

1 KAZALO VSEBINE NAČRTA ELEKTRIČNIH INŠTALACIJ IN ELEKTRIČNE OPREME

1 KAZALO VSEBINE NAČRTA ELEKTRIČNIH INŠTALACIJ IN ELEKTRIČNE OPREME	1
2 TEHNIČNO POROČILO	2
2.1 Splošno.....	2
2.2 Tehnična izhodišča in ostala določila.....	2
2.3 Tehnični opis	5
2.4 Sončna elektrarna	9
2.5 Zaščitni ukrepi.....	15
3 TEHNIČNI IZRAČUNI IN DIMENZIONIRANJE	18
3.1 Dimenzioniranje NN kablov	18
3.2 Zaščita pred preobremenitvenem toku	18
3.3 Kontrola zaščite pred kratkostičnim tokom	19
3.4 Kontrola padcev napetosti	19
3.5 Kontrola učinkovitosti zaščite ob okvari (pri posrednem dotiku).....	19
4 KONČNE DOLOČBE.....	22
5 POPIS MATERIALA.....	23
6 RISBE.....	24
7 PRILOGE.....	25

2 TEHNIČNO POROČILO

2.1 Splošno

Za obravnavani objekt **Kulturni dom Korena** se izdelava projektna dokumentacija, za postavitve sončne elektrarne.

Predmetna projektna dokumentacija obdeluje izgradnjo energijskih modulov na streho stavbe, ki bo služila za skupnostno samooskrbo (**PS.3B shema**) z električno energijo iz sonca ter pripadajočih naprav za pretvorbo v električno energijo. Projekt obdeluje vse potrebne električne razvode, ozemljitve in zaščito pred udarom strele ter priklop na NN omrežje. Projekt upošteva izdano soglasje za priključitev številka **1505684 (3805-492/2024-4)**

Meje projekta so:

- električne inštalacije ter oprema,
- prilagoditev NN razvoda za potrebe priklopa sončne elektrarne,
- prilagoditev obstoječih ozemljitev za potrebe nove opreme ter prilagoditev lovilne mreže zunanje zaščite pred udarom strele – vzpostavitev varovanega prostora.

2.2 Tehnična izhodišča in ostala določila

Pravilniki in tehnične smernice ter standardi in priporočila:

- Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Ur. l. RS, št. 140/2021) s pripadajočo Tehnično smernico za graditev TSG-N-002:2021 Nizkonapetostne električne inštalacije.
- Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Uradni list RS, št. 140/21 in 199/21 – GZ-1) s pripadajočo Tehnično smernico za graditev TSG-N-003:2021 Zaščita pred delovanjem strele.
- Tehnična smernica TSG-1-001:2019 požarna varnost v stavbah.
- STANDARDI:
 - o SIST IEC 60364-1 Nizkonapetostne električne inštalacije – 1. del: Temeljna načela, ocenjevanje splošnih značilnosti, definicije,
 - o SIST EN 61140 Zaščita pred električnim udarom – Skupni vidiki za inštalacijo in opremo,
 - o SIST IEC 60364-4-41 Nizkonapetostne električne inštalacije, 4-41. del: Zaščitni ukrepi, Zaščita pred električnim udarom,
 - o SIST HD 384-4-42 – Električne inštalacije zgradb, 4-42. del: Zaščitni ukrepi, Zaščita pred toplotnimi učinki,
 - o SIST IEC 60364-4-43 Električne inštalacije zgradb, 4-43. del: Zaščitni ukrepi, Zaščita pred nadtoki,
 - o SIST IEC 60364-4-44 Električne inštalacije zgradb 4-44. del: Zaščitni ukrepi, Zaščita pred prenapetostmi – Zaščita pred napetostnimi motnjami in pred elektromagnetnimi motnjami,
 - o SIST HD 60364-4-443 Električne inštalacije zgradb 4-44. del: Zaščitni ukrepi, Zaščita pred napetostnimi in elektromagnetnimi motnjami 443. točka: Zaščita pred atmosferskimi in stikalnimi prenapetostmi,

- SIST IEC 60364-5-54 Električne inštalacije zgradb, 5-54. del: Izbira in namestitvev električne opreme, Ozemljitve, zaščitni vodniki in izenačitev potencialov inštalacij,
- SIST IEC 60364-5-51 Električne inštalacije zgradb, 5-51. del: Izbira in namestitvev električne opreme, Splošna pravila,
- SIST EN 60439-1 Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav, 1. del: Tipsko preskušeni in delno tipsko preskušeni sestavi,
- SIST EN 60439-3 Sestavi nizkonapetostnih stikalnih in krmilnih naprav, 3. del: Posebne zahteve za sestave nizkonapetostnih stikalnih naprav, predvidene za vgraditev na mestih, do katerih imajo dostop nestrokovne osebe, Razdelilniki,
- SIST IEC 60364-5-52 Električne inštalacije zgradb, 5-52. del: Izbira in namestitvev električne opreme, Inštalacijski sistemi,
- SIST EN 62305-1 Zaščita pred delovanjem strele, 1. del: Splošna načela.
- SIST EN 62305-2 Zaščita pred delovanjem strele, 2. del: Vodenje tveganja.
- SIST EN 62305-3 Zaščita pred delovanjem strele, 3. del: Fizična škoda na objektih in nevarnost za živa bitja.
- SIST EN 62305-4 Zaščita pred delovanjem strele, 4. del: Električni in elektronski sistemi v objektih.

Pri izvajanju se sme uporabiti oprema in materiali, ki je izdelan v skladu z veljavnimi standardi. Električne inštalacije morajo biti izvedene oziroma vgrajene tako, da zaradi vlage, mehanskih, kemičnih topil ali električnih vplivov ne ogroža varnost ljudi, predmetov ali obratovanja. Pri projektiranju je bil upoštevan pravilnik o elektromagnetni združljivosti EMC.

Pravilnik o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Ur. l. RS, št. 140/2021) v 15. členu zahteva navedbo predpisov po kateri se projektira objekt. Objekt se torej projektira po 9. členu omenjenega pravilnika, to je z uporabo tehnične smernice TSG-N-002:2021.

Pravilnik o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Uradni list RS, št. 140/21 in 199/21 – GZ-1) v13. členu zahteva navedbo predpisov po kateri se projektira objekt. Objekt se torej projektira po 6. omenjenega pravilnika, to je z uporabo tehnične smernice TSG-N-003:2021.

Celotno električno instalacijo je potrebno zasnovati kot varno, zato se morajo upoštevati vsi veljavni tehnični predpisi in pripadajoče tehnične smernice s področja nizkonapetostnih električnih instalacij v stavbah. Prav tako se primerno in skrbno implementira standarde in priporočila proizvajalcev vgrajene električne opreme, ki mora zagotavljati skladnost z Zakonom o splošni varnosti proizvodov, po katerem smejo proizvajalci predati v uporabo le varne proizvode.

Pri izvajanju je izvajalec dolžan upoštevati naslednje pogoje, ki so sestavni del tehnične dokumentacije:

- Pri izvajanju elektroinštalacijskih del je potrebno upoštevati vse veljavne predpise, zakone iz varstva in zdravja pri delu, kot tudi vse ostale zahteve in pogoje, ki so navedeni v tem projektu.
- Za vse spremembe v projektu, oz. odstopanja od projektne dokumentacije mora izvajalec dobiti pismeno soglasje projektanta, ki je ta projekt izdelal oz. nadzornega organa investitorja.
- Pred pričetkom del je izvajalec dolžan detajlno pregledati projekt oz. predmetni načrt in vse morebitne pripombe pravočasno posredovati projektantu oz. nadzornem organu preko gradbenega dnevnika.
- Vse spremembe in odstopanja od projektne dokumentacije, ki bi nastala v času izvajanja del je izvajalec dolžan vnesti v projekt in hkrati spremembo vnesti v gradbeni dnevnik.
- Vgrajen material mora biti kakovosten in še ne uporabljen, imeti mora predpisane ateste in certifikate o ustreznosti pooblašene institucije.

- Po končanih delih je izvajalec dolžan predati investitorju morebitne popravke vnesene v projektno dokumentacijo na podlagi katere investitor naroči projekt izvedenih del (PID) skladno s pogodbo za izvedbo predvidenih del.
- Med izvajanjem del mora izvajalec voditi gradbeni dnevnik z vsemi z zakonom predpisanimi podatki.
- Vse zahteve in obrazložitve, tako s strani izvajalca kot s strani nadzornega organa se morajo voditi oz. dokumentirati preko gradbenega dnevnika.
- Pri izvajanju je potrebno paziti, da se ne poškodujejo drugi že izvedeni vodi. V kolikor bi do teh poškodb prišlo, je za njih odgovoren izvajalec in jih prav tako tudi odpravi na lastne stroške.
- **Po končanih vseh elektroinštalacijskih delih je izvajalec dolžan izvesti preizkus delovanja zaščite pred nevarno napetostjo dotika, oz. kontrolo pregoretega varovalke, meritve izolacijske upornosti instalacije ter meritve upornosti ozemljila. Pregled in preizkus po končani montaži je potrebno izdelati v smislu Pravilnika o zahtevah za nizkonapetostne električne inštalacije v stavbah (Ur. l. RS, št. 140/2021) s pripadajočo Tehnično smernico za graditev TSG-N-002:2021 Nizkonapetostne električne inštalacije ter - Pravilnika o zaščiti stavb pred delovanjem strele (Uradni list RS, št. 140/21 in 199/21 – GZ-1) s pripadajočo Tehnično smernico za graditev TSG-N-003:2021 Zaščita pred delovanjem strele. Meritve izvede pooblaščen merilec. O vseh meritvah je potrebno izdelati merilne liste/merilna poročila s predpisanimi podatki (merilec, merilni instrument, merilne metode, pogoji v katerih so bile meritve opravljene, izmerjeni podatki,...).**

2.3 Tehnični opis

2.3.1 Razdelilniki in NN razvod

2.3.1.1 Razdelilnik R-AC/DC

Razdelilnik bo nameščen **na fasadi objekta ob razsmerniku**, v kateri bo nameščena ustrezna zaščitna in varovalna oprema. V DC delu razdelilnika bodo nameščene varovalke za priklop energijskih modulov ter ustrezna prenapetostna zaščita. V AC delu bodo nameščena varovalna oprema za priklop razsmernika ter ustrezna prenapetostna zaščita. Vezava se izvede v skladu s priloženimi načrti.

2.3.1.2 Prezemno predajno mesto

Za namestitev nove FVE je potrebno:

- **zgraditi novi ustrezni NN izvod (prikluček) od obstoječe transformatorske postaje T-742 KORENA 5 do priključno merilne omarice objekta elektrarne (Izgradnjo novega NN priključka uskladiti z OE Maribor z okolico), po potrebi dograditi oziroma razširiti NN razdelilec v T-742 KORENA 5 in pridobiti upravno in projektno dokumentacijo za nov nizkonapetostni kabelski priključek, ter po potrebi zgraditi novi ustrezni NN priključek od obstoječe priključno merilne omarice NNRODJ V-PMO T0742 do nove priključno merilne omarice objekta elektrarne (Izgradnjo novega NN priključka uskladiti z OE Maribor z okolico) tako, da bo v skladu s priložo 4 tipizacija omrežnih priključkov uporabnikov sistema in NN priključnih omaric (SONDSEE Ur.I. RS, št. 7/21)**

V novi omarici bo dodatno nameščena ustrezna varovalna oprema, ločilnim stikalom za izklop sončne elektrarne ter merilnik električne energije, vgradi se:

- **Polindirektni trifazni dvosmerni števec delovne in jalove energije z merjeno močjo razreda točnosti B ali 1 za delovno energijo ter 2 za jalovo energijo, s komunikacijskim vmesnikom - za odjemalce in proizvajalce**

Mesto priključitve:

Mesto priključitve	Priključno merilna omarica NNRODJ V-PMO T0742
NN izvod	NOVI
TP	T-742 KORENA 5

2.3.1.3 NN razvod

Električne povezave bodo izvedene podometno ali nadometno v ustreznih zaščitnih ceveh ali kabelskih kanalih. Na izpostavljenih delih bodo uporabljene cevi ali kanali ustrezne zaščite pred vremenskimi vplivi. Uporabljeni kabli bodo ustreznih presekov v skladu s priloženimi načrti.

2.3.2 Ozemljitveni sistem – izenačitev potenciala

Iz obstoječega ozemljila G.I.P. predmetne stavbe se položi ozemljitveni vod do novih pripadajočih omar sistema FVE. Na ozemljitev se vežejo vsi potrebni pripadajoči zaščitni in prenapetostni ukrepi in oprema. Ozemljitev se izvede z bakrenim vodnikom H07V-K 1 x 6 mm². Spojna mesta izenačitev potenciala vijačijo; spoji se zavarujejo pred korozijo – uporaba primernih materialov ali z dodatnimi zaščitnimi premazi. Zaradi nevarne napetosti dotika naj bodo vsi kovinski deli v objektu, ki v normalnem obratovalnem stanju niso pod napetostjo, medsebojno povezani in ozemljeni. **Vsi vodniki za izenačitev potenciala morajo biti mehansko zaščiteni! Po končani montaži je potrebno izvesti meritve.**

2.3.3 Strelovodna instalacija in ozemljitev

Strelovodna inštalacija se deloma predela in sicer – zagotovi se primerne odmike obstoječe lovilne mreže od elementov sistema FVE (nosilna konstrukcija, FV moduli, optimizatorji ...) – ločilna razdalja se na srednjem prečnem odvodu zagotovi tako, da se obstoječi vodnik lovilne mreže Al-legura fi 8mm (50 mm²) zamenja z izoliranim vodnikom enakega preseka 50 mm². Dodatno se zagotovi varovan prostor s primerno ločilno razdaljo v najnižji točki poveza krogle. Lovilne palice se namestijo skladno z priloženim načrtom.

Odvodni vodniki do merilnega stika ter od merilnega stika do lovilne mreže ostanejo vključno z merilnimi stiki nespremenjeni. Po potrebi se zamenjajo korodirani ali poškodovani deli obstoječega sistema zunanje zaščite pred delovanjem strele.

Zaščitni razred zunanje strelovodne zaščite se ne spreminja in bo prav tako po delni prenovi ustrezal IV zaščitnemu razredu. Strelovodna inštalacija z vsemi dopolnitvami bo izvedena tako, da vsi elementi skupaj tvorijo zaprto kletko okoli objekta – detajli so podani v priloženih risbah. V nadaljevanju so podani le potrebni dodatni prilagoditveni ukrepi na obstoječi strelovodni inštalaciji.

Sistem strelovodne inštalacije objekta je sestavljen iz naslednjih delov:

- **ZUNANJI SISTEM ZAŠČITE PRED UDAROM STRELE:**
 - o lovilni sistem,
 - o odvodni sistem - vezni stiki in zemljovodi,
 - o ozemljitveni sistem v zemlji.
- **NOTRANJI SISTEM ZAŠČITE PRED UDAROM STRELE:**
 - o izenačitev potenciala novih kovinskih mas in preverba obstoječih kovinskih mas.

2.3.3.1 Izvedba strelovodne napeljave

Lovilni in odvodni sistem

Lovilni mreži na strehi se dogradijo lovilne palice dolžine 1 metra na odvodnih delih strelovoda. Pri postavitvi lovilne palice se je upoštevalo princip kotaleče krogle – za predmetni IV zaščitni nivo, ko mreža na objektu ne presega 20 x 20 m je upoštevan radij krogle 60 m.

Ozemljitveni sistem

Ostane nespremenjen. Pri razpršitvi toka strele v zemljo se zmanjšujejo prenapetosti s primernim razporejanjem ozemljil. V splošnem je nizka ozemljilna upornost manjša od 10Ω , najprimernejša. V našem primeru imamo notranji sistem SPD izveden s prenapetostnimi odvodniki na vseh vstopajočih električnih vodnikih v objekt v skladu s SIST EN 62305-4.

Glede na predhodno navedeno mora biti ozemljilna upornost $R \leq 5\Omega$.

Preprečevanje iskrenja in prebojev

Pri prevajanju toka strele od lovilne mreže, prek odvodov v ozemljitveni sistem, lahko pride do nevarnega iskrenja in prebojev med:

- kovinskimi konstrukcijami,
- notranjimi povezavami raznih napeljav,
- zunanjimi prevodnimi deli in povezavami objekta z okolico.

Nevarno iskrenje preprečimo z:

- izenačitvijo potencialov kovinskih mas,
- električno izolacijo.

V tem načrtu je nevarno iskrenje preprečeno z galvansko povezavo vseh kovinskih mas in s povezavo na ozemljilni sistem, oprema na strehi se varuje z zagotovitijo varovanega prostora – lovilne palice.

Ločilna razdalja med kovinskimi deli in LPS

Na strehi se izvede izolirane povezave med moduli fotovoltaičnega generatorja, varovani prostor se izvede z lovilnimi palicami, na primerni ločilni razdalji vsaj 1,0 m.

V primerih, če kjer ne dosegamo ločilnih razdalj kovinskih mas med lovilno mrežo ali odvodnimi vodi, moramo izvesti izenačitev potencialov - povezave se izvedejo z okroglim vodnikom iz aluminija dimenzije $\varnothing 8$ mm (kot npr. Žica $\varnothing 8$ mm Al-legura, proizvajalca Franzi) ali bakrenim vodnikom H07V-K preseka vsaj $1 \times 25 \text{mm}^2$.

Zaščita pred napetostjo dotika

Obstoječa - V našem primeru je zaščita pred napetostjo dotika dosežena na način, da so kovinske mase z več paralelnimi potmi povezani z elementi konstrukcije objekta povezani z ozemljitveno mrežo v zemlji.

Zaščita pred napetostjo koraka

Obstoječa - v našem primeru je okoli objekta položeno obročasto ozemljilo.

Pregled, preizkus in meritve LPS

Pregled, preizkus in meritve LPS je potrebno izvesti po njegovi končani izvedbi. Redni periodični pregledi sistema zaščite pred strelo je potrebno izvajati vsaka 4 let pri zaščitnem nivoju IV.

2.4 Sončna elektrarna

Na strehi stavbe je predvidena namestitev energijskih modulov za skupnostno samooskrbo z električno energijo in sonca. Moduli bodo montirani na strehi vzporedno na poševno streho.

Sistem sončne elektrarne bo v sistem skupnostne samooskrbe vključil na podlagi 315.a člena Energetskega zakona EZ-1 (Ur. l. RS, št. 60/19 – UPB, 65/20, 158/20 – ZURE, 121/21 – ZSROVE, 172/21 – ZOEE in 204/21 – ZOP) in Uredbe o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije (Ur. l. RS št. 17/19 in 197/20) skladno s prvim odstavkom 72. člena Zakona o spodbujanju rabe obnovljivih virov energije (Ur. l. RS št. 121/21 in 189/21) – letni obračun.

2.4.1 ZVKDS

Ocena sončnega potenciala

Fotonapetostni generator bo nameščen na strehi objekta **KD Korena**, na naslovu Zgornja Korena 26, na parc. št. 9/1, k.o. 688, Zgornja Korena. Lastnik objekta nima možnosti umestitve fotovoltaične elektrarne (FVE) na morebitna degradirana območja izven zaščenega območja.

Lokacija stavbe z nameščeno FVE

Na spodnji sliki je prikazana lokacija stavbe na katero se namešča fotovoltaična elektrarna. FVE bo postavljena na način, da bo vizualno čim manj vpadljiva in ne bo izstopala iz silhuete strehe objekta. Kot je opaziti iz slike je razdalja strehe do cerkvenega objekta cca 230 m, kar pomeni, da se s postavitvijo FVE na streho stavbe ne bo vplivalo na izgled spomeniško zaščenega objekta, saj bo FVE praktično neopazna iz javnih površin.



Slika 1: Prikaz lokacije FVE

Fotovoltaični moduli se bodo montirali direktno na streho objekta in ne bodo ustvarjali dodatnih senc. Predvideni so moduli črne barve in pravokotne oblike in bodo enakomerno razporejeni po strehi objekta. Prikaz razporejenosti je viden iz spodnje slike. **Pri projektiranju FVE so bile upoštevane vse zahteve ZVKDS.**



Slika 2: Postavitev panelov na streho

Na spodnji sliki je prikazana pokrajina smer proti kateri je orientirana predvidena FVE. Iz slike je razvidno da so v smeri FVE zgolj sadovnjaki in ni javnih površin. Zaradi slednjega postavitve FVE ne bo vizualno vplivala na okolico zaščitene stavbe.



Slika 3: Prikaz smeri vpliva izgleda FVE

Energijski moduli

V spodnji tabeli so prikazani osnovni podatki o modulih ki se nameščajo na streho objekta. **Moduli so v črni barvi skladno z zahtevami ZVKDS.**

2.4.2 Sončni generator

Sončni generator je projektiran skladno z zahtevami Uredbe o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije (Uradni list RS, št. 43/22) in bo zagotavljal skupnostno samooskrbo z električno energijo iz sonca. Energijski moduli bodo nameščeni na strehi objekta. **Nameščenih bo skupaj 108 modulov, vsak moči 440 Wp.**

Tabela 1: Osnovni podatki sončnega generatorja

Inštalirana DC moč sistema:	47,52 kWp
Maksimalna AC moč sistema:	66,6 kW
Predvidena letna proizvodnja EE:	49.896 kWh
Lastna raba na objektu:	5.895 kWh

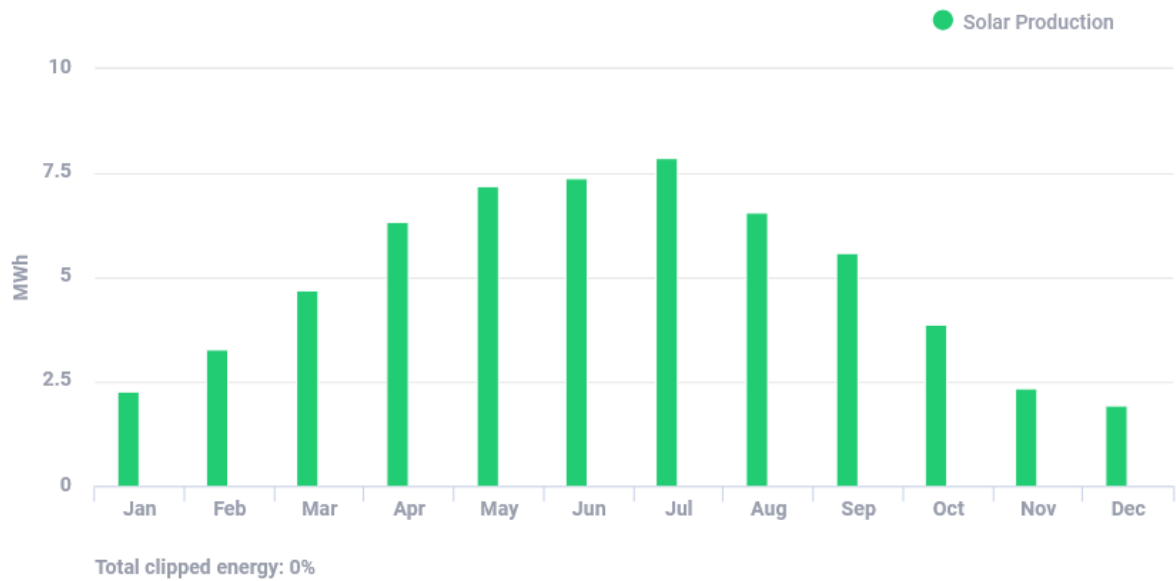
2.4.2.1 Ocena sončnega potenciala

Fotonapetostni generator je nameščen na strehi objekta na **parc. št. 9/1, k.o. 688 -Zgornja Korena.**



Slika 4: Lokacija postavitve FVE – KD Korena

Zaradi požarne varnosti se skladno s smernico o požarni varnosti sončnih elektrarn SZPV 512 (izdaja 02/2016) upošteva odmike od obrobe in konstrukcije elementov strehe (antenskega sistema, kovinskih konstrukcij ...) vsaj 1,0m. Med vrstami modulov se upošteva minimalni možen razmik, moduli se med sabo vežejo s konzolnimi elementi. V grafu v nadaljevanju so prikazani mesečni deleži proizvodnje energije iz predvidenega sistema sončne elektrarne



Graf 1: Ocenjena mesečna proizvodnja električne energije

2.4.2.2 Energijski moduli

V izračunu so upoštevani energijski moduli v skladu s spodnjo specifikacijo ali enakovredno.

Tabela 2: Osnovni podatki energijskega modula

Tip modula	Phono Solar PS440M8GF-18/VNH, 440 Wp
Vršna moč PMPP [Wp]	440
Kratkostični tok ISC [A]	14,11
Napetost odprtih sponk VOC [V]	39,61
Tok vršne moči IMPP [A]	13,42
Napetost vršne moči VMPP [V]	32,79
Učinkovitost pretvorbe modula η_M [%]	22,53
Najvišji reverzni tok [A]	15,29
Maksimalna sistemska napetost [VDC]	39,61

Modeli so namenjeni za namestitev na streho. Modeli so standardni z okvirjem, ki omogoča enostavno montažo na nosilno konstrukcijo in hkrati mehansko ščitijo steklene robove. Okvir je izdelan iz aluminija. Predvidena življenjska doba fotonapetostnih modulov je 25 let.

2.4.2.3 Optimizatorji delovanja

Energijskim modulom bodo prigrajeni optimizatorji moči kot npr. **Solaredge S1000**, ki bodo skrbeli za optimalno delovanje dveh energijskih modulom ne glede na morebitno senčenje ter skrbeli za varno obratovanje v skladu z varnostnimi zahtevami za naprave za samooskrbo.

2.4.2.4 Nosilna konstrukcija

Nosilna konstrukcija sistema sončne elektrarne se prilagodi za montažo na strehi - montaža modula pod naklonom v smeri J na križno vezani podkonstrukciji, ki bo zagotovila primerno statično odpornost. Moduli se montirajo v vrste na Al – podkonstrukcijo. Nosilna konstrukcija s pripadajočimi elementi bo prilagojena dimenzijam dobavljenih fotonapetostnih modulov; nosilna konstrukcija se pritrdi na novo strešno kritino skladno z navodili proizvajalca strehe z ustreznimi strešnimi pritrdilnimi elementi.

2.4.2.5 Ožičenje energijskih modulov

Ožičenje energijskih modulov in optimizatorjev moči je potrebno izvesti med montažo z originalnimi vodotesnimi kabelskimi priključki (hitro spojne vtične povezave). Polariteta sta razpoznavni s črno in rdečo barvo veznih vodnikov. Ožičenje naj bo izvedeno tako, da sta + in – vodnik čim bližje skupaj, tako da ne naredimo večjih škodljivih induktivnih zank, ki bi škodljivo delovale v primeru pojava strele. S kabli tipa kot npr. BETAFLAM SOLAR 125 RV FLEX 1500V DC, 2x1x6,0 mm² izvedemo ožičenje do DC dela razdelilnika. Kabli se položijo v zaščitni spiralni cevi oz. na kabelske police, ki se pritrdijo pod kovinsko nosilno konstrukcijo PV modulov. Vodniki se ne smejo dotikati strehe na zunanjem območju.

2.4.2.6 Razsmerniki

Razsmernik za pretvorbo enosmerne napetosti v izmenično bo povezan v skupno AC omaro sistema sončne elektrarne. V spodnji tabeli so navedeni tehnični podatki razsmernika/razsmernikov. Razsmernik izpolnjuje varnostne zahteve iz 3. člena pravilnika o tehničnih zahtevah naprav za samooskrbo z električno energijo iz obnovljivih virov energije in sicer bo napetost v napravi za samooskrbo v izključenem stanju manjša od dovoljenih 50 V izmenične napetosti. Razsmernik je opremljen z ustreznimi zaščitami za samodejni izklop od omrežja v primeru izpada zunanjega omrežja.

Nameščen bo razsmernik po spodnji specifikaciji:

Tabela 3: Osnovni podatki o razsmerniku R1

Tip razsmernika		SOLAREGE SE66.6K
Izhodi	Nazivna izhodna moč AC [W]	66.600
	Izhodna napetost AC[V]	380/400
	Frekvenca [Hz]	50/60
	Izhodni tok AC [A]	96,5

Vhodi	Max. vhodna moč DC [Wp]	100.000
	Max. napetost DC [V]	1.000
	Max. tok DC [A]	2X48,25
	Izkoristek [%]	98

2.5 Zaščitni ukrepi

2.5.1 Zaščita pred električnim udarom

Pri izvajanju zaščitnih ukrepov je potrebno upoštevati TSG-N-002:2013 ter SIST HD 60364-4-41 Nizkonapetostne električne inštalacije - 4-41. del: Zaščitni ukrepi - Zaščita pred električnim udarom, določa bistvene zahteve za zaščito ljudi in živali pred električnim udarom, vključno z osnovno zaščito (zaščito pred neposrednim dotikom) in zaščito ob okvari (zaščito pri posrednem dotiku).

2.5.2 Osnovna zaščita – zaščita pred neposrednim dotikom

Izvedena je z izoliranjem prevodnih delov in s pregradami ali okrovi, ki preprečujejo dotik z deli pod napetostjo, odstraniti pa jih je možno le z orodjem SIST HD 60364-4-41.2 (Dodatek A in dodatek B).

2.5.3 Zaščita ob okvari – zaščita pred posrednim dotikom

Predviden je sistem TN-C-S s samodejnim odklopom z napravo na prevelik tok SIST IEC 60364-4-43 (Zaščitni ukrepi – Zaščita pred nadtoki). Izpostavljeni prevodni deli instalacij morajo biti povezani z ozemljeno točko sistema z zaščitnim vodnikom. Karakteristike zaščitne naprave in impedanca tokokroga mora biti izbrana tako, da je izpolnjen pogoj SIST HD 60364-4-41:

$$Z_s \cdot I_a < U_0$$

kjer so:

- | | |
|-------|---|
| Z_s | impedanca zanke okvare (sestavljena je iz impedance vira, linijskega vodnika do mesta okvare in zaščitnega vodnika med mestom okvare in virom[Ω]) |
| I_a | tok, ki povzroči samodejni izklop odklopne naprave v času, ki je podan v točkah 411.3.2.2 ali 411.3.2.3. Če se uporablja zaščitna naprava na diferenčni tok (RCD), je ta tok diferenčni tok, ki povzroči odklop v času, podanem v točkah 411.3.2.2 ali 411.3.2.3. [A] |
| U_0 | nazivna napetost, izmenična ali enosmerna, med linijskim vodnikom in zemljo [V] |

2.5.4 Izenačitev potencialov, ozemljitev in sistem zaščite pred delovanjem strele

Izpostavljeni prevodni deli morajo biti povezani z zaščitnim vodnikom pod podanimi pogoji za vsako vrsto ozemljitve sistema napajanja, kot je to določeno v 411.4 do 411.6. Hkrati dotakljivi izpostavljeni prevodni deli morajo biti povezani na isti ozemljitveni sistem posamično, v skupinah ali skupno.

Vodniki za zaščitno ozemljitev morajo ustrezati zahtevam za zaščitni vodnik po HD 60364-5-54. V vsakem tokokrogu mora biti na voljo zaščitni vodnik, ki je ozemljen preko povezave z ozemljitveno sponko ali zbiralko, predvideno za ta tokokrog.

V vsaki stavbi morajo biti ozemljitveni vodnik, glavna ozemljitvena zbiralka in naslednji prevodni deli, povezani v zaščitno izenačitev potencialov:

- kovinske cevi napajalnih sistemov, ki so od zunaj napeljane v notranjost stavbe,
- npr. plinske, vodovodne;
- tuji prevodni deli konstrukcije stavbe, če so dotakljivi ob normalni uporabi, kovinski
- deli centralnega ogrevanja ter opreme prezračevanja in hlajenja;
- kovinske armature železobetonskih konstrukcij, če so dotakljive in zanesljivo medsebojno povezane.

Vsi posamezni vodniki za glavno izenačitev potencialov, morajo biti spojeni na ozemljitveno zbiralko glavne izenačitve potencialov. Ozemljitvena zbiralka glavne izenačitve potencialov, s katero so povezani posamezni vodniki za izenačitev potencialov, mora imeti trajno in jasno označene sponke za priključek posameznih vodnikov za izenačitev potencialov. Prerez vodnikov za glavno izenačitev potencialov mora biti med 6 in 16 mm² Cu, če vodnik ni mehansko zaščiten, pri čemer v tem razponu ne sme biti manjši od polovice prereza največjega zaščitnega vodnika v inštalacijskem sistemu.

Če ti prevodni deli prihajajo od zunaj, jih je potrebno povezati skupaj čim bližje mestu njihovega vstopa v stavbo. Vodnik za zaščitno izenačitev potencialov morajo ustrezati HD 60364-5-54. V glavno izenačitev potencialov morajo biti zajeti vsi kovinski plašči telekomunikacijskih kablov, ob upoštevanju zahtev lastnika upravljavca teh kablov.

Izenačitve potencialov se izvedejo z rumeno/zelenim vodnikom H07V-K:

- prevajajo znaten del toka strele – za Cu je 16mm²
- ne prevajajo znatnega toka strele – za Cu je 6mm².

Dodatna izenačitev potencialov:

- dodatna izenačitev potencialov 4mm².

Doza glavne izenačitve potencialov G.I.P., na katero so povezane vse doze dodatne izenačitve D.I.P. je obstoječa in je urejena v sklopu glavnega razdelilnika. Zaradi obnove ozemljitvene mreže v zemlji se položi od zemeljskega ozemljila do glavnega razdelilnika nov ozemljitven vodnik preseka vsaj 100mm² oz. valjanec Rf 30x3,5mm.

Na obstoječe zbiralke dodatne izenačitve potenciala se vežejo vsi prevodni deli, ki v primeru okvare lahko pridejo pod napetost.

2.5.5 Zaščitni ukrep – zaščita pred nadtoki

Predvidena je zaščita vseh tokokrogov pred kratkim stikom in preobremenitvijo. Izvedena je z inštalacijskimi odklopniki, kot je razvidno iz enopolnega načrta. Zaščitne naprave, ki zagotavljajo preobremenitveno in kratkostično zaščito morajo biti sposobne izklopiti in pri odklopnikih vklopiti vsak nadtok do vključno pričakovanega kratkostičnega toka na točki, kjer je naprava nameščena. Take naprave so lahko:

- odklopniki s preobremenitvenim in kratkostičnim proženjem,
- odklopniki, kombinirani z varovalkami,
- varovalke s karakteristikami gG.

Izpolnjen mora biti pogoj:

$$\sqrt{t} = k \cdot \frac{S}{I}$$

kjer so:

t trajanje kratkega stika [s]

S presek [mm²]

I efektivni kratkostični tok [A]

k faktor, ki je odvisen od specifične upornosti, temperaturnega koeficienta in toplotne kapacitete materiala vodnik ter ustrezne začetne in končne temperature. Za skupno izolacijo vodnikov je vrednost k za linijske vodnike prikazana v preglednici 43A (točka 434.5.2)

3 TEHNIČNI IZRAČUNI IN DIMENZIONIRANJE

3.1 Dimenzioniranje NN kablov

3.1.1 Splošno

- SIST IEC 60364-5-52, september 2006 (Izbira in namestitvev električne opreme – Inštalacijski sistemi).
- Trajno dovoljeni tok izberemo glede na del trase z najslabšimi pogoji.
- Najvišja dovoljena temperatura na vodniku SIST IEC 60364-5-52, september 2006 (točka 523, preglednica 52-4 (52-A)) $\vartheta = 70^{\circ}\text{C}$, izolacija- PVC masa; naravna guma.
- Način namestitve definiran v preglednici 52-3 (52H)u.

3.2 Zaščita pred preobremenitvenem toku

3.2.1 Koordinacija med vodniki in preobremenitvenimi zaščitnimi napravami

Izvedena je z varovalkami, ki so sposobne odklopiti vsak preobremenitveni tok, ki teče v vodnikih, preden ta povzroči segretek, škodljiv za izolacijo, spoje, ipd. delovna karakteristika varovalke (zaščitne naprave) mora izpolniti sledeča dva pogoja SIST IEC 60364-4-43 (točka 433.1):

1. pogoj:

$$I_b < I_n < I_z$$

2. pogoj:

$$I_2 < 1,45 \cdot I_z$$

kjer so:

I_b	obratovalni tok za katerega je tokokrog predviden [A]
I_z	trajni dopustni tok kabla (točka 523)[A]
I_n	nazivni (naznačeni) tok zaščitne naprave (za nastavljive zaščitne naprave je naznačeni tok nastavljen po izbiri) [A]
I_2	tok ki zagotavlja učinkovito delovanje zaščitne naprave v določenem času [A]

3.3 Kontrola zaščite pred kratkostičnim tokom

3.3.1 Splošno

Za kratke stike, ki trajajo do 5 sekund, se v času t , v katerem navedeni kratkostični tok dvigne temperaturo izolacije vodnikov od najvišje dovoljene temperature obratovanja do mejne temperature, lahko približno izračuna iz formule:

$$\sqrt{t} = k \cdot \frac{S}{I} \quad \text{IEC 60364-4-43 (točka 434.5.2)}$$

Za izklopne čase zaščitnih naprav krajše od 0,1 sekund, kjer je pomembna asimetrija tokov, mora biti za tokovno-omejilne narave izpolnjen pogoj:

$$k^2 \cdot S^2 > I^2 \cdot t$$

kjer so:

t	trajanje kratkega stika [s]
S	prerez vodnika [mm ²]
I	efektivni kratkostični tok [A]
k	faktor, ki je odvisen od specifične upornosti, temperaturnega koeficienta in toplotne kapacitete materiala vodnik ter ustrezne začetne in ončne temperature. Za skupno izolacijo vodnikov je vrednost k za linijske vodnike prikazana v preglednici 43A (točka 434.5.2)
$I^2 t$	vrednost prepuščene energije, ki jo navede proizvajalec zaščite zaščitne naprave [A ² s]

3.4 Kontrola padcev napetosti

Padci napetosti v vseh tokokrogih so v predpisanih mejah.

3.5 Kontrola učinkovitosti zaščite ob okvari (pri posrednem dotiku)

3.5.1 Splošno

V skladu z zahtevami določil standarda SIST HD 60364-41 oktober 2007 so karakteristike zaščitnih naprav za nadtokovno zaščito in preseki vodnikov (impedanca celotnega tokokroga) tako izbrane, da se v primeru okvare med faznim in zaščitnim vodnikom ali izpostavljenimi prevodnimi deli naprav, samodejno odklopi napajanje tistega dela instalacije, ki je v okvari. Ta zahteva je izpolnjena s pogojem:

$$Z_s \cdot I_a < U_0$$

kjer so:

Z_s	impedanca zanke okvare – sestoji iz impedanc: vira, linijskega vodnika do mesta okvare in zaščitnega vodnika med mestom okvare in virom [Ω]
U_0	nazivna napetost, izmenična ali enosmerna, med linijskim vodnikom in zemljo [V]
I_a	tok, ki povzroči samodejni izklop odklopne naprave v času, ki je podan v točkah 411.3.2.2 ali 411.3.2.3. Če se uporablja zaščitna naprava na diferenčni tok (RCD), je ta tok diferenčni tok, ki povzroči odklop v času, podanem v točkah 411.3.2.2 ali 411.3.2.3 [A]
T_{izk}	največji odklopni časi, podani v preglednici 41.1 [s]

Tabela največjih odklopnih časov (T_{izk}) v TN omrežjih za končne tokokroge z nazivnimi toki do 32A, ki napajajo vtičnice ali prenosne ročne aparate I. razreda, ki se med uporabo premikajo:

Sistem napajanja:	Največji dovoljeni odklopni časi [s]:	Najvišja pričakovana napetost dotika U_0 [V] (efektivna napetost izmenične napetosti)
TN	0,4	od 120 do 230

V sistemih TN je za razdelilne tokokroge ter tokokroge, ki niso zgoraj zajeti dovoljen odklopni čas do 5s.

SPLOŠNI PODATKI KABLA PMO-R-AC/DC		
Splošni podatki odvoda	Oznaka naprave	Razdelilnik R-AC/DC
	Št. Tokokroga	1
	Napetost $\rightarrow U$ [kV]	0,40
	Inštalirana moč $\rightarrow P_{inst}$ [kW]	11,77
	$\cos\phi$	0,95
	$\tan\phi$	0,35
	faktor istočasnosti $\rightarrow f_i$	1,00
	Konična moč $\rightarrow P_{kon}$ [kW]	11,77
	Konični tok $\rightarrow I_{kon} = I_b$ [A]	17,88
DIMENZIONIRANJE KABLOV		
Dimenzioniranje kablov	Tip kabla	FG16OR16
	Presek kabla $\rightarrow S$ [mm ²]	6
	Material vodnika	CU
	Specifična prevodnost kabla $\rightarrow \lambda$ [Sm/mm ²]	57
	Tip instalacije	D
	Dopustni tok $\rightarrow I_d$ [A]	41,00
	Faktor polaganja $\rightarrow f_1$	1,00
	Faktor temperature $\rightarrow f_2$	1,00
	Trajno zdržni tok kabla $\rightarrow I_z$ [A]	41,00
	Pogoj $\rightarrow I_z > I_{kon}$	DA
ZAŠČITA PRED PREOBREMENITVENIM TOKOM		
Zaščita pred preobremenitvenim tokom	Zaščitna naprava	NV/NH 1
	Tok zaščitne naprave $\rightarrow I_n$ [A]	20,00
	1. pogoj $\rightarrow I_{kon} < I_n < I_z$	DA
	Faktor $\rightarrow k$	1,6
	Faktor $\rightarrow I_z$ [A]	32
	2. pogoj $\rightarrow I_z < 1,45 \cdot I_z$	59,45
	Max. tok zaščitne naprave $\rightarrow I_{vmax}$ [A]	37,16
	pogoj $\rightarrow I_n < I_z$	DA
ZAŠČITA PRED KRATKOSTIČNIM TOKOM		
Zaščita pred kratkostičnim tokom	Energija $\rightarrow I^2 \cdot t$ (S ² · a)	3,34,E+04
	$k^2 \cdot S^2$	4,76,E+05
	Pogoj $\rightarrow k^2 \cdot S^2 > I^2 \cdot t$	DA

KONTROLA PADCEV NAPETOSTI		
Kontrola padcev napetosti	Dolžina kabla $\rightarrow l$ [m]	110
	Dopustni padec $\rightarrow u_d$ [%]	5
	Dejanski padec $\rightarrow u$ [%]	2,366
	Pogoj $\rightarrow u < u_d$	DA
KONTROLA UČINKOVITOSTI PRED POSREDNIM DOTIKOM		
Kontrola učinkovitosti pred posrednim dotikom	Z_{VODA} [Ω]	0,363
	Z_{NNO} [Ω]	0,015
	Z_{sk} [Ω]	0,378
	Tok napake $\rightarrow I_{ks}$ [A]	577,6
	Koeficient za kabel k	115,0
	Čas trajanja kratkega stika $\rightarrow t$ [s]	1,4
	Dovoljen čas izklopa $\rightarrow t_{izk}$ [s]	0,4
	Tok izklopa $\rightarrow I_a$ [A]	80,0
	Pogoj $\rightarrow I_{ks} > I_a$	DA

4 KONČNE DOLOČBE

- Po končani montaži mora biti izmerjena izolacijska upornost.
- Preizkušena mora biti pravilnost delovanja zaščite pred električnim udarom.
- Instalacija mora biti izvedena skladno s citiranimi predpisi.
- Vse meritve morajo biti potrjene z atesti.
- Pri izvedbi upoštevati vse veljavne predpise in uredbe na področju varstva okolja in ravnanja z odpadki.
- Varno delo.

5 POPIS MATERIALA

OPOMBA: Popis materiala se nahaja v E-prilogi!

6 RISBE

E-0 Shema PMO

E-1 Shema sistema FVE

E-2 Dograditev strelovoda ter postavitve modulov

7 PRILOGE

Priloga 1: Soglasje za priključitev - SODO