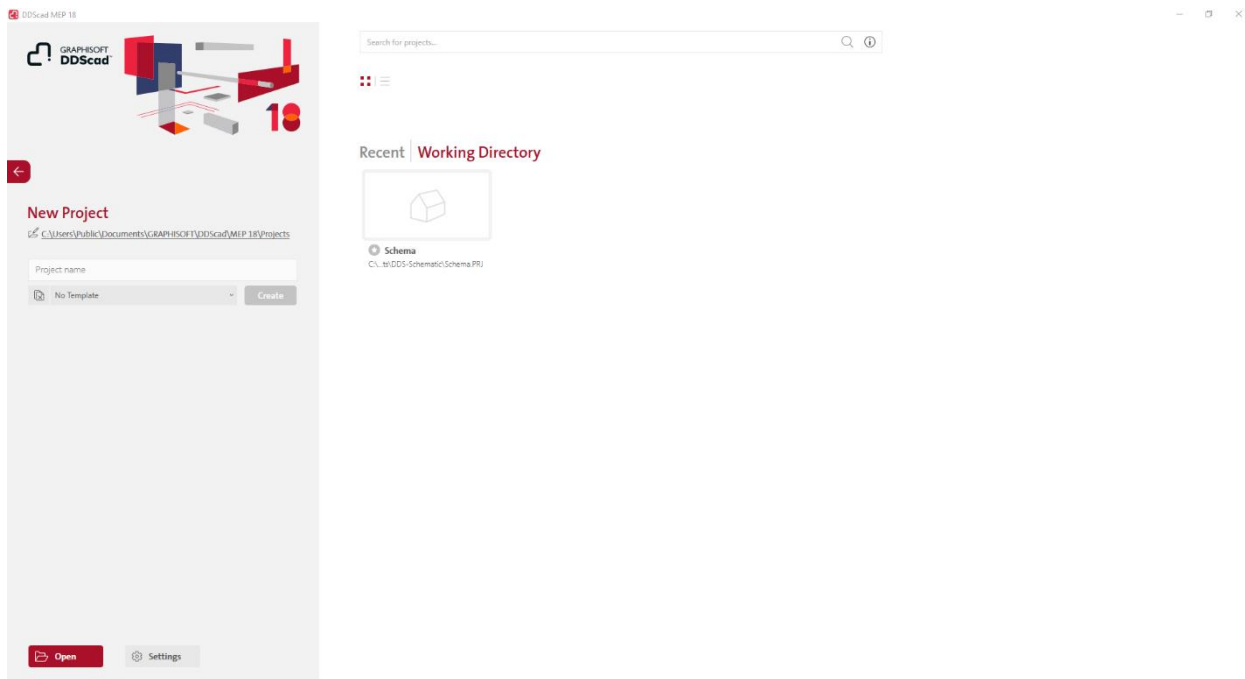
Najveća prednost ovog alata su proračuni struje, padova napona i duljine kabela kao i automatsko generiranje trolejnih i jednopolnih shema te ispis svih stavki potrebnih za izradu troškovnika. Unatoč 3D prikazu, DDSCAD ima određenih mana prilikom prikaza instalacija pa se projektiranje odvija u 2D prikazu.

Tvrtka Graphisoft napravila je slične programe za arhitektonske, građevinske i strojarske projektante što omogućuje sjedinjavanje svih projekata u jedan projekt gdje se vide moguća križanja instalacija vode, kanalizacije, struje, grijanja, ventilacije i ostalih instalacija koje se nalaze u projektima.

### **4.2. Učitavanje modela**

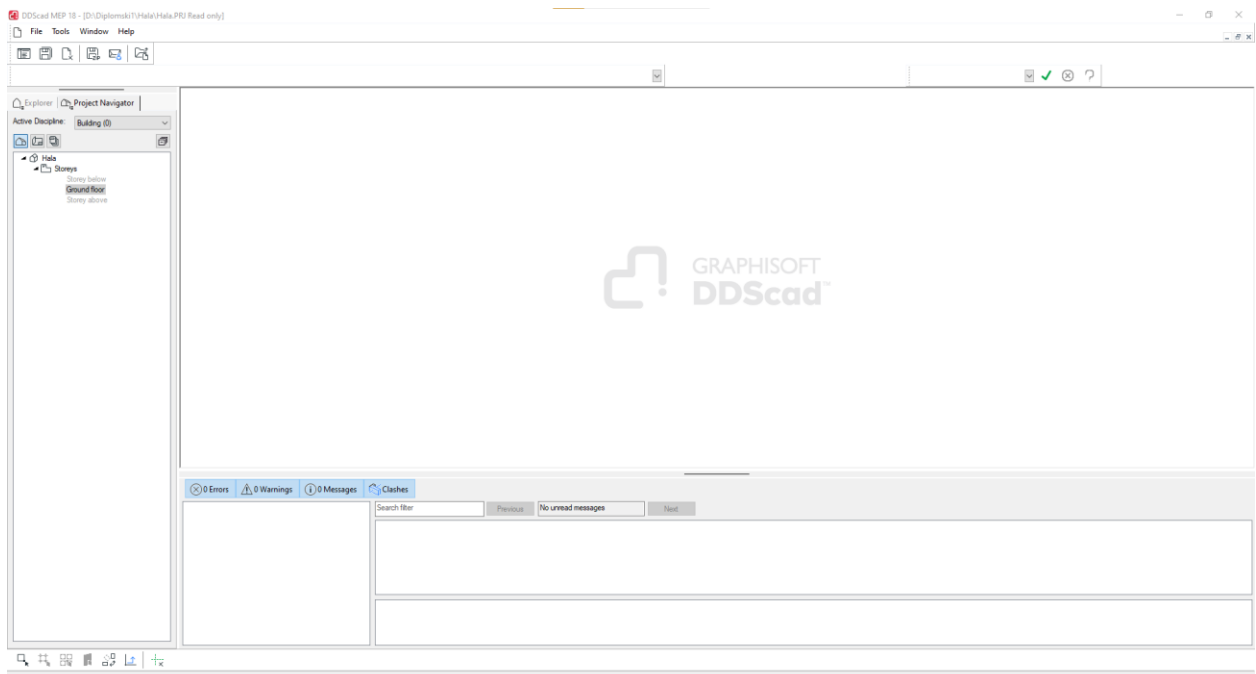
Arhitektonski ili građevinski projektant prvo mora u svojem programu napraviti .ifc datoteku zgrade koja se zatim učitava u DDSCAD na sljedeći način:

1. Otvoriti program nakon čega se prikaže zaslon sa slike 4.1.



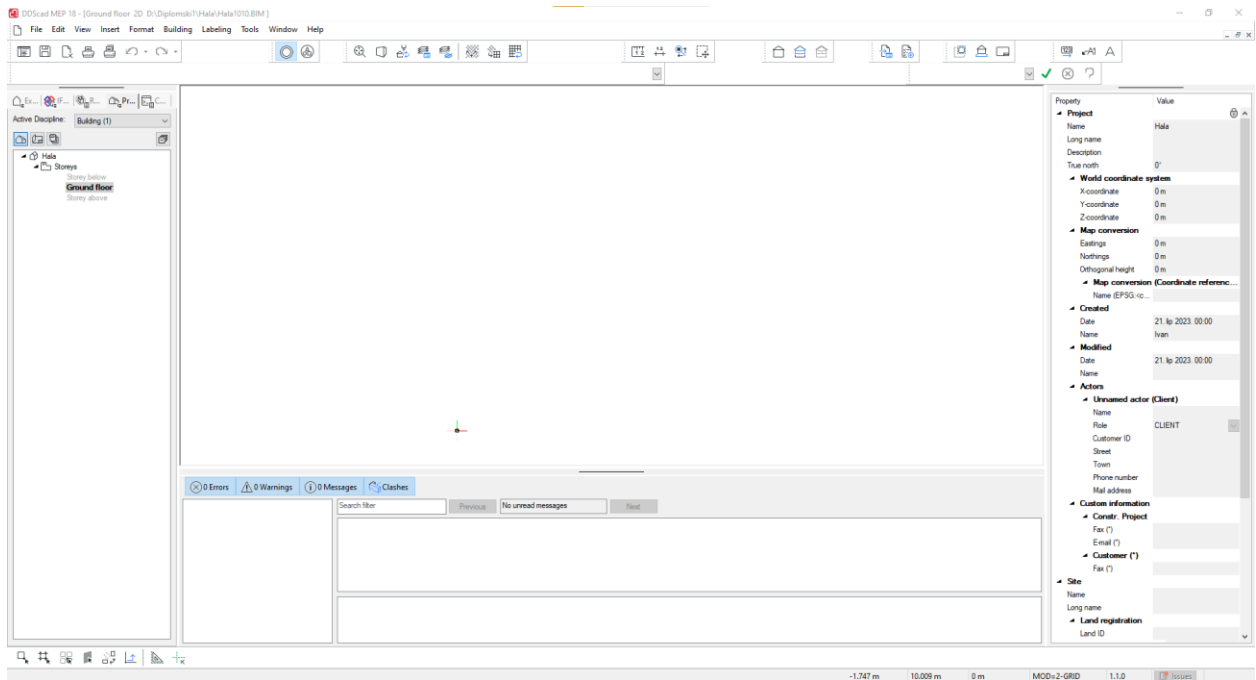
Slika 4.1 Početni zaslon programa DDSCAD

2. Odabrati mjesto spremanja, upisati naziv projekta i pritisnuti tipku „*Create*“ nakon čega se otvara prikaz sa slike 4.2.



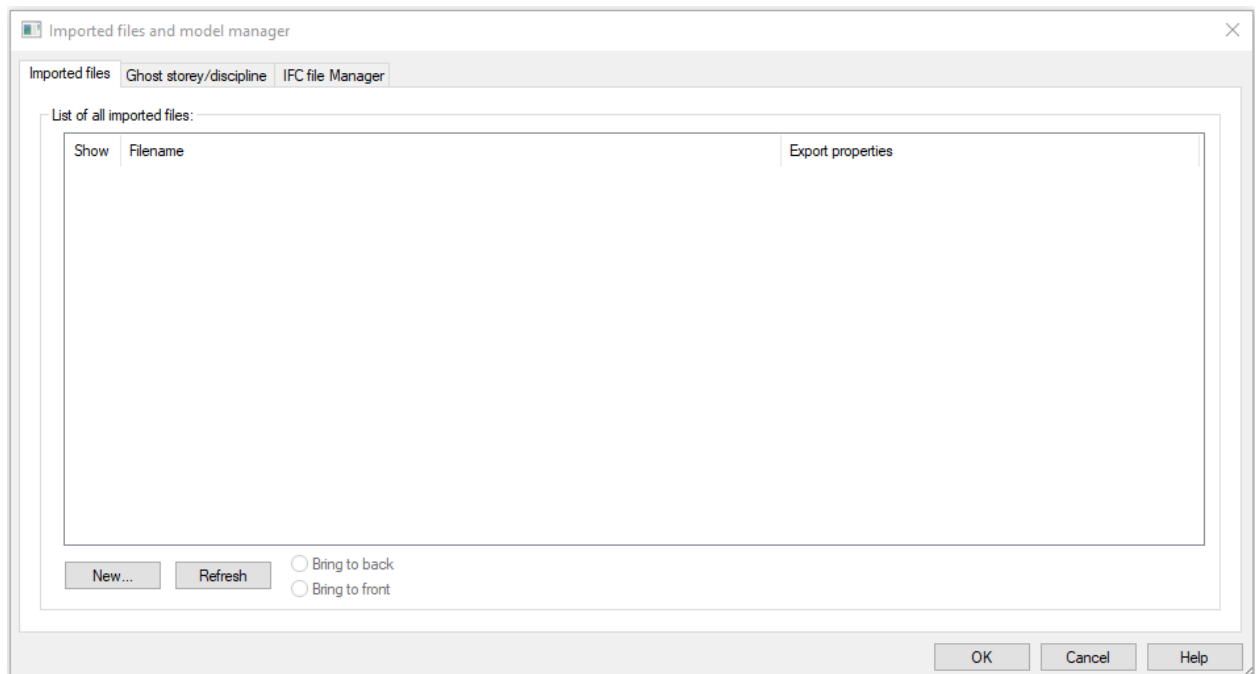
Slika 4.2 Prikaz programa nakon izrade projektne datoteke

3. Dvostruki klik na tipku „*Ground floor*“ otvorit će prikaz sa slike 4.3.



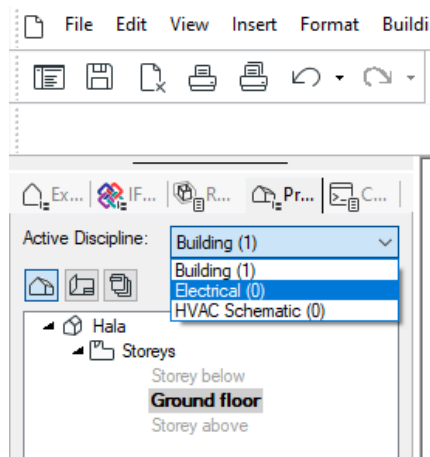
Slika 4.3 Prikaz korisničkog sučelja

- U gornjem dijelu zaslona odabire se „Insert“ zatim „External Resource“ te na kraju „IFC file Management“ nakon čega se prikaže prozor kao sa slike 4.4.



Slika 4.4 Skočni prozor za uvoz .ifc datoteke

5. Klikom na „New“ otvara se upravitelj datotekama te se u donjem desnom kutu odabire .ifc datoteka i pronalazi se .ifc datoteka s arhitektonskim podlogama na kojima se ucrtavaju električne instalacije te još jedan klik na tipku „OK“ na novom skočnom prozoru otvara željenu datoteku
6. Isto je potrebno ponoviti i za odabir aktivne discipline „Electrical“ kao na slici 4.5



Slika 4.5 Promjena aktivne discipline

### 4.3. Definiranje razvodnih ormara

Polazna točka kod projektiranja električnih instalacija nekog objekta je mjesto spoja tog objekta na javnu mrežu. To se najčešće izvodi unutar kućnog priključno mjernog ormara KPMO ili samostojećeg priključno mjernog ormara SPMO. Vrstu mjernog ormara određuje operator distribucijskog sustava što je u Republici Hrvatskoj najčešće HEP ODS. Unutar mjernog ormara nalazi se mjerni uređaj za mjerenje potrošnje električne energije i NV rastavna sklopka s NV rastalnim osiguračima čija veličina i nazivna struja ovisne o jakosti priključne snage kod operatora distribucijskog sustava. Standardne priključne snage koje je moguće priključiti kod HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o. prikazane su u tablici 4.1 za jednofazni priključak i u tablici 4.2 za simetrični trofazni priključak.

Tablica 4.1 Priključne snage i nazivne struje OSO za jednofazni priključak

Nazivna struja OSO [A]	Priključna snaga [kW]
20	4,60
25	5,75
32	7,36
40	9,20



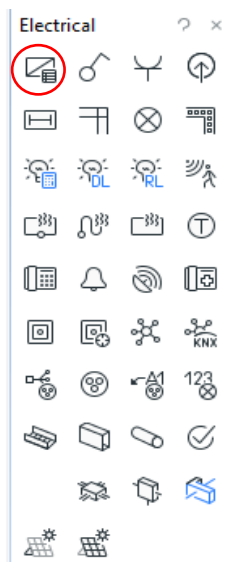
50	11,50
----	-------

Tablica 4.2 Priključne snage i nazivne struje OSO za simetrični trofazni priključak

Nazivna struja OSO [A]	Priključna snaga [kW]
16	11,04
20	13,80
25	17,25
32	22,00

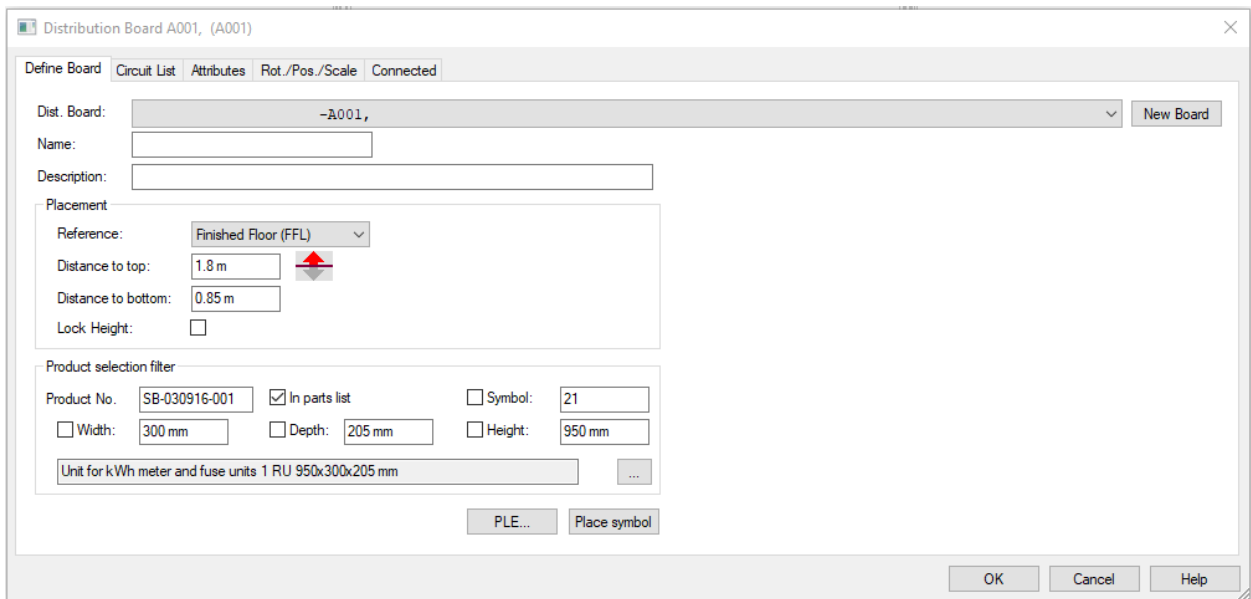
KPMO se postavlja u DDSCAD projekt na sljedeći način:

1. U plutajućem izborniku odabrati prvi simbol „*Distribution board*“.



Slika 4.6 Simboli elemenata električne instalacije

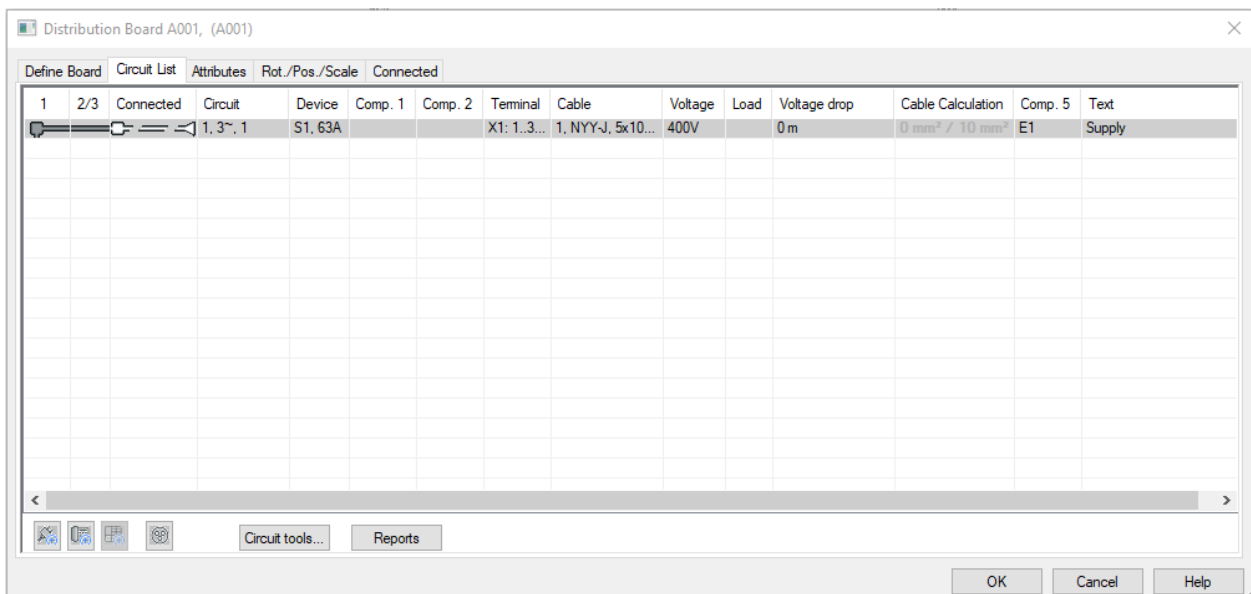
2. U lijevom dijelu zaslona pojavi se razvodni ormar koji je potrebno definirati i postaviti na njegovu poziciju u nacrtu te se dvostrukim klikom otvara prozor sa slike 4.7.



Slika 4.7 Razvodni ormar KPMO

Potrebno je definirati izgled ormara i dimenzije što se može napraviti odabirom gotovih ormara iz biblioteke programa ili se mogu definirati nove dimenzije ovisno o zahtjevima projekta. Postavljanje na poziciju na nacrtu odvija se klikom na „Place symbol“.

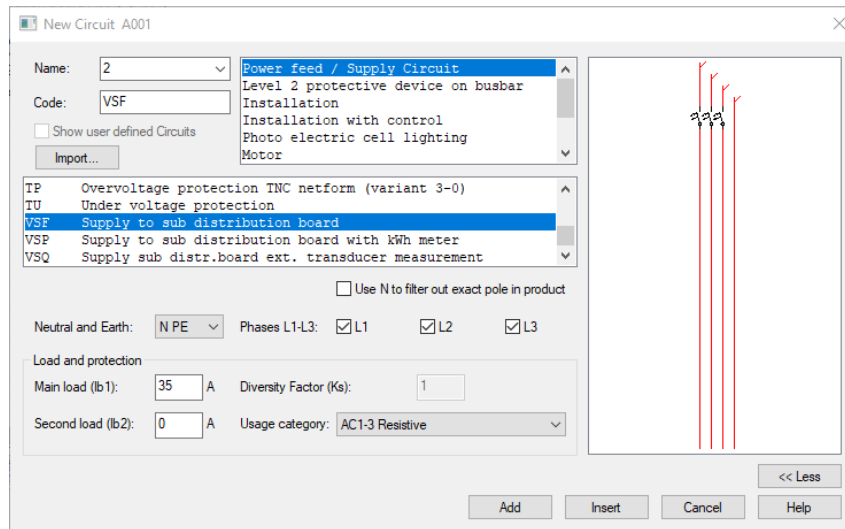
3. Klikom na „Circuit List“ prikažu se strujni krugovi povezani na odabrani ormar.



Slika 4.8 Strujni krugovi unutar KPMO-a

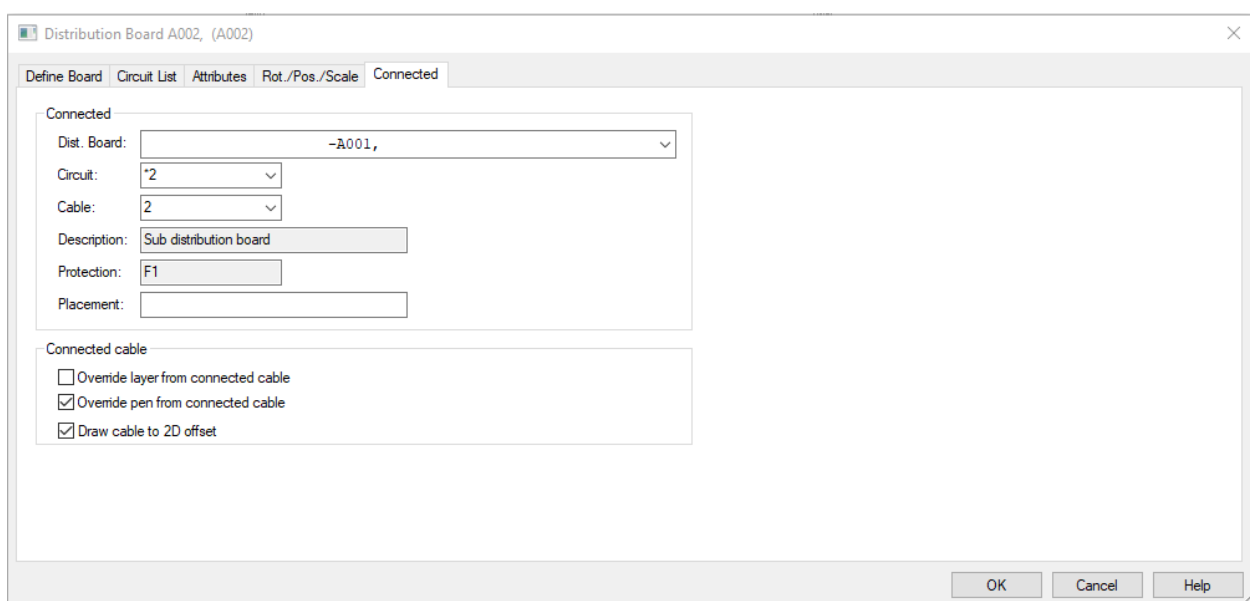
U ovom prozoru odabiru se zaštitni uređaji, vrsta kabela i napon, a program računa pad napona, duljinu kabela i potrebni presjek kabela. Dvostrukim klikom na pojedino polje mijenjaju se željene vrijednosti.

- Desnim klikom na prazno polje otvara se prozor u kojem odabiremo „*New Circuit*“ i prema odabiru sa slike definiramo odlazni vod prema glavnom razdjelnom ormaru.



Slika 4.9 Napojni kabel za glavni razvodni ormar

Na isti način dodaje se i glavni razvodni ormar koji se mora povezati na KPMO prema postavkama sa slike 4.10. Odabrani glavni razdjelnik zgrade je metalni, izveden kao nadgradni na zid, s vratima, razine zaštite od stranih tijela (IP 66).



Slika 4.10 Glavni razvodni ormar - spoj na KPMO

U glavni razvodni ormar potrebno je najprije staviti zaštitni uređaj diferencijalne struje, tzv. FID sklopku koja, prema [2], reagira na diferencijalnu struju kvara veću ili jednaku 30 mA. Nazivna struja FID sklopke treba biti jednaka ili veća od nazivne struje glavnog osigurača, a broj polova ovisi je li sustav trofazni ili jednofazni. Ovisno o propisanoj potrebnoj vrsti zaštite, FID sklopke mogu biti različitih karakteristika:

- A – osjetljiva na pulsne struje
- AC – osjetljiva na izmjenične struje
- B – osjetljiva na sve tipove struja
- EV – električna vozila
- F – osjetljiva na promjenu frekvencije

#### **4.4. Definiranje kabela**

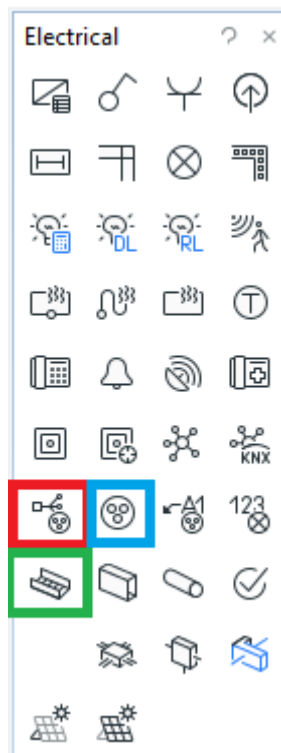
Prilikom projektiranja objekata koji imaju priključenu manju snagu glavni napojni kabeli koriste se u izvedbi NYY-J. To su energetske distribucijske i signalne kablove za statičnu upotrebu na otvorenom (sa zaštitom od direktnog ultraljubičastog zračenja), pod zemljom, u vodi, unutar objekata, u kabelskim kanalima, u betonu, u uvjetima gdje se ne očekuju teža mehanička opterećenja, pogotovo vlačna istezanja. Upotrebljavaju se u elektranama, trafostanicama, industrijskim pogonima, gradskim mrežama i drugim električnim postrojenjima te za povezivanje signalnih uređaja u industriji, prometu i sl. Izolacija je PVC smjesa DIV-4 prema normi HRN HD 603.1, ispunjena je brizgana elastomerna ili plastomerna mješavina ili omotane termoplastične vrpce dok je plašt PVC smjesa DMV-5 prema normi HRN HD 603.1. Kabel također zadovoljava norme IEC 60502-1 i DIN VDE 0276 dio 603.

Instalacijski kabeli koriste se u izvedbi NYM-J. To su instalacijski kabeli pogodni za upotrebu u kućanstvu i industriji. Polaze se u, na ili ispod žbuke, u zidove ili u beton, bez naročite mehaničke zaštite, ali ne u suhi ili prenapregnuti beton. Pogodni za suhu, kao i za vlažnu i mokru okolinu; za unutarnju ili vanjsku upotrebu (samo ako je kabel zaštićen od direktnog sunčevog svjetla). Izolacija je PVC smjesa TII prema, ispunjena su žile obuhvaćene nevulkaniziranom gumom ili plastičnom smjesom dok je plašt PVC smjesa TM1 prema DIN VDE 0281 1. dio / HD 21.1 S4.

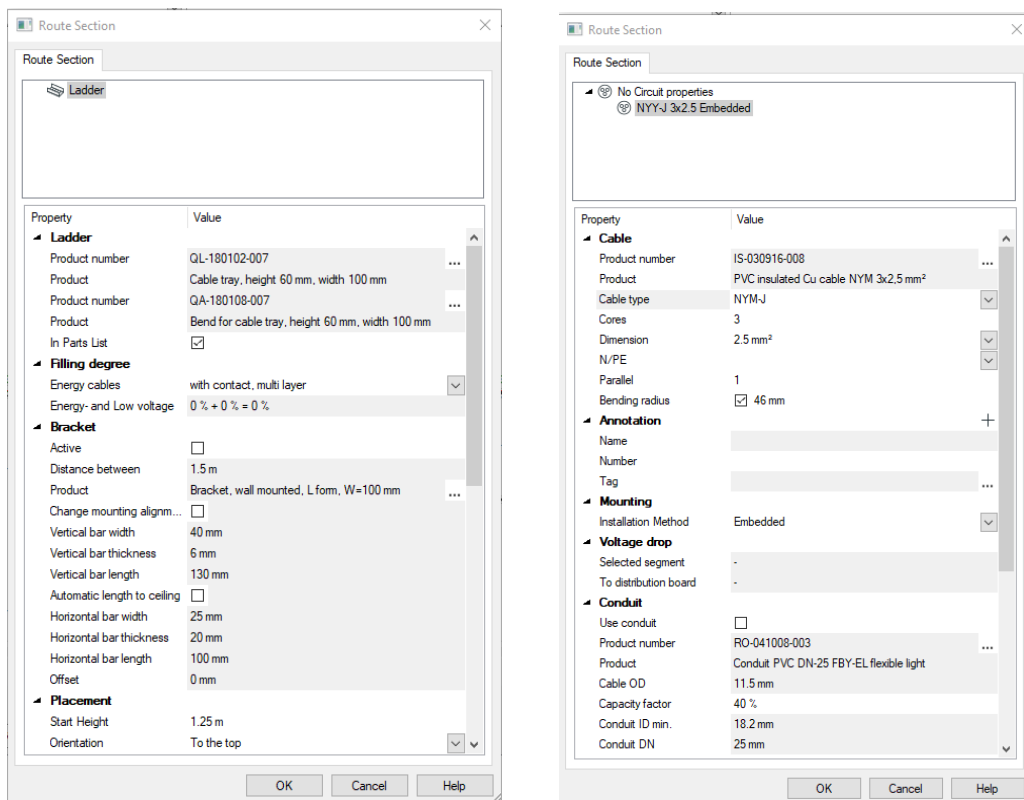
Kabeli se postavljaju u krute ili savitljive samogasive instalacijske cijevi odgovarajućeg promjera ovisno o debljini kabela. U prostoru hale, električne instalacije vodit će se u kabelskim

policama, a u prostoru ureda, hodnika, wc-a i ostalih zajedničkih prostorija vodit će se podžbukno ili u spušenom stropu.

DDSCAD nudi mogućnost postavljanja glavne trase kabela (eng. *Cable Path*) do glavnog razvodnog ormara što olakšava ucrtavanje kabela jer se ne mora iz svake prostorije crtati kabel skroz do glavnog razvodnog ormara nego se kabel poveže na glavnu trasu i program automatski taj kabel odvede do glavnog razvodnog ormara i izračuna duljinu, pad napona i proračuna je li korišten dobar presjek. U prostoru hale koriste se kableske police (eng, *Cable Tray*) koje su u programu također definirane da automatski povežu kabel s glavnim razvodnim ormarom.



Slika 4.11 Kableska trasa (crveno), kableske police (zeleno) i kabel (plavo)

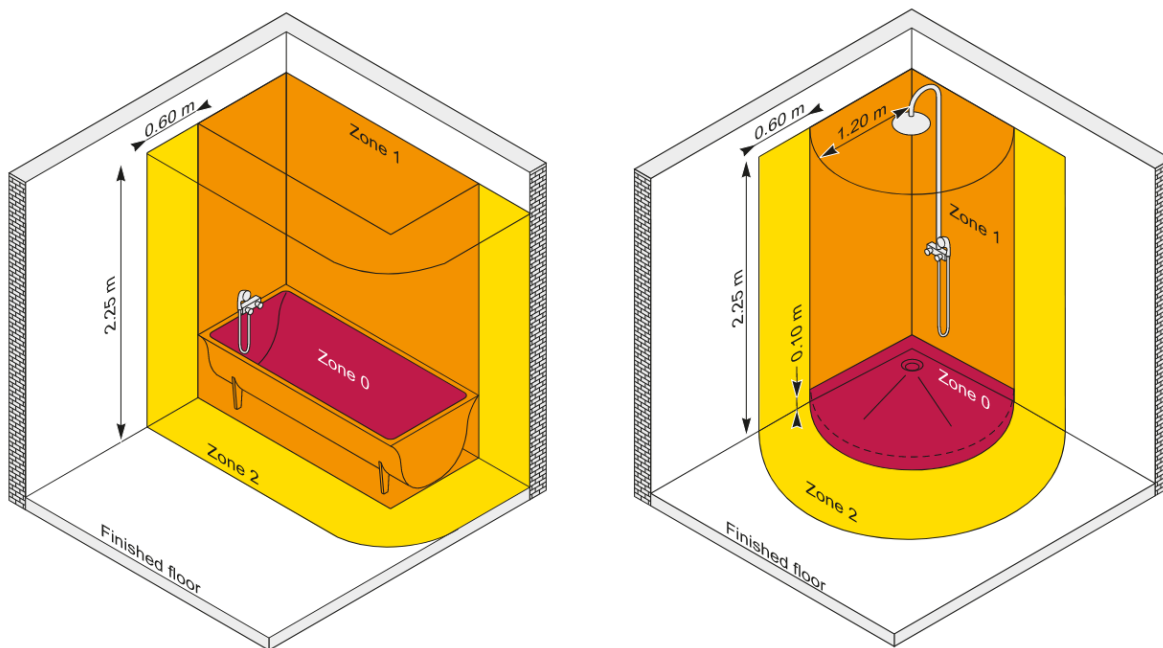


Slika 4.12 Definiranje kabljskih polica (lijevo) i kabela (desno)

Crtaње trase kabela izvodi se mišem, a vertikalno spuštanje i podizanje kabela izvodi se tipkama na tipkovnici „Page Up“ i „Page Down“.

#### 4.5. Definiranje sklopki i utičnica

DDSCAD program zahtijeva točno definiranje načina montaže (podžbukno/nadžbukno), broja polova, nazivnu struju i IP zaštitu svake utičnice i sklopke. Visina montaže utičnica u suhim prostorima obično je 0,4 m, a sklopki 1,1 m. Montaža utičnica i sklopki u vlažnim prostorima mora biti na minimalnoj visini od 1,5 m, utičnice moraju biti s poklopcem i udaljene najmanje 0,6 m od tuša, kade ili drugog izvora prskanja vode. Prema [3] ovisno o udaljenosti od tuša, kade ili drugog izvora prskanja definiraju se zone 0, 1 i 2 kao što se vidi na slici 4.13.



Slika 4.13 Zone u vlažnim prostorima [3]

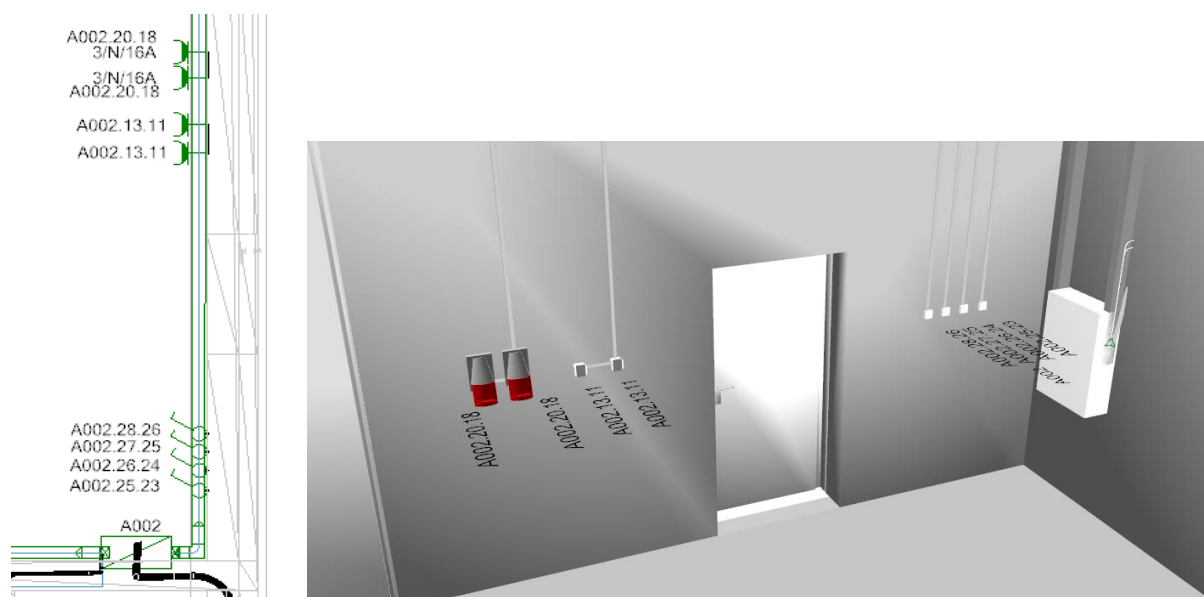
Vrsta opreme i potrebne zaštite kojih se potrebno pridržavati u pojedinim zonama definirane su u tablici 4.3.

Tablica 4.3 Dozvoljena oprema i potrebna zaštita u pojedinim zonama prskanja [3]

Vrsta opreme	Zona 0	Zona 1	Zona 2	Izvan svih zona
IP zaštita	IPX7	IPX4	IPX4	standard
Kabeli	-	Samo za napajanje krugova koji su dozvoljeni unutar zone	Samo za napajanje krugova koji su dozvoljeni unutar zone	OK
Razvodne kutije	-	-	-	OK
Utičnice	-	-	-	OK
Napajanje brijača (20-50 VA)	-	-	OK	OK
Sklopke	-	SELV $\leq$ 12 V DC	SELV $\leq$ 12 V DC	OK
Transformator za SELV	-	-	-	OK

Rasvjeta	SELV $\leq$ 12 V DC	SELV $\leq$ 12 V DC	Klasa II	Klasa I
Grijalica	-	-	Klasa I	Klasa I
Bojler	-	Montirati na što veću visinu	Izravan spoj bez razvodne kutije	OK
Perilica i sušilica rublja	-	-	-	OK

Odabir utičnice ili sklopke u programu odabire se prema slici nakon čega se odabire vrsta utičnice ili sklopke. Zatim se odredi visina montaže i na kraju se simbol stavlja na nacrt. Za lakše povezivanje utičnica i sklopki preporučljivo je koristiti opciju pametno hvatanje (eng. *Smart Snaps*) koja se aktivira pritiskom tipke „3“ na tipkovnici. Na slici 4.14 vide se elementi električnih instalacija u 2D i 3D prikazu.



Slika 4.14 2D (lijevo) i 3D (desno) prikaz električnih instalacija u programu DDSCAD

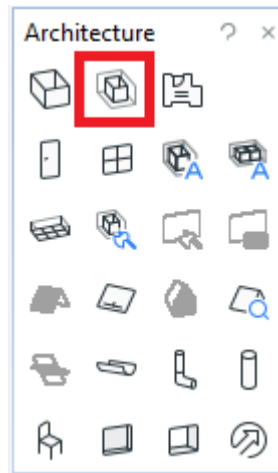
Na izlaze iz građevine potrebno je postaviti JPR tipkala koja će djelovati na glavni prekidač i isključiti napajanje građevine u slučaju opasnosti.

## 4.6. Rasvjeta

DDSCAD osim vlastitog proračuna rasvijetljenosti ima mogućnost izvoza prostorija u profesionalne programe Relux i DIALux, posvećene samo proračunu rasvjete. Nakon proračuna u

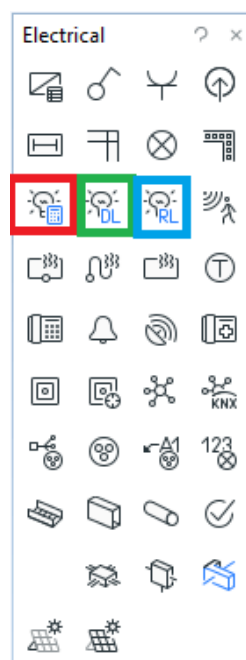


tim programima moguće je uvesti proračune i izolinijske krivulje natrag u DDSCAD. Ukoliko arhitektonski ili građevinski projektant nije definirao prostorije, to se može učiniti odabirom aktivne discipline „*Building*“ i odabirom funkcije definiraj prostorije (eng. *Define Rooms*) koja je prikazana na slici 4.15.



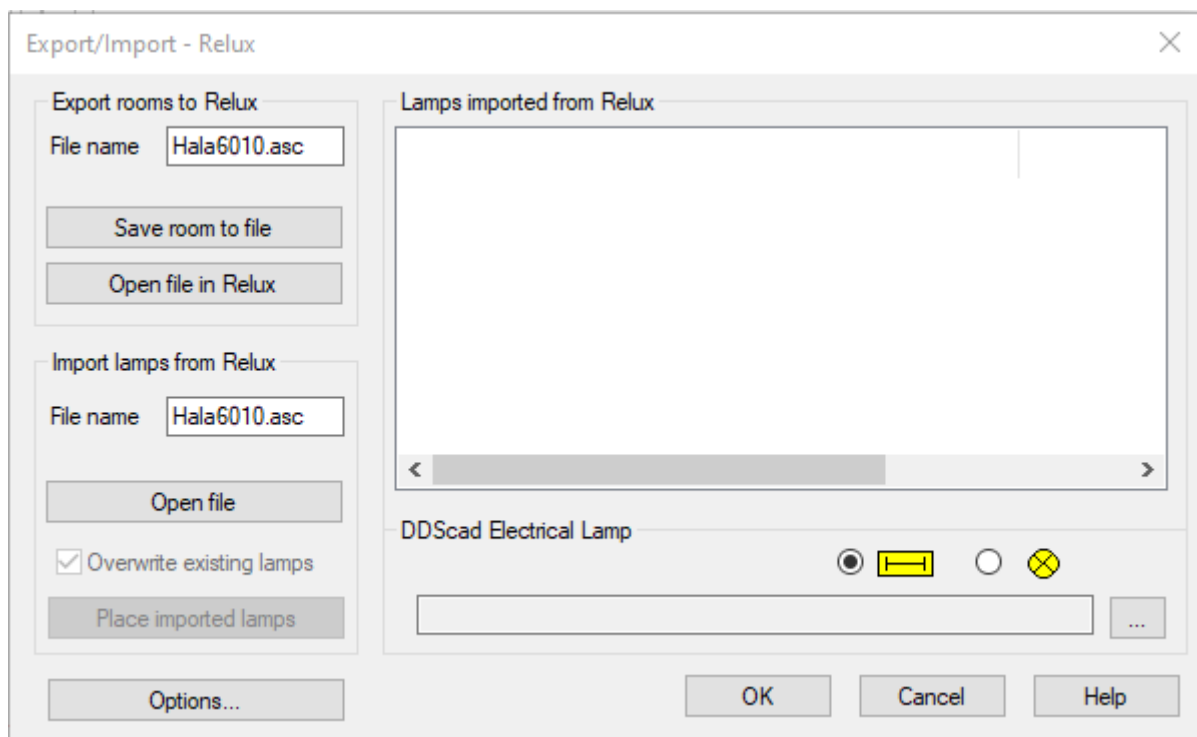
Slika 4.15 Funkcija za definiranje prostorija

Za proračun rasvjete koriste se tri funkcije prikazane na slici 4.16. Integrirani DDSCAD kalkulator rasvjete može raditi proračun samo sa svjetiljkama koje ima u svojoj biblioteci i tu se vidi prednost programa Relux i DIALux jer oni mogu s interneta povući informacije o puno većem broju svjetiljki koje se zapravo koriste u praksi.

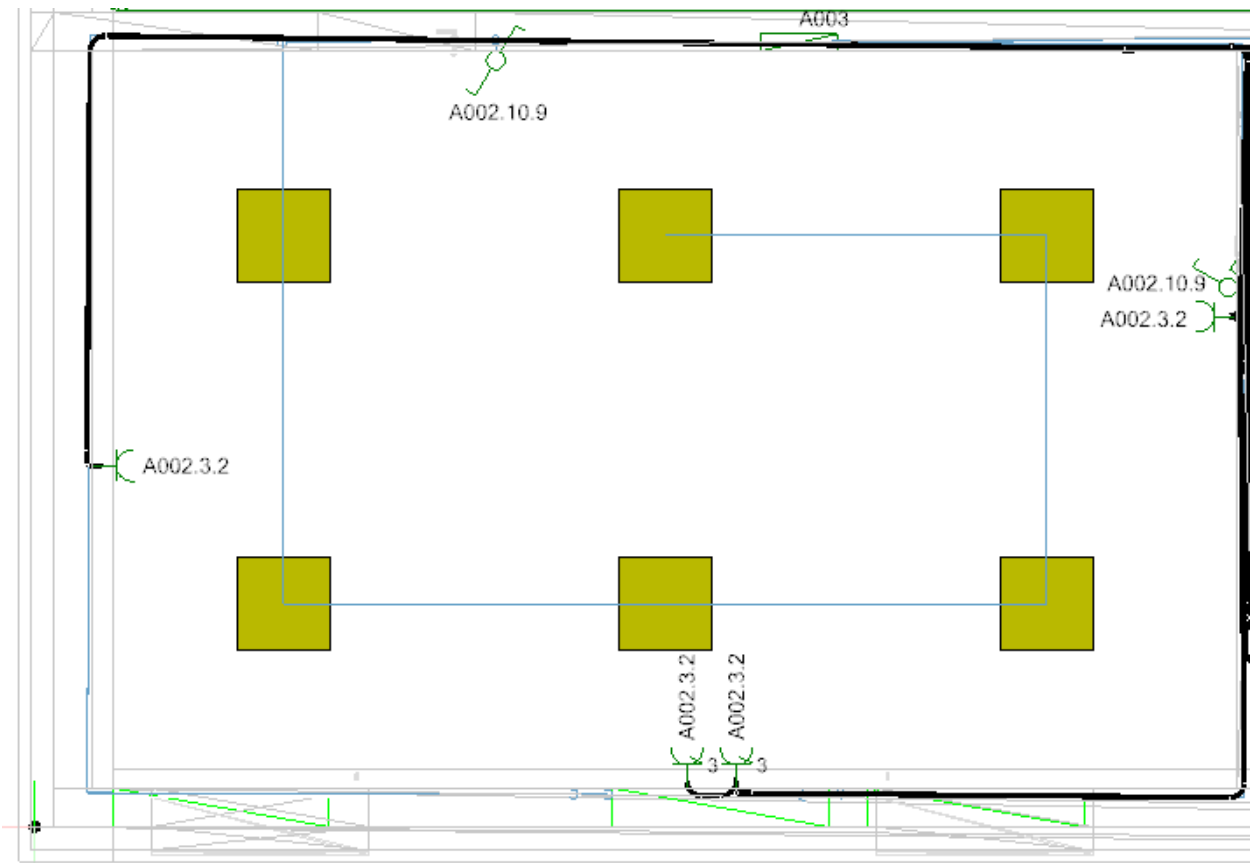


Slika 4.16 Integrirani proračun rasvjete (crveno), DIALux (zeleno), Relux (plavo)

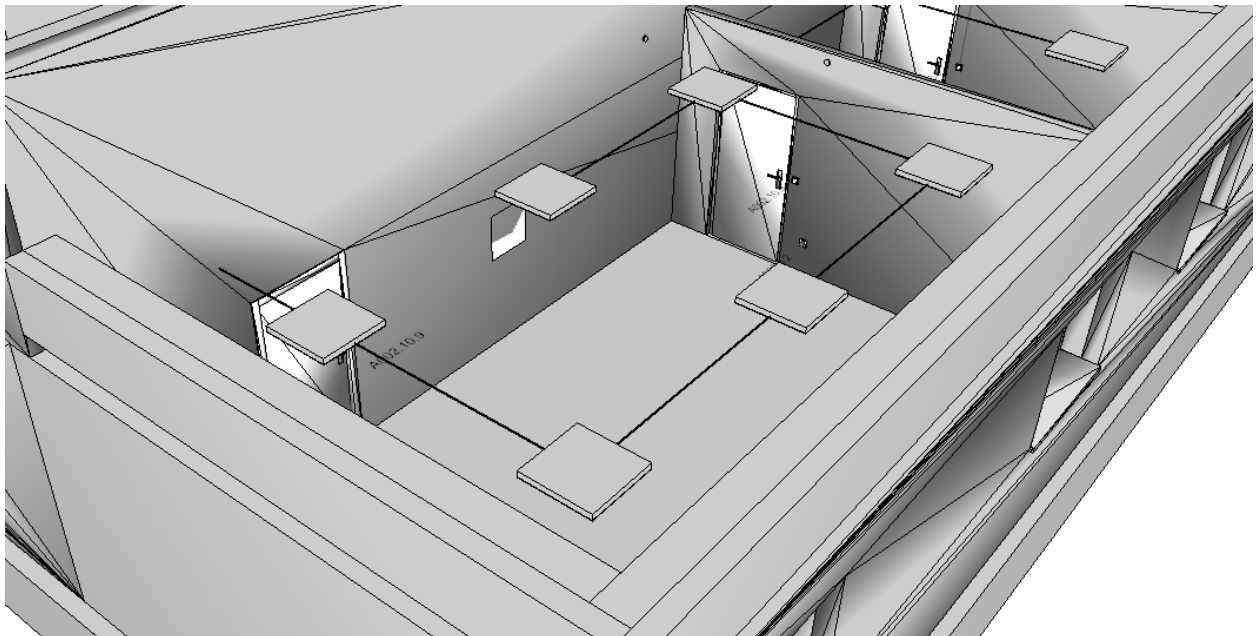
Odabirom izvoza proračuna u Relux otvorit će se prozor sa slike 4.17. Potrebno je odabrati opciju spremanja prostorije u datoteku (eng. *Save room to file*) i odabrati prostoriju za koju je potrebno napraviti proračun. Nakon toga odabire se opcija otvaranja datoteke u Relux-u čime se automatski otvara Relux. Nakon odabira svjetiljki i proračuna rasvjete u Relux-u, potrebno je samo spremi proračun i vratiti se natrag u DDSCAD gdje se odabire opcija otvori datoteku (eng. *Open file*). DDSCAD je tada uvezao položaj svjetiljki i njihov naziv, ali je potrebno još unutar programa napraviti poveznicu između uvezene svjetiljke i svjetiljke koja će biti stavljena u projekt. Za to se odabiru tri točkice u donjem desnom kutu. Može se odabrati neka od već definiranih svjetiljki ili se može napraviti nova s točnim specifikacijama kao i stvarna svjetiljka. Na kraju se pritisne „umetni uvezene svjetiljke“ (eng. *Place imported lamps*) i proces proračuna rasvjete za jednu prostoriju je završen. Isto je potrebno ponoviti za ostale prostorije i povezati svjetiljke kabelom na sklopke i glavni razvodni ormar. Krajnji rezultat proračuna rasvjete ureda prikazan je na slikama 4.18 i 4.19.



Slika 4.17 Izvoz i uvoz proračuna u Relux



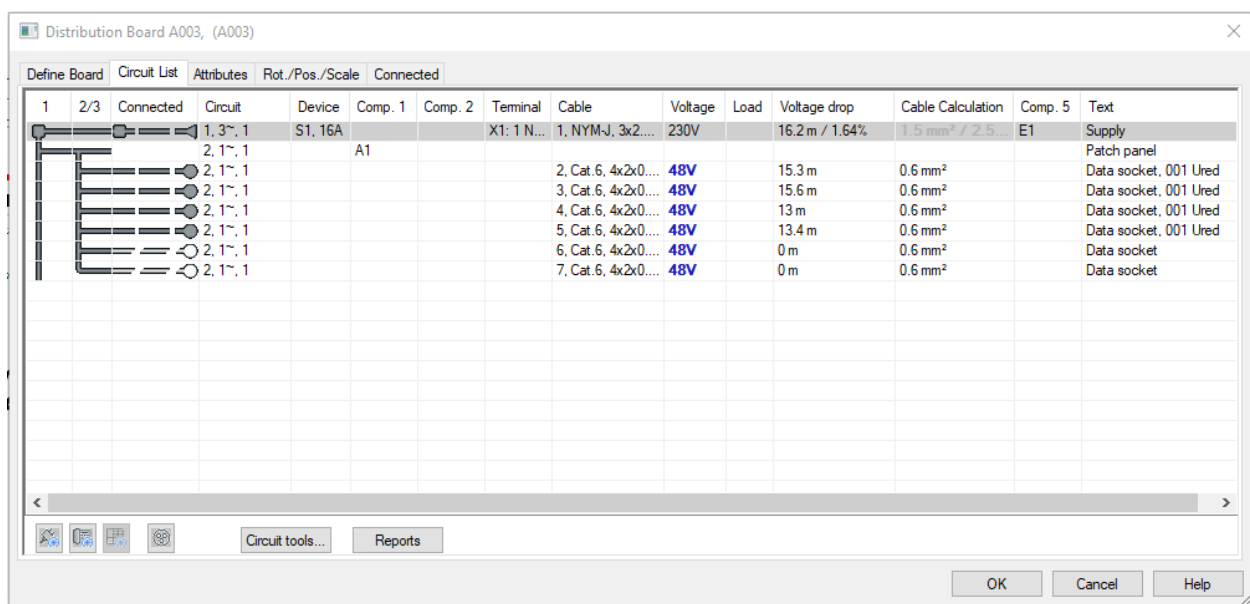
Slika 4.18 Rasvjeta ureda 2D



Slika 4.19 Rasvjeta ureda 3D

## 4.7. Elektronička komunikacijska instalacija

Elektronička komunikacijska instalacija (EKI) je neizostavni dio svakog objekta jer omogućuje povezivanje na internet, međusobnu komunikaciju uređaja na mreži (računala, printeri, ploteri, videonadzor) i pristup serverima. EKI se u DDSCAD projekt implementira odabirom opcije telefon i podaci (eng. *Telephone and Data*), a EK razvodni ormar definira se kao i energetski razvodni ormar. Unutar „*Telephone and Data*“ skočnog prozora odabire se željena vrsta informatičke priključnice i povezuje Cat.6 kabelom na EK ili na RACK razvodni ormar. Unutar EK ormara ugrađuje se ruter, razdjelnik (eng. *Switch*) i prespojni panel (eng. *Patch panel*) prema slici 4.20.



The screenshot shows a software window titled "Distribution Board A003, (A003)". It features a circuit diagram on the left and a data table on the right. The table has columns for "1", "2/3", "Connected", "Circuit", "Device", "Comp. 1", "Comp. 2", "Terminal", "Cable", "Voltage", "Load", "Voltage drop", "Cable Calculation", "Comp. 5", and "Text".

1	2/3	Connected	Circuit	Device	Comp. 1	Comp. 2	Terminal	Cable	Voltage	Load	Voltage drop	Cable Calculation	Comp. 5	Text
			1. 3*, 1	S1, 16A			X1: 1 N...	1, NYM-J, 3x2...	230V		16.2 m / 1.64%	1.5 mm <sup>2</sup> / 2.5...	E1	Supply
			2. 1*, 1	A1										Patch panel
			2. 1*, 1					2, Cat. 6, 4x2x0....	48V		15.3 m	0.6 mm <sup>2</sup>		Data socket, 001 Ured
			2. 1*, 1					3, Cat. 6, 4x2x0....	48V		15.6 m	0.6 mm <sup>2</sup>		Data socket, 001 Ured
			2. 1*, 1					4, Cat. 6, 4x2x0....	48V		13 m	0.6 mm <sup>2</sup>		Data socket, 001 Ured
			2. 1*, 1					5, Cat. 6, 4x2x0....	48V		13.4 m	0.6 mm <sup>2</sup>		Data socket, 001 Ured
			2. 1*, 1					6, Cat. 6, 4x2x0....	48V		0 m	0.6 mm <sup>2</sup>		Data socket
			2. 1*, 1					7, Cat. 6, 4x2x0....	48V		0 m	0.6 mm <sup>2</sup>		Data socket

Slika 4.20 EK ormar

## 4.8. Sustav za zaštitu od udara munje

Sustav za zaštitu od udara munje (eng. *Lightning Protection System LPS*) sastoji se od uzemljivača, gromobranske prihvatne instalacije na krovu te zemljovoda koji povezuju uzemljivač i gromobransku instalaciju.

### 4.8.1. Uzemljivač

Uzemljivač su svi metalni vodljivi dijelovi u zemlji preko kojih uzemljeni dijelovi električne instalacije nekog objekta ostvaruju spoj sa zemljom. Može biti temeljni, trakasti, štapni, mrežasti, kuglasti, polukuglasti i složeni koji je kombinacija dva ili više navedenih uzemljivača. Ovisno o vrsti, vlažnosti i temperaturi tla, vrsti i dimenzijama uzemljivača u zemlji, mogu se

dobiti različite vrijednosti otpora rasprostiranja. Otporom rasprostiranja  $R_r$  smatra se otpor koji daje ona zemlja koja je između uzemljivača i prostora u kojem se struja širi kroz toliki presjek tla da njezina gustoća postaje vrlo mala [4]. Proračun i instalacija uzemljivača je obavezni dio projekta elektrotehničke instalacije. Zbog sigurnosti, prema posebnom propisu, otpor rasprostiranja ne smije biti veći od  $10 \Omega$ . Na predmetnom objektu izvest će se kombinacija temeljnog i trakastog uzemljivača.

Temeljni uzemljivač izvodi se od pocinčane čelične trake FeZn  $25 \times 4$  mm. Postavlja se u beton na visini 10 cm od zemlje tako da uzemljivač čini zatvoreni prsten. Temeljni uzemljivač spaja se sa željeznom armaturom armiranobetonske konstrukcije spojnicama ili zavarivanjem.

Duljina betonskog temelja u kojem se nalazi traka iznosi 90 m, za dubinu 0,8 m i širinu 0,6 m obujam temelja prema [4] iznosi:

$$V = a \cdot b \cdot l = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 90 = 43,2 \text{ m}^3 \quad (3-1)$$

gdje je:

- $V$  – volumen temelja [ $\text{m}^3$ ]
- $a$  – dubina temelja [m]
- $b$  – širina temelja [m]
- $l$  – duljina uzemljivača u temelju [m]

Promjer polukugle  $d$  za koju se zamišlja da je jednakog obujma kao i betonski temelj u koji je ugrađen metalni vodič temeljnog uzemljivača iznosi:

$$d = 1,57 \cdot \sqrt[3]{V} = 1,57 \cdot \sqrt[3]{43,2} = 5,51 \text{ m} \quad (3-2)$$

Otpor rasprostiranja temeljnog uzemljivača  $R_{z1}$ :

$$R_{z1} = \frac{\rho_z}{\pi \cdot d} = \frac{100}{\pi \cdot 5,51} = 5,78 \Omega \quad (3-3)$$

gdje je:

- $\rho_z$  – specifični otpor tla [ $\Omega\text{m}$ ]
- $d$  - promjer polukugle za koju se zamišlja da je jednakog obujma kao i betonski temelj u koji je ugrađen metalni vodič temeljnog uzemljivača

S obzirom da se radi o poslovnom prostoru, prema posebnom propisu obavezna je ugradnja sustava za zaštitu od udara munje barem razine IV. Kod LPS IV razmak između nasuprotnih vodova uzemljivača u zemlji ne smije biti veći od 20 m pa je potrebno postaviti traku od nehrđajućeg čelika Inox V4A 30 × 3,5 mm u zemlju kroz sredinu objekta kako se može vidjeti na slici 4.26.

Otpor rasprostiranja trake u zemlji  $R_{z2}$  iznosi:

$$R_{z2} = \frac{\rho_z}{2 \cdot \pi \cdot l} \left( \ln \left[ \frac{l^2}{2 \cdot d} \right] \right) = \frac{100}{2 \cdot \pi \cdot 20} \left( \ln \left[ \frac{20^2}{2 \cdot 0,015} \right] \right) = 8,29 \Omega \quad (3-4)$$

gdje je:

- $\rho_z$  – specifični otpor tla [ $\Omega\text{m}$ ]
- $l$  – duljina trake [m]
- $d$  – pola širine trake [m]

Ukupni otpor rasprostiranja izračuna se kao zbroj paralelno spojenih otpora:

$$R_z = \frac{R_{z1} \cdot R_{z2}}{R_{z1} + R_{z2}} = \frac{5,78 \cdot 8,29}{5,78 + 8,29} = 3,41 \Omega \quad (3-5)$$

Potreban otpor uzemljenja za instalaciju iznosi:

$$R \leq \frac{U_{sig}}{I_{\Delta N}} = \frac{50}{0,03} = 1666,7 \Omega \quad (3-6)$$

gdje je:

- $U_{sig}$  – dopušteni trajni dodirni izmjenični napon [V]
- $I_{\Delta N}$  – nazivna diferencijalna struja zaštitnog uređaja diferencijalne struje [A]

Otpor uzemljenja prema proračunu iznosi:

$$R_z = 3,41 \Omega < R = 1666,7 \Omega \Rightarrow \text{ZADOVOLJAVA}$$

Iz proračuna se također vidi da je prema normi HRN EN 62305 uvjet  $R_z \leq 10 \Omega$  zadovoljen.

Pošto je željezo postavljeno u temeljne stope zgrade i u zemlju, za proračun uzimamo pocinčanu traku u betonu FeZn 25 × 4 mm i traku od nehrđajućeg čelika Inox V4A 30 × 3,5 mm čiji su ekvivalentni polumjeri za dva prstena veličina 20 × 12,5 prikazani u jednadžbi 3-7.

$$r_{e1} = r_{e2} = \sqrt{\frac{20 \cdot 12,5}{\pi}} = 8,92 \Omega \quad (3-7)$$

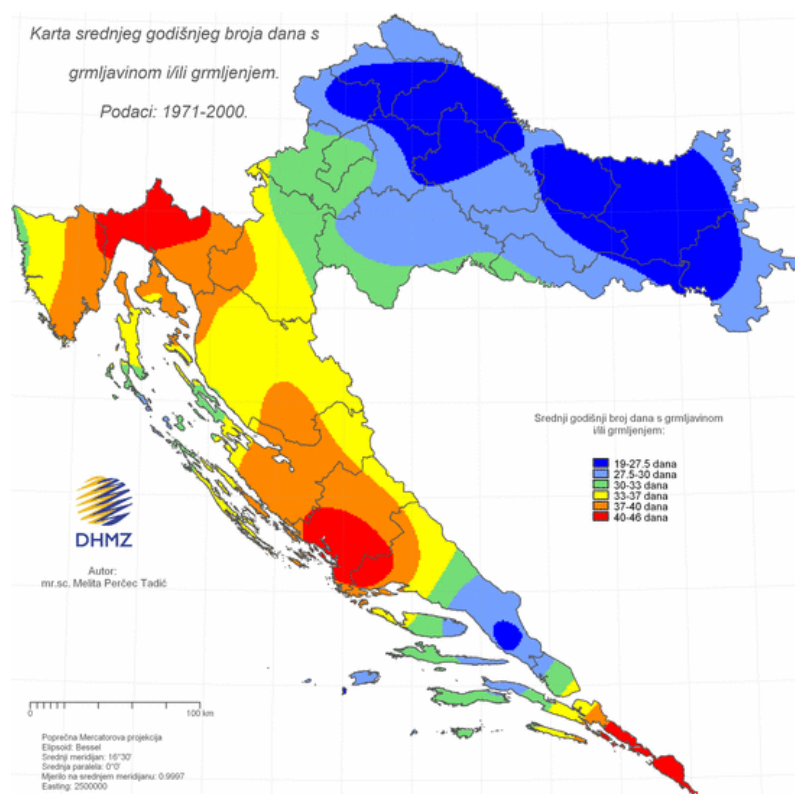
Ukupni ekvivalentni polumjer za oba prstena iznosi:

$$r_e = r_{e1} + r_{e2} = 8,92 + 8,92 = 17,84 \Omega \quad (3-8)$$

Za LPS IV dovoljna je duljina uzemljivača  $l_I = 5$  m za sve otpornosti tla. Dakle, uvjet da mora biti  $l_I \leq r_e$  je zadovoljen.

#### 4.8.2. Gromobrnska instalacija

Prema izokerauničkoj karti Republike Hrvatske (slika 4.21) na lokaciji promatrane zgrade broj grmljavinskih dana iznosi 27,5 – 30 dana/godišnje s 50% vjerojatnosti. Radi sigurnosti u proračun procjene rizika uzeta je gustoća udara munje  $Nd = 4$  udara munje/km<sup>2</sup>god.



Slika 4.21 Izokeraunička karta Republike Hrvatske [5]

Zgrada ima poslovnu namjenu. Nalazi se u predgradskom okruženju. Najveća visina od zemlje do vrha je 5,55 m, uz najveće dimenzije tlocrta 25 × 20 m. Pokrov zgrade je ravni krov na koji će biti postavljeni prihvatni vodovi iz aluminijskog vodiča AlMgSi 0,5 Ø 8 mm. Odvodne

vodove izvesti iz pocinčane čelične trake FeZn 20 × 3 mm položene uz vertikalne armirano-betonske stupove zgrade, te do uzemljivača položiti vodove od pocinčane čelične trake FeZn 25 × 4 mm također uz armirano-betonske stupove zgrade. Za LPS IV razmak između susjednih zemljovoda ne smije iznositi više od 20 m.

Zgrada je zaštićena sustavom zaštite razine IV, za koji uzimamo amplitudu struje munje  $I = 100$  kA. Nadalje računa se koeficijent raspodjele struje munje među vodičima odvoda  $k_c$  koji za prstenasti uzemljivač iznosi:

$$k_c = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{c}{h}} = \frac{1}{2 \cdot 6} + 0,1 + 0,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{20}{5,55}} = 0,490 \quad (3-9)$$

gdje je:

- $n$  – broj zemljovoda
- $c$  – razmak između zemljovoda [m]
- $h$  – visina od zemlje do ruba krova

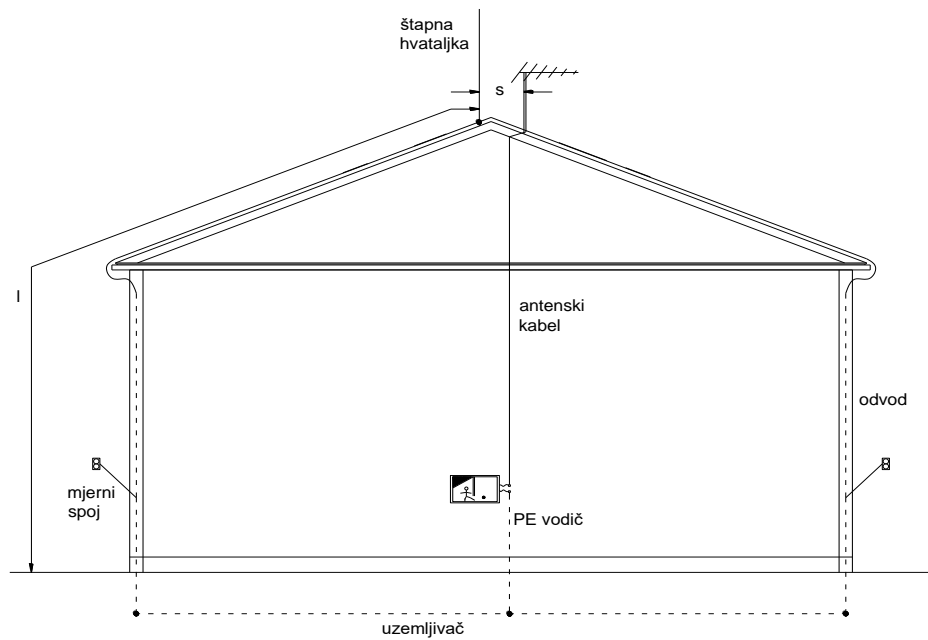
Sa strujom munje amplitude 100 kA u najgorem slučaju će kroz pojedini odvod poteći struja:

$$i_p = k_c \cdot I = 0,490 \cdot 100 = 49,0 \text{ kA} \quad (3-10)$$

Iznos sigurnosnog razmaka provjerit će se na pretpostavljenoj štapnoj hvataljki na krovu zgrade. Štapne se hvataljke postavljaju za zaštitu opreme na krovu. Tako nastaju petlje koja se zatvaraju preko zaštitnog vodiča uređaja spojenog na uzemljenje.

Električna izolacija između hvataljke ili odvoda i unutarnjih sustava može se postići odmicanjem promatranih dijelova na udaljenost koja je veća od sigurnosne udaljenosti (slika 4.22).





Slika 4.22 Sigurnosni razmak

Za promatrani slučaj sigurnosni razmak  $s$  iznosi:

$$s = k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot l = 0,04 \cdot \frac{0,44}{1} \cdot 15 = 0,26 \text{ m} \quad (3-11)$$

gdje je:

- $k_i$  – koeficijent koji ovisi o izabranoj vrsti LPS-a
- $k_c$  – konstanta za sigurnosni razmak
- $k_m$  – metalni dio odvojen zrakom ili izolacijom

Na sustav zaštite od munje spojiti sve metalne dijelove konstrukcije. Sve spojeve sustava zaštite od munje izvoditi standardnim elementima, odnosno zavarivanjem ili tvrdim lemljenjem, spojeve očistiti i antikorozijski zaštititi.

Sustav je potrebno održavati na način propisan Tehničkim propisom za sustave zaštite od djelovanja udara munje na građevinama NN 87/08 i NN 33/10 prilog C i normama na koje upućuje. Tablica 4.4 prikazuje rokove pregleda i ispitivanja sustava za zaštitu od udara munje.

Tablica 4.4 Tablica rokova redovitih pregleda i ispitivanja sustava

Razina zaštite sustava	Razdoblje između pregleda	Razdoblje između ispitivanja i mjerenja	Razdoblje između pregleda kritičnih dijelova*
I	1 godina	2 godine	1 godina
II	1 godina	4 godine	2 godine
<b>III,IV</b>	<b>2 godine</b>	<b>6 godina</b>	<b>3 godine</b>

\*(npr. Dijelovi sustava zaštite koji su izloženi jakim mehaničkim naprezanjima i hrđanju, spojevi na unutarnjem sustavu zaštite, spojevi na sabirnicama za izjednačavanje potencijala, spojevi s kablskim oklopima, stanje odvodnika prenapona (SPD), stanje iskrišta za odvajanje, spojevi na cjevovodima i sl.)

Izvanredni pregled sustava provodi se nakon svake promjene na sustavu, nakon svakog izvanrednog događaja koji može utjecati na tehnička svojstva sustava ili izaziva sumnju u uporabljivost sustava te po zahtjevu iz inspeksijskog nadzora.

Dokumentaciju o pregledima i ugradnji dijelova sustava kao i drugu dokumentaciju o održavanju sustava dužan je trajno čuvati vlasnik građevine. Uporabni vijek elektrotehničkih instalacija predviđenih ovim projektom je 30 godina.

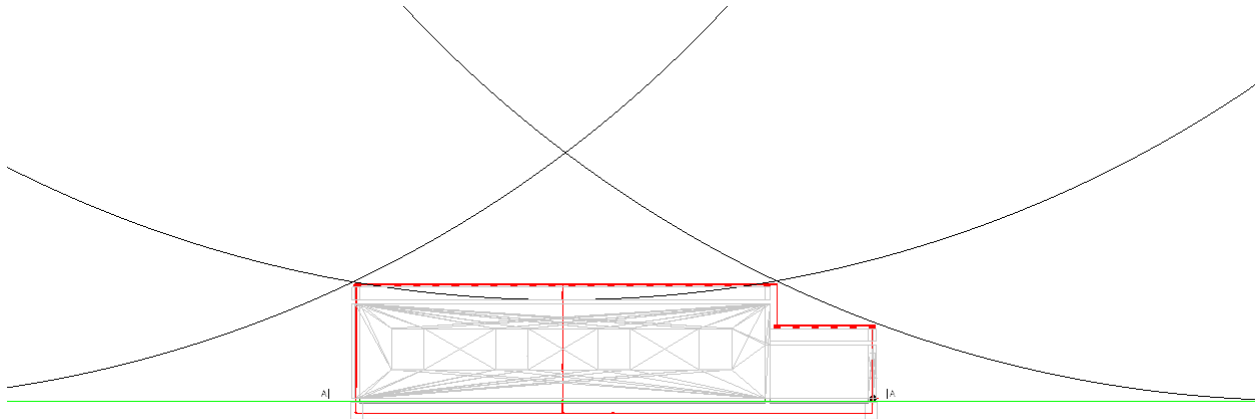
Projektiranje gromobrana u DDSCAD-u uvelike je olakšalo posao jer pruža trodimenzionalni uvid u oblik građevine, dok se do sada nacрте moglo vidjeti samo u dvije dimenzije. Može se napraviti i dijagonalni presjek građevine, dok su arhitekti do sada radili samo horizontalni i vertikalni presjek. Slika 4.23 prikazuje simbol koji je potrebno odabrati za izradu presjeka građevine.



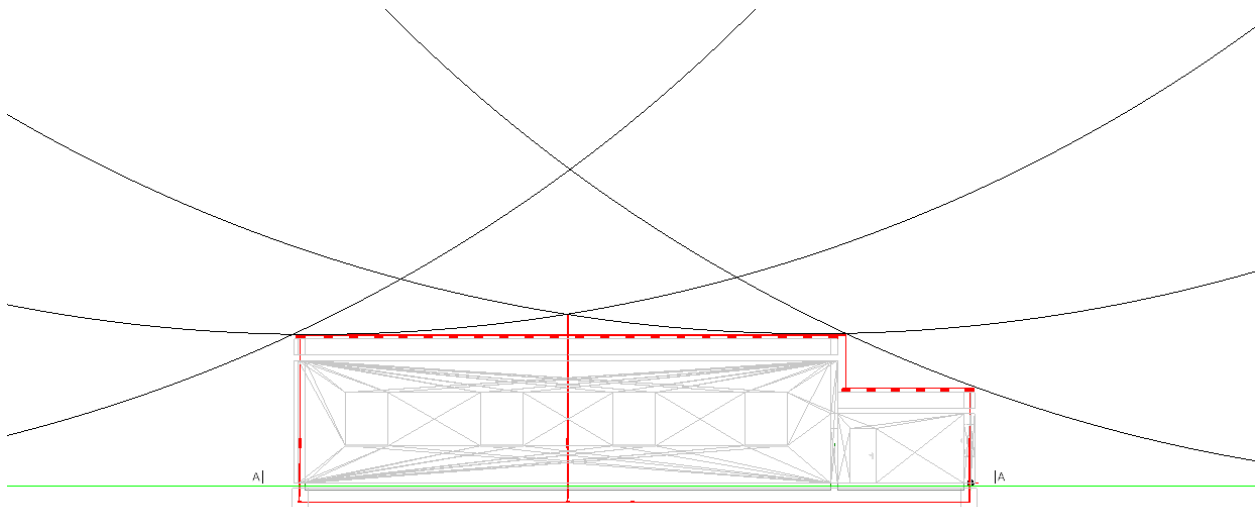
Slika 4.23 Tipka za izradu presjeka građevine

Držanjem tipke „Ctrl“ i desnim klikom miša na crtu možemo odabrati da se željena crta produži kao pomoćna crta (eng. *Extend as Help line*) na slici 4.24 označena zelenom bojom.

Pravilom kotrljajuće kugle, čiji polumjer za LPS IV iznosi 60 m, vidi se gdje je potrebno staviti gromobransku instalaciju i koji su dijelovi zaštićeni. Slika 4.24 prikazuje građevinu bez štapne hvataljke i vidi se da bi moglo doći do udara munje u građevinu ukoliko ne se ne stavi štapna hvataljka duljine 1,5 m na sredinu krova građevine kao što je prikazano na slici 4.25. Dodatnim kuglama potvrđena je potpuna zaštićenost građevine.



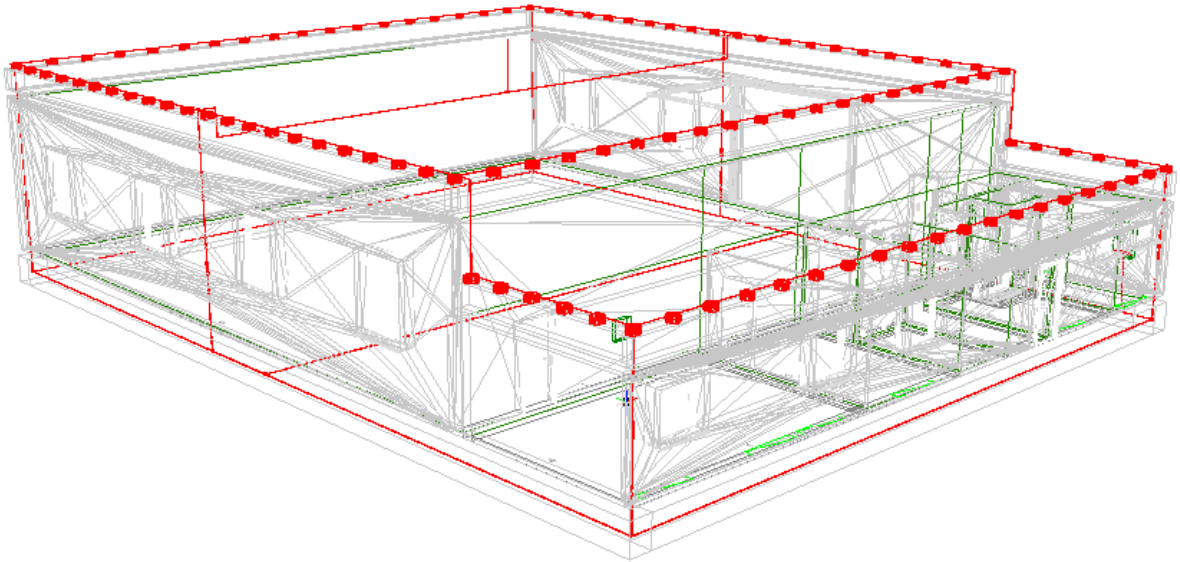
Slika 4.24 Projektiranje gromobrana pravilom kotrljajuće kugle



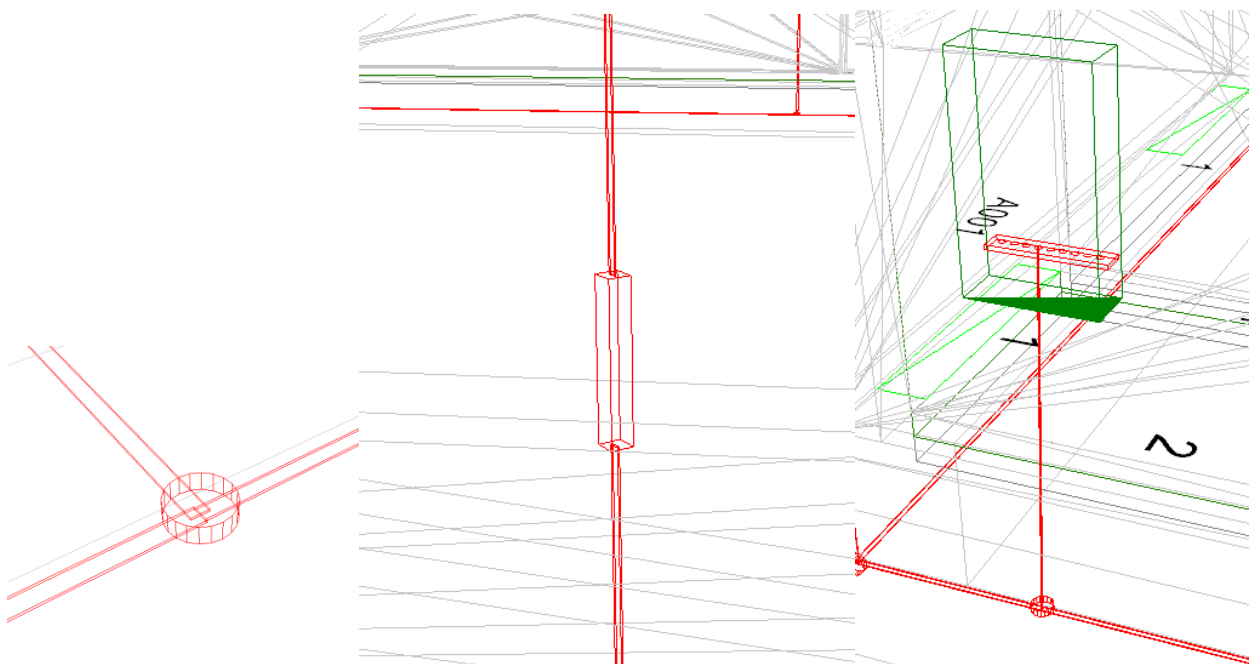
Slika 4.25 Gromobranska instalacija nakon dodavanja štapne hvataljke

Cjelokupni sustav za zaštitu od udara munje može se vidjeti u 3D obliku na slici 4.26. U temelju zgrade nalazi se uzemljivač, na krovu se nalazi prihvatna gromobranska instalacija, vertikalna poveznica između gromobrana i uzemljivača su zemljovodi. Na zemljovodima se na visini 1,5 m vide mjerni spojevi potrebni za provjeru ispravnosti LPS sustava. Unutar KPMO ormara postavljena je sabirnica za glavno izjednačenje potencijala koja također može biti

postavljena u zasebni ormarić. Na mjestima gdje se instalacija grana potrebno je koristiti križne spojnice. Da bi sustav za zaštitu od udara munje bio potpun, potrebno je u KPMO ugraditi odvodnik prenapona tip I, a u glavni razvodni ormar odvodnik prenapona tip II. Prikaz križne spojnice, mjernog spoja i sabirnice za izjednačenje potencijala u programu DDSCAD vide se na slici 4.27.



Slika 4.26 Sustav za zaštitu od udara munje



Slika 4.27 Križna spojnica (lijevo), mjerni spoj (sredina) i glavno izjednačenje potencijala (desno)

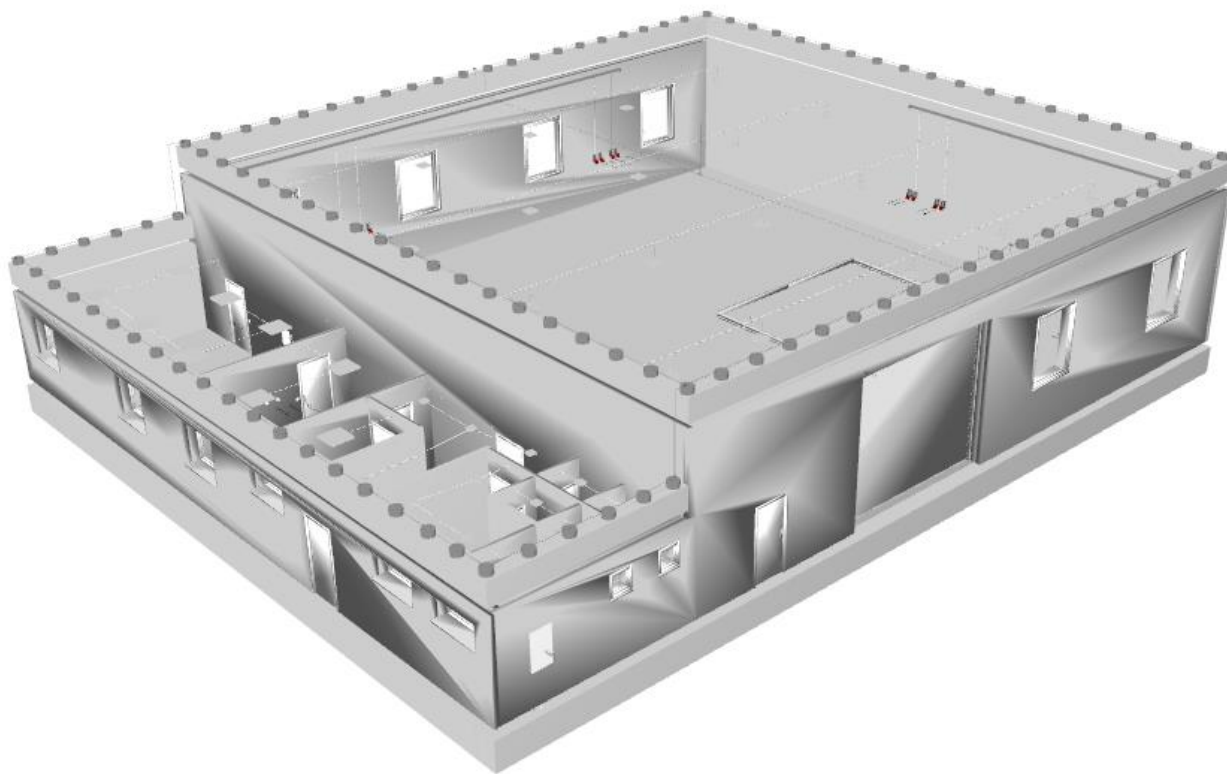
## **4.9. TEHNIČKA RJEŠENJA ZA ZAŠTITU OD POŽARA**

Zaštita od požara provodi se sa svrhom sprečavanja nastanka požara i eksplozija. Projektom su dana sljedeća rješenja za sprečavanje nastanka požara i eksplozija:

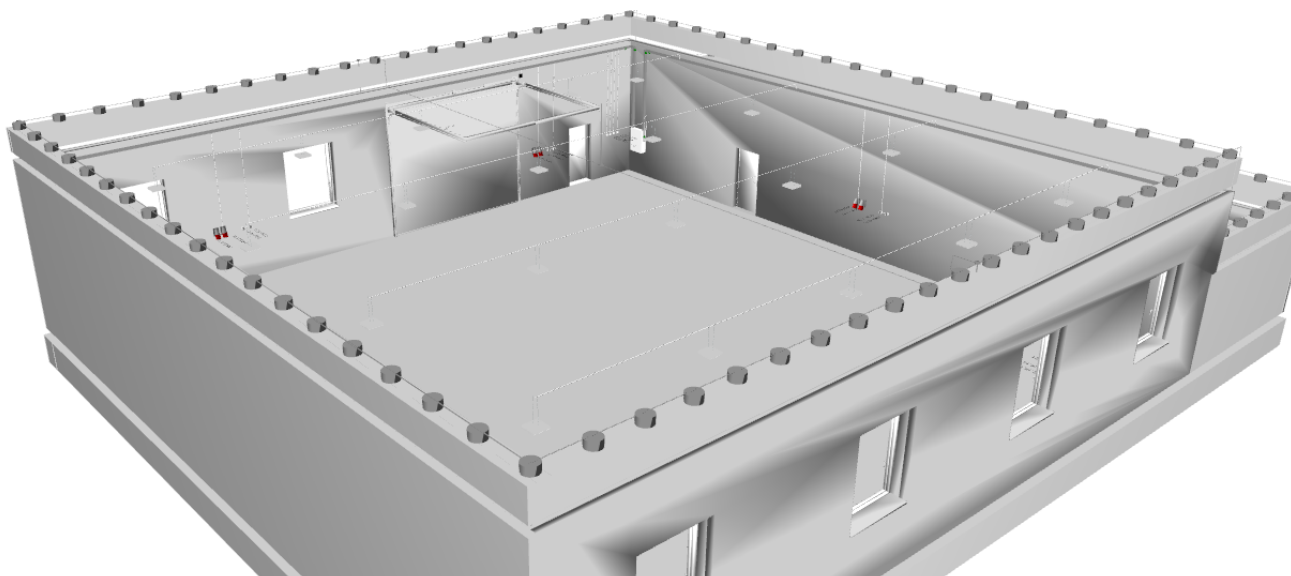
- Temeljni zahtjev zaštite od požara i eksplozije je pravilan izbor vodova i oprema, te korištenje istih u njihovim nazivnim vrijednostima.
- Projektirani vodovi i oprema odabrani su tako da ne predstavljaju opasnost za izvor i prijenos požara.
- Vodovi i oprema su izrađeni prema normama, a od teško zapaljivog materijala.
- Predviđena tehnička rješenja glavnim projektom su takva da električna instalacija u ispravnoj eksploataciji (redovito održavanje, pregledi i ispitivanja ) neće predstavljati izvor opasnosti od požara.

Razvrstavanjem građevine u odgovarajuću razinu zaštite i procjenu rizika pri udaru munje, prema Tehničkom propisu za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama (NN 87/08 i 33/10) i HRN EN 62305-1:2013, HRN EN 62305-2:2013, HRN EN 62305-3:2013, HRN EN 62305-4:2013, HRN EN 61663-1:2003, HRN EN 61663-2:2003, HRN CLC/TR 50469:2009, dovoljna zaštita na građevini je izvedba izjednačenje potencijala da bi se anulirao opasni napon dodira i napon koraka, no kao dodatna zaštita predviđen je sustav zaštite od munje (LPS IV).

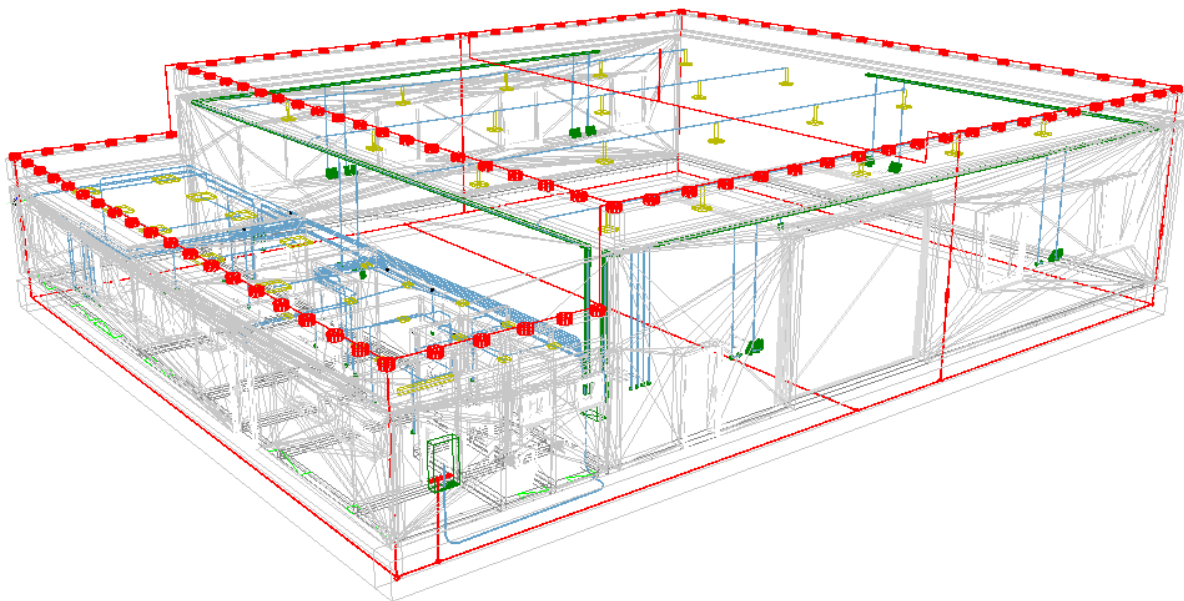
#### 4.10. PREGLED ZAVRŠENE GRAĐEVINE



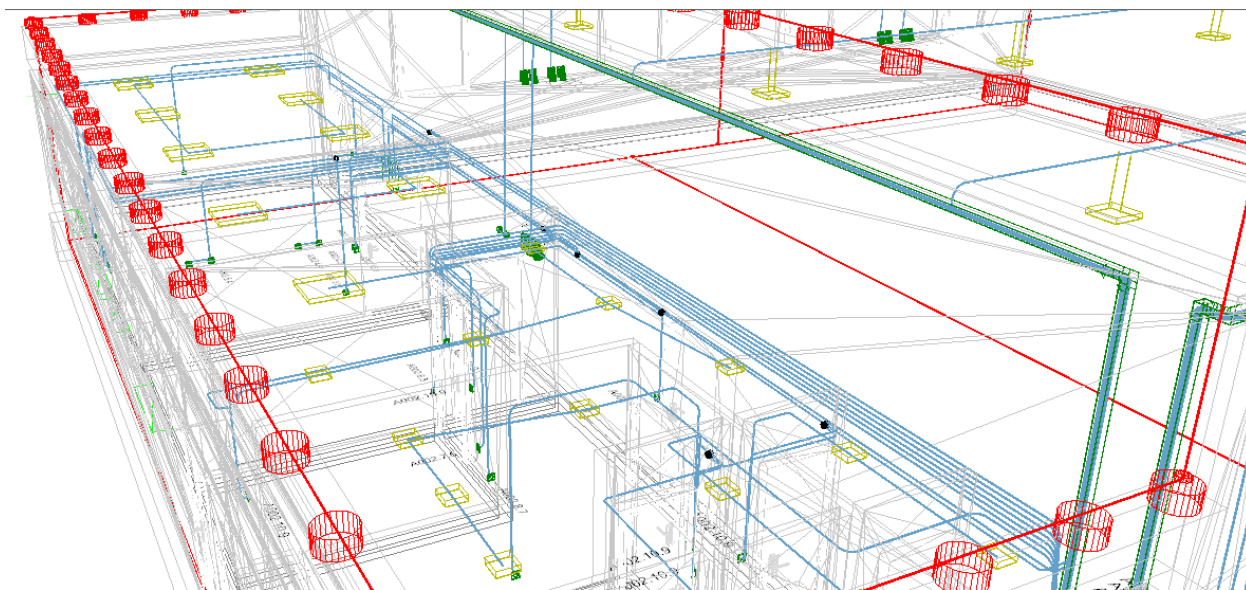
Slika 4.28 3D prikaz građevine



Slika 4.29 3D prikaz građevine



Slika 4.30 3D prikaz građevine



Slika 4.31 3D prikaz građevine

Distribution Board A002, (A002)

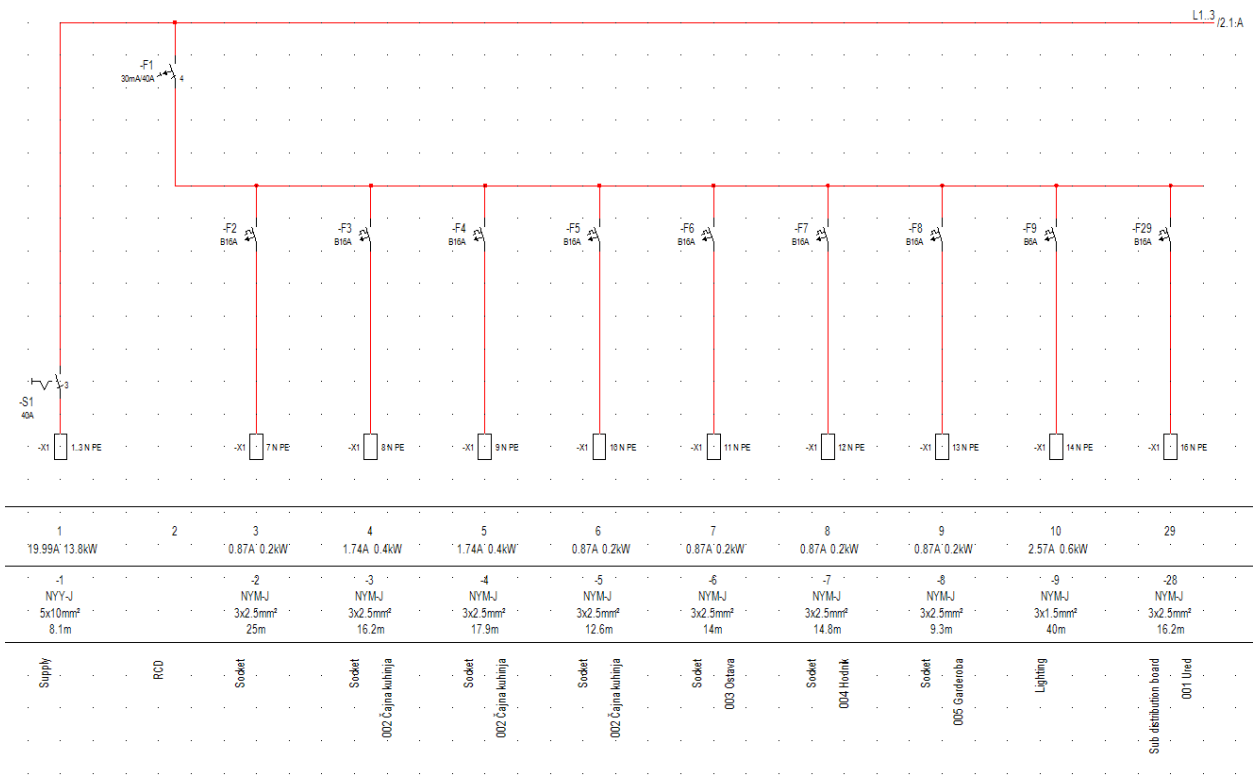
Define Board | Circuit List | Attributes | Rot./Pos./Scale | Connected

1	2/3	Connected	Circuit	Device	Comp. 1	Comp. 2	Terminal	Cable	Voltage	Load	Voltage drop	Cable Calculation	Comp. 5	Text
			1, 3~ 1	S1, 40A			X1: 1...3...	1, NYY-J, 5x10...	400V	19.9...	8.1 m / 0.25%	10 mm <sup>2</sup> / 10 ...	E1	Supply
			2, 3~	F1, 40A			X1: 7 N...	2, NYM-J, 3x2...	230V	0.87A	25 m / 2.73%	2.5 mm <sup>2</sup> / 2.5 mm <sup>2</sup>	Z1	Socket
			3, 1~ 1	F2, 16A			X1: 8 N...	3, NYM-J, 3x2...	230V	1.74A	16.2 m / 1.85%	1.5 mm <sup>2</sup> / 2.5 mm <sup>2</sup>	Z2	Socket, 002 Čajna kul
			4, 1~ 1	F3, 16A			X1: 9 N...	4, NYM-J, 3x2...	230V	1.74A	17.9 m / 2.02%	1.5 mm <sup>2</sup> / 2.5 mm <sup>2</sup>	Z3	Socket, 002 Čajna kul
			5, 1~ 1	F4, 16A			X1: 10 ...	5, NYM-J, 3x2...	230V	0.87A	12.6 m / 1.50%	1.5 mm <sup>2</sup> / 2.5 mm <sup>2</sup>	Z4	Socket, 002 Čajna kul
			6, 1~ 1	F5, 16A			X1: 11 ...	6, NYM-J, 3x2...	230V	0.87A	14 m / 1.63%	1.5 mm <sup>2</sup> / 2.5 mm <sup>2</sup>	Z5	Socket, 003 Ostava
			7, 1~ 1	F6, 16A			X1: 12 ...	7, NYM-J, 3x2...	230V	0.87A	14.8 m / 1.72%	1.5 mm <sup>2</sup> / 2.5 mm <sup>2</sup>	Z6	Socket, 004 Hodnik
			8, 1~ 1	F7, 16A			X1: 13 ...	8, NYM-J, 3x2...	230V	0.87A	9.3 m / 1.17%	1.5 mm <sup>2</sup> / 2.5 mm <sup>2</sup>	Z7	Socket, 005 Garderob
			9, 1~ 1	F8, 16A			X1: 14 ...	9, NYM-J, 3x1...	230V	2.57A	40 m / 2.72%	1.5 mm <sup>2</sup> / 1.5 mm <sup>2</sup>	Z8	Lighting
			10, 1~ 1	F9, 6A			X1: 16 ...	28, NYM-J, 3x2...	230V	2.1	8.2 m / 0.36%	1.5 mm <sup>2</sup> / 2.5 mm <sup>2</sup>	Z27	Sub distribution board,
			11, 3~	F29, 1...										RCD
			12, 1~ 1	F10, 4...			X1: 15 ...	10, NYM-J, 3x2...	230V	1.74A	16.3 m / 1.86%	1.5 mm <sup>2</sup> / 2.5 mm <sup>2</sup>	Z9	Socket, 011 Hala
			13, 1~ 1	F11, 1...			X1: 16 ...	11, NYM-J, 3x2...	230V	1.74A	9.8 m / 1.22%	1.5 mm <sup>2</sup> / 2.5 mm <sup>2</sup>	Z10	Socket, 011 Hala
			14, 1~ 1	F12, 1...			X1: 17 ...	12, NYM-J, 3x2...	230V	1.74A	20.8 m / 2.31%	2.5 mm <sup>2</sup> / 2.5 mm <sup>2</sup>	Z11	Socket, 011 Hala
			15, 1~ 1	F13, 1...			X1: 18 ...	13, NYM-J, 3x2...	230V	1.74A	35 m / 0.63%	1.5 mm <sup>2</sup> / 2.5 mm <sup>2</sup>	Z12	Socket, 011 Hala
			16, 1~ 1	F14, 1...			X1: 19 ...	14, NYM-J, 3x2...	230V	1.7...	30.3 m / 0.58%	1.5 mm <sup>2</sup> / 2.5 mm <sup>2</sup>	Z13	Socket, 011 Hala
			17, 1~ 1	F15, 1...			X1: 20 ...	15, NYM-J, 3x4...	230V	1.74A	39.6 m / 2.70%	4 mm <sup>2</sup> / 4 mm <sup>2</sup>	Z14	Socket, 011 Hala
			18, 1~ 1	F16, 1...			X1: 21	16, NYM-J, 3x2...	230V	2.1	8.2 m / 0.36%	1.5 mm <sup>2</sup> / 2.5 mm <sup>2</sup>	Z15	Garage door motor 01

Circuit tools... Reports

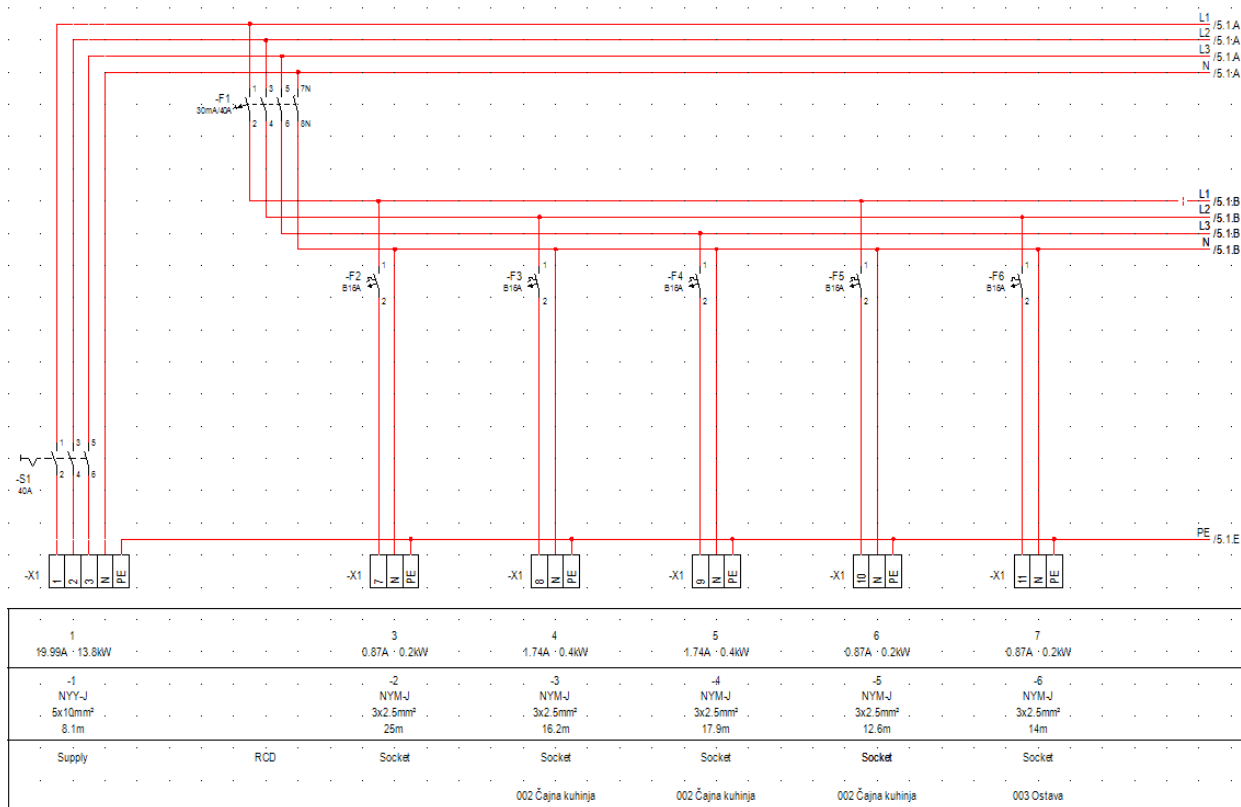
OK Cancel Help

Slika 4.32 Glavni razvodni ormar



Slika 4.33 Jednopolna shema jednog dijela glavnog razvodnog ormara





Slika 4.34 Tropolna shema jednog dijela glavnog razvodnog ormara

Tablica 4.5 Troškovničke stavke

PVC insulated Cu cable NYM 3x1,5 mm <sup>2</sup>	288,611	m
PVC insulated Cu cable NYM 3x2,5 mm <sup>2</sup>	269,508	m
PVC insulated Cu cable NYM 3x4 mm <sup>2</sup>	40,815	m
PVC insulated Cu cable NYM 5x2,5 mm <sup>2</sup>	156,904	m
Power cable NYJ-J 5x10 mm <sup>2</sup>	8,517	m
Data network cable Cat.6 8 pairs	58,823	m
Binding post	18	pcs
Electrical connection miscellaneous	1	pcs
Flush mounted socket single	6	pcs
Flush mounted socket, hinged cover	4	pcs
Wall mounted in damp location socket single	6	pcs
Wall mounted in damp location CEE socket 3x32 A 3 pole 230 V	6	pcs
Wall mounted in damp location CEE socket 5x16 A 5 pole	12	pcs
Wall mounted socket triple	2	pcs
Data distribution board	1	pcs
Unit for kWh meter and fuse units 2 RU 950x550x205 mm	1	pcs
Distribution board 120 RU 800x550x275 mm	1	pcs
Flush mounted switch	5	pcs
Flush mounted universal switch	6	pcs
Flush mounted intermediate switch	1	pcs

Wall mounted switch	4	pcs
LED surface mounted 22W IP69	1	pcs
LED flush mounted 17W	8	pcs
LED flush mounted 22W	5	pcs
LED flush mounted 36W	9	pcs
LED suspended 190W	20	pcs
	22,092	m
Conduit bend DN 25	8	pcs
Conduit PVC DN-25 FBY-EL flexible light	84,45	m
Conduit PVC DN-25 FBY-EL-F flexible light non flame propagating	38,413	m
Armored PVC conduit DN-50 FFKuS-ES-F-UV flexible heavy UV protected	7,971	m
PVC-U conduit DN-25 isofix-EL-F plain light non flexible	98,179	m
Junction box round 60 mm, depth 46 mm, 4x connections on the side, conduit size max DN 25	7	pcs
Potential equalization bar 4 connections	1	pcs
Lightning rod l=1,5 m	1	pcs
Data socket Cat.6 2x RJ45 flush mounted	4	pcs
Bend for cable tray, height 60 mm, width 100 mm	2	pcs
Plate for cable tray, height 60 mm, width 100 mm	1	pcs
Cable tray, height 60 mm, width 100 mm	70,474	m
Vertical bend for cable tray, height 60 mm, width 100 mm, normal	2	pcs
Disconnecting point box vertical mounted	6	pcs
Bar 25x3,0 mm galvanised steel	2,025	m
Bar 30x4,0 mm galvanised steel	2,441	m
Bar 30x3,5 mm stainless steel V4A	20,158	m
Circular conductor 8 mm aluminium	116,126	m
Bar 25x4,0 mm galvanised steel	100,052	m
Bar 20x3,0 mm galvanised steel	39,349	m

## ZAKLJUČAK

Svakodnevnim napretkom tehnologije i novim otkrićima u svijetu sigurnosti i zaštite dolazi se do novih načina zaštite ljudskih života, opreme i objekata. Kako bi se ta otkrića primjenjivala u praksi, potrebno ih je zakonski propisati. Među mnogobrojnim propisima i normama, kao pomoć projektantima u poštivanju propisa ističe se programski alat DDSCAD koji je razvila tvrtka GRAPHISOFT. Kao najveće prednosti ističu se proračuni struja osigurača, opterećenja i padova napona koji osiguravaju da će baš svaki kabel, sklopka ili utičnica biti propisno projektirani i odabrani. To povećava brzinu izrade projekta i sigurnost instalacije. Uz mogućnosti projektiranja rasvjete, elektroničke komunikacijske instalacije, sustava za zaštitu od udara munje i vatrodojavnog sustava DDSCAD obuhvaća sve elemente koje projekt elektrotehničke instalacije mora sadržavati. Kao pomoć izvođačima u spajanju projektirane opreme, nudi automatsko generiranje jednopolnih i trolnih shema razvodnih ormara. Uz kombinaciju sa sličnim programima za arhitektonske, građevinske i strojarske projektante pruža i 3D pregled objekta i svih instalacija kako bi se osiguralo da npr. instalacije plina i električne instalacije neće biti u koliziji.

U Republici Hrvatskoj program se još nije probio na tržište zbog cijena projekata koje su preniske da bi se prešlo na napredne alate koji iako povećavaju sigurnost, cjelokupno produljuju vrijeme izrade projekta. DDSCAD je program koji služi za izradu izvedbenog projekta, a većina jednostavnijih građevina ne zahtjeva izradu izvedbenog projekta nego se izvođenje radi na temelju glavnog projekta što je još jedan razlog zašto program nije u širokoj primjeni na tržištu. Sve češće javni natječaji složenijih objekata poput bolnica i trgovačkih centara zahtijevaju korištenje BIM programa iz čega se može zaključiti da je sve šira upotreba DDSCAD ili njemu sličnih programa u skoroj budućnosti neizbježna.

Prijedlozi za unapređenje programa bili bi: povećanje biblioteke komponenata programa, vjernije prikazivanje instalacije u 3D, mogućnost modeliranja tla kako bi se automatski izračunao otpor rasprostiranja uzemljivača i mogućnost proračuna fotonaponske elektrane.

## LITERATURA

- [1] »HRN EN 12464-1:2021 Svjetlo i rasvjeta - Rasvjeta radnih mjesta - 1. dio: Unutrašnji radni prostori«.
- [2] »Narodne Novine 5/10 Tehnički propis za niskonaponske električne instalacije«.
- [3] »Electrical Installation Guide, [https://www.electrical-installation.org/enwiki/Main\\_Page](https://www.electrical-installation.org/enwiki/Main_Page) , pristup: lipanj 2023.«.
- [4] F. Majdandžić, Uzemljivači i sustavi uzemljenja, Zagreb: Graphis, 2004.
- [5] »Državni hidrometeorološki zavod, [https://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_hrvatska&param=k1\\_7](https://meteo.hr/klima.php?section=klima_hrvatska&param=k1_7) , pristup: srpanj 2023.«.
- [6] »HRN CLC/TR 50469:2009 Sustavi zaštite od munje - Simboli«.
- [7] »Narodne Novine 33/10 Tehnički propis o izmjeni i dopuni tehničkog propisa za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama«.
- [8] »Narodne Novine 87/08 Tehnički propis za sustave zaštite od djelovanja munje na građevinama«.
- [9] »HRN EN 62305-1:2013 Zaštita od munje - 1. dio: Opća načela«.
- [10] »HRN EN 62305-2:2013 Zaštita od munje - 2. dio: Upravljanje rizikom«.
- [11] »HRN EN 62305-3:2013 Zaštita od munje - 3. dio: Materijalne štete na građevinama i opasnost za život«.
- [12] »HRN EN 62305-4:2013 Zaštita od munje - 4. dio: Električni i elektronički sustavi unutar građevina«.
- [13] »HRN EN 61663-2:2003 Zaštita od munje - Telekomunikacijski vodovi - 2. dio: Vodovi s kovinskim vodičima«.
- [14] »HRN EN 61663-1:2003 Zaštita od munje - Telekomunikacijski vodovi - 1. dio: Instalacije s optičkim vlaknima«.

## **SAŽETAK**

Cilj ovog diplomskog rada bilo je istraživanje prednosti i mana DDSCAD programa u odnosu na tradicionalne metode prilikom projektiranja industrijskog postrojenja. Automatiziranim proračunima struja, napona i opterećenja smanjuje mogućnost ljudske pogreške prilikom projektiranja i osigurava poštivanje propisa i normi. Obuhvatom svih kategorija električnih instalacija kao što su sustav za zaštitu od udara munje, elektronička komunikacijska instalacija i instalacija utičnica i rasvjete nudi cjelokupnu sliku projekta. Unatoč manama prilikom 3D prikaza električnih instalacija svejedno olakšava projektiranje većih i složenijih građevina dok se projektiranje manjih građevina, barem za sada, financijski i vremenski ne isplati raditi u DDSCAD programu.

Ključne riječi: DDSCAD, električna instalacija, elektronička komunikacijska instalacija, norme, projektiranje, sustav za zaštitu od udara munje

## **SUMMARY**

The goal of this master's thesis was to explore the advantages and disadvantages of the DDSCAD program compared to traditional methods in the design of industrial facilities. By automating the calculations of currents, voltages, and loads, it reduces the possibility of human error during the design process and ensures compliance with regulations and standards. By encompassing all categories of electrical installations, such as lightning protection systems, electronic communication installations, and socket and lighting installations, it provides a complete picture of the project. Despite the drawbacks in 3D representation of electrical installations, it still facilitates the design of larger and more complex structures, while designing smaller structures, at least for now, is not financially and temporally viable in the DDSCAD program.

Key words: DDSCAD, electrical installation, electronic communication installation, standards, design, lightning protection system

## ŽIVOTOPIS

Ivan Božanović rođen je 16. 1. 2000. u Vinkovcima. Pohađao je Osnovnu školu Bartola Kašića Vinkovci. Nakon toga upisuje Tehničku školu Ruđera Boškovića Vinkovci smjer elektrotehnika. U četvrtom razredu srednje škole osvaja prvo mjesto na županijskom natjecanju iz matematike. Sve razrede prolazi s odličnim uspjehom i kao najbolji učenik dobiva izravan upis na Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija u Osijeku i 2018. godine upisuje preddiplomski sveučilišni studij elektrotehnike smjer elektroenergetika. Godine 2021. završava preddiplomski studij i upisuje diplomski studij elektrotehnike smjer održiva elektroenergetika. Krajem prve godine diplomskog studija počinje raditi u uredu za projektiranje električnih instalacija Martin d.o.o. u Vinkovcima. Tamo se prvi puta ozbiljnije susreće s projektiranjem električnih instalacija raznih objekata i upoznaje se s DDSCAD naprednim programskim alatom za projektiranje električnih instalacija.

---

Potpis autora