

# TEHNIČKO RJEŠENJE PRIKLJUČENJA GRAĐEVINE NA DISTRIBUCIJSKU ELEKTROENERGETSKU MREŽU

STRUČNI ČLANAK

Marin Sršen, Ivan Mikulić, Ivana Ramljak

Visoka škola „Logos centar“ u Mostaru

marin.srsen@logos-centar.com, [ivan.mikulic@logos-centar.com](mailto:ivan.mikulic@logos-centar.com), ivana.ramljak@logos-centar.com

**Sažetak** – Električni priključak na elektrodistribucijsku mrežu omogućuje korisnicima da dobiju električnu energiju za svoje kućanstvo ili poslovne objekte. U ovom radu opisano je elaborat optimalnog tehničkog rješenja priključenja građevine na distribucijsku elektroenergetsku mrežu. Također taj potrošač će biti i kupac sa vlastitom proizvodnjom temeljen na sunčanoj elektrani u kućanstvu.

**Abstract** - The electrical connection to the electrical distribution network enables users to obtain electricity for their household or business facilities. This paper describes the elaboration of the optimal technical solution for connecting the building to the distribution power grid. This consumer will also be a customer with their own production based on a solar power plant in the household.

## 1. Podaci o podnositelju zahtjeva i građevini

Za priključenje potrošača sa vlastitom proizvodnjom na zadanoj lokaciji potrebno je napraviti proračun na srednjem (10 kV) i niskom (0,4 kV) naponu. Prikaz zadane lokacije prikazan je na slici 1. Podaci o podnositelju zahtjeva i predmetnoj građevini dani su tablično (Tablica 1.).

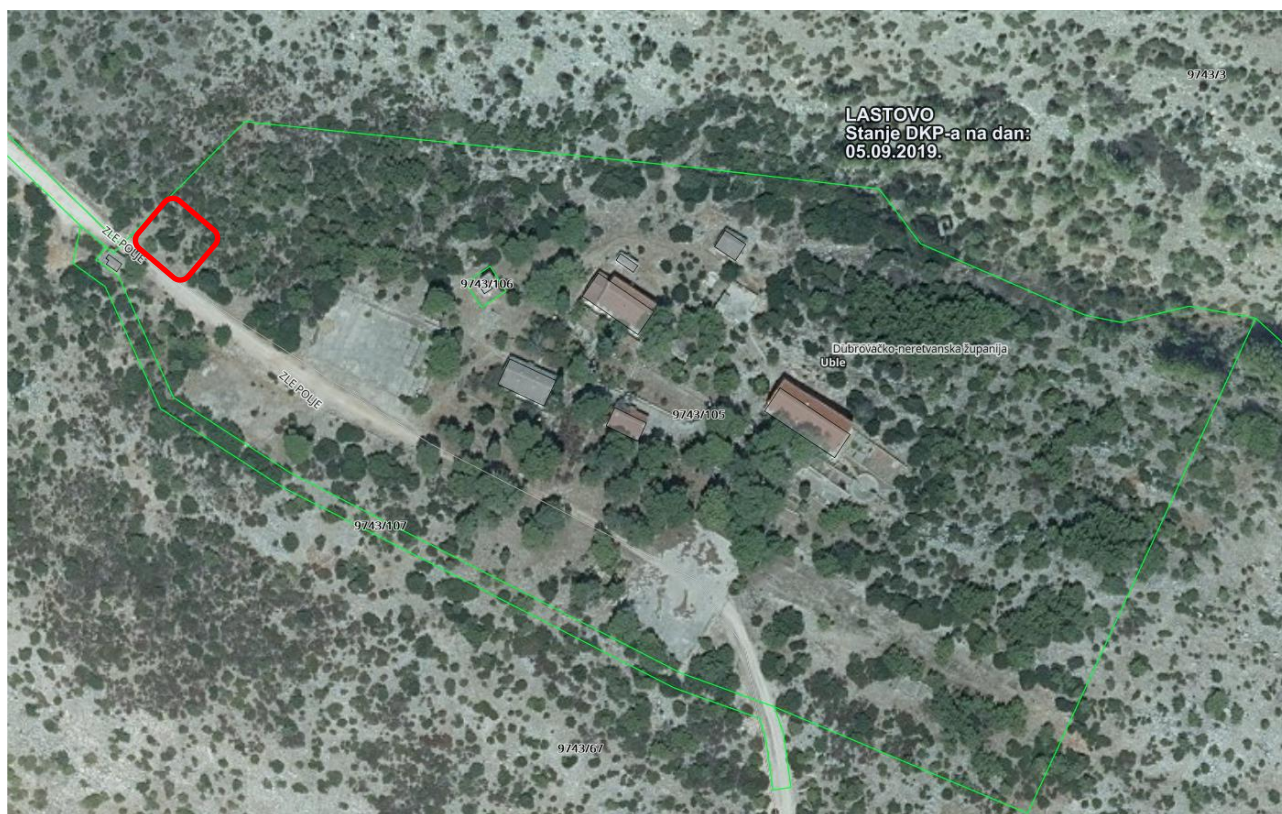
Tablica 1. Podaci o podnositelju zahtjeva i predmetnoj građevini

Osnovni podaci o građevini		
Kategorija	Kupac s vlastitom proizvodnjom (KVP)	
Vrsta postrojenja	Sunčana elektrana	
Priključna snaga	<i>Proizvodnja (smjer predaje električne energije u mrežu)</i>	50,00 kW
	<i>Potrošnja (smjer preuzimanja električne energije iz mreže)</i>	127,00 kW
Naponska razina priključka	0,4 kV	
Način pogona	Paralelno s distribucijskom mrežom	
Planirana godišnja proizvodnja/ potrošnja	<i>Proizvodnja (smjer predaje električne energije u mrežu)</i>	89.997 kWh
	<i>Potrošnja (smjer preuzimanja električne energije iz mreže)</i>	95.000 kWh
Osnovni podaci o izmjenjivaču fotonaponske elektrane		
Podaci o izmjenjivaču	<i>Broj</i>	3 kom
	<i>Nazivna snaga</i>	1 x 20 kW + 2 x 15 kW
	<i>Tip</i>	trofazni
	<i>Frekvencija</i>	50 Hz



Slika 1. Okvirni prikaz lokacije građevine Podnositelja zahtjeva

Na slici Slika 1 nalazi se okvirni kartografski prikaz lokacije građevine Podnositelja zahtjeva, a na slici Slika 2 nalazi se prikaz mikrolokacije građevine Podnositelja zahtjeva na kartografskoj podlozi, u odnosu na postojeću elektroenergetsku mrežu (EEM) u okruženju.



*Slika 2. Mikrolokacija građevine Podnositelja zahtjeva na kartografskoj podlozi u odnosu na postojeću EEM*

## **2. Proračun tokova snaga u SN mreži**

Proračuni tokova snaga u SN mreži izrađuju se u programu PowerCad 5. Građevina Podnositelja zahtjeva priključuje se na: TS 10(20)/0,4 kV Velje More, 10(20) kV izvod=K14 iz TS 35/10 kV Blato. Vrijednosti struja i napona su unutar granica propisanih Mrežnim pravilima.

### **2.1. Kontrolni proračun – SN mreža – smjer proizvodnje**

Pri kontrolnom proračunu za smjer proizvodnje na SN dozvoljen je maksimalni relativni porast napona do uključivo 2% nazivnog napona ( $U_n$ ) u razmatranom SN izvodu te strujno opterećenje do nazivne struje voda ili transformatora. SN izvod modelira se na sljedeći način:

- od niženaponskih sabirnica nadređene TS VN/SN ili TS SN/SN do kraja SN izvoda
- napon na niženaponskim sabirnicama nadređene TS VN/SN ili TS SN/SN iznosi 105%  $U_n$
- model uključuje predmetnog proizvođača te sljedeće kategorije proizvođača na SN i NN: postojeće proizvođače, proizvođače koji imaju važeću prethodnu elektroenergetsku suglasnost, proizvođače koji imaju važeći Elaborat optimalnog tehničkog rješenja priključenja (EOTRP) u skladu s uredbom o izdavanju energetske suglasnosti i utvrđivanju uvjeta i rokova

priključenja na elektroenergetsku mrežu, proizvođače koji imaju sklopljen ugovor o priključenju

- model uključuje proizvođače na NN priključne snage veće od 100 kW
- proizvođači se modeliraju na mjestu priključenja na SN izvodu s radnom priključnom snagom i faktorom snage 1.

Za potrebe utvrđivanja strujnog opterećenja transformatora VN/SN ili SN/SN, dodatno se na niženaponskoj sabirnici TS VN/SN ili TS SN/SN sumarno modeliraju svi proizvođači na preostalim SN izvodima.

Nema značajnih proizvođača u razmatranoj mreži. Vrijednosti struja i napona su unutar granica propisanih Pravilima o priključenju. Zaključuje se da u SN mreži postoje tehnički uvjeti za priključenje građevine Podnositelja zahtjeva s priključnom snagom od 50,00 kW u smjeru proizvodnje nakon stvaranja uvjeta u mreži

## **2.2. Složeni proračun – SN mreža – smjer potrošnje**

Pri određivanju maksimalne razine potrošnje u obzir se uzimaju sljedeće kategorije korisnika mreže: postojeći korisnici, korisnici koji imaju sklopljen ugovor o priključenju, korisnici koji imaju važeći EOTRP u skladu s uredbom o izdavanju energetske suglasnosti i Podnositelj zahtjeva.

Rezultati složenog proračuna su zadovoljavajući ako su iznosi napona unutar granica propisanih Mrežnim pravilima (90 – 110%  $U_n$ ) te ako su iznosi strujnog opterećenja svakog elementa sustava (bilo koje dionice nadzemnog voda/kabela ili transformatora) manji od maksimalno dozvoljenih vrijednosti (100% nazivne struje nadzemnih vodova/kabela i 100% nazivne snage transformatora).

Pri složenom proračunu za smjer potrošnje mreža se modelira na sljedeći način:

- od SN sabirnica TS SN/SN do kraja SN izvoda
- napon na SN sabirnicama TS SN/SN iznosi 100%  $U_n$
- maksimalna potrošnja na razini TS SN/NN i SN izvoda određuje se na temelju broja OMM i priključne snage postojećih kupaca, broja i priključne snage kupaca koji imaju sklopljen ugovor o priključenju te broja i priključne snage kupaca koji imaju važeći EOTRP u skladu s uredbom o izdavanju energetske suglasnosti (i priključne snage građevine Podnositelja zahtjeva pri proračunima za stanja mreže s priključenom građevinom Podnositelja zahtjeva)
- izračunata potrošnja SN izvoda raspodjeljuje se po čvorištima magistrale SN izvoda na temelju broja i priključne snage postojećih i budućih kupaca priključenih na pojedino čvorište potrošnja svih kupaca modelira se s faktorom snage  $\cos\varphi=0,95$  (induktivno).

Za potrebe utvrđivanja strujnog opterećenja transformatora VN/SN ili SN/SN, dodatno se na niženaponskoj sabirnici TS VN/SN ili TS SN/SN modelira maksimalno opterećenje preostalih SN

Tablica 2. Složeni proračun – maksimalna potrošnja

Naziv TS	Mjesto mjerenja	Nazivni napon [kV]	Maksimalna potrošnja [kW]	cos (fi)
TS 35/10 kV Blato	Ostala potrošnja	10	5.000,00	0,95-1
	VP 10 kV =K14	10	771,00	0,95-1

izvoda. Podaci o maksimalnoj potrošnji, za razmatrani SN izvod i nadređenu pojnu točku, navedeni su u tablici 2. Vrijednosti struja i napona su unutar granica propisanih Pravilima o priključenju. Zaključuje se da u SN mreži postoje tehnički uvjeti za priključenje građevine Podnositelja zahtjeva s priključnom snagom od 127,00 kW u smjeru potrošnje nakon stvaranja uvjeta u mreži.

### 2.3. Složeni proračun – NN mreža – smjer potrošnje

Model mreže pri složenom proračunu uključuje TS SN/NN i NN izvod na koji se priključuje građevina Podnositelja zahtjeva.

Pri određivanju maksimalne razine potrošnje u obzir se uzimaju sljedeće kategorije korisnika mreže: postojeći korisnici, korisnici koji imaju sklopljen ugovor o priključenju, korisnici koji imaju važeći EOTRP u skladu s uredbom o izdavanju energetske suglasnosti i Podnositelj zahtjeva.

Rezultati složenog proračuna su zadovoljavajući ako su iznosi napona unutar granica propisanih Mrežnim pravilima (90 – 110%  $U_n$ ) te ako su iznosi strujnog opterećenja svakog elementa sustava (bilo koje dionice nadzemnog voda/kabela ili transformatora) manji od maksimalno dozvoljenih vrijednosti (100% nazivne struje nadzemnih vodova/kabela i 100% nazivne snage transformatora).

Podaci o postojećem transformatoru, ugrađenom u razmatranu TS SN/NN, dani su u sljedećoj tablici (Tablica 2).

Tablica 2. Transformator SN/NN

Nazivna snaga [kVA]	Nazivni prijenosni omjer [kV]	Položaj regulacijske preklopke
250	10(20)/0.4	1-5

### 2.3.1. Složeni proračun – smjer potrošnje

Pri složenom proračunu za smjer potrošnje mreža se modelira na sljedeći način:

- od SN sabirnica TS SN/NN do kraja NN izvoda
- napon na SN sabirnicama TS SN/NN iznosi 100%  $U_n$
- maksimalna potrošnja na razini TS SN/NN i NN izvoda određuje se na temelju broja OMM i priključne snage postojećih kupaca, broja i priključne snage kupaca koji imaju sklopljen ugovor o priključenju te broja i priključne snage kupaca koji imaju važeći EOTRP u skladu s uredbom o izdavanju energetske suglasnosti (i priključne snage građevine Podnositelja zahtjeva pri proračunima za stanja mreže s priključenom građevinom Podnositelja zahtjeva)
- izračunata potrošnja NN izvoda raspodjeljuje se po čvorištima magistrale NN izvoda na temelju broja i priključne snage postojećih i budućih kupaca priključenih na pojedino čvorište
- potrošnja svih kupaca modelira se s faktorom snage  $\cos\varphi=0,95$  (induktivno).

U NN mreži s realiziranim navedenim zahvatima, vrijednosti struja i napona su unutar granica propisanih Mrežnim pravilima. Zaključuje se da, nakon realizacije navedenih zahvata, u NN mreži postoje tehnički uvjeti za priključenje građevine Podnositelja zahtjeva s priključnom snagom od 127,00 kW u smjeru potrošnje.

## 3. Opis tehničkog rješenja priključenja

Tehničko rješenje priključenja obuhvaća priključak i prema potrebi, zahvate na stvaranju uvjeta u mreži. Priključak se sastoji od susretnog postrojenja i priključnih vodova. Realizacija priključenja obuhvaća izgradnju priključka i provođenje zahvata na stvaranju uvjeta u mreži.

### 3.1. Stvaranje uvjeta u mreži

Za priključenje građevine Podnositelja zahtjeva potrebno je izgraditi novu TS 10(20)/0,4 kV Velje more na lokaciji prema slici 2. Planirani tip nove TS 10(20)/0,4 kV Velje more je VTSK u koju je potrebno ugraditi transformator snage  $S=250$  kVA. Detalji o predloženoj TS su prikazani na slici 4. Odlučeno je za ovaj tip trafostanice zbog potrebe za uštedom prostora u Parku Lastovo. Na ovom području se ne planira priključenje dodatnih potrošača kao ni skorije povećanje priključne snage predmetnog korisnika mreže stoga sam zaključio da je ovaj tip trafostanice tehnički i ekonomski najoptimalnija opcija. Izabrao sam ugradnju transformatora snage  $S_n=250$  kV kako bi zadovoljio traženu priključnu snagu te ostavio dio snage kao rezervu u slučaju daljnjeg širenja mreže.

Za priključenje susretnog postrojenja (TS 10(20)/0,4 kV Velje more) na SN mrežu, potrebno je položiti novi 10(20) kV kabelski vod tipa XHE 49-A 3x(1x150/25) mm<sup>2</sup> duljine 2.200 m. Specifikacije kabela su dane na slikama 4 i 5. Novi vod potrebno je položiti od susretnog postrojenja (TS 10(20)/0,4 kV Velje more) do postojeće TS 10(20)/0,4 kV Logor. Planirana trasa je prikazana na slici 6. Prijedlog je položiti kabel na dubini 0,7 m u trolisnoj konfiguraciji.

## ARMIRANOBETONSKE MONTAŽNE TRANSFORMATORSKE STANICE

Tip: VTSK 12 (24) - 250



Detaljni podaci na zahtjev

### Namjena

za transformaciju i razdiobu električne energije prvenstveno kod napajanja gusto naseljenih urbanih područja

- . predviđena za ugradnju na mjestu postave kao kompaktna cjelina sa svom elektroopremom
- . postava moguća na svim mjestima gdje postoji odgovarajući pristupni put i teren minimalne nosivosti od 50 kN/m<sup>2</sup>
- . predviđena za smještaj jednog transformatora do 250 kVA i srednje naponskog bloka

### TEHNIČKI PODACI

- . trafostanica je izvedena kao jedinstvena kompaktna armiranobetonska cjelina koju čine podzemni dio (temeljna kada) i nadzemni dio (kucica) od visokovrijednog vodonepropusnog betona MB C 25/30
- . kuciste trafostanice izrađena je od tvornički proizvedenog visokovrijednog vodonepropusnog betona marke MB C 25/30
- . vodonepropusno uvođenje kablova; uvodnice tip „HAUF“ od visokovrijednog polikarbonata 4 ø150 mm
- . vrata i fiksne rebrenice ventilacijskih otvora izvode se od pocinčanog lima i eloksiranog aluminija
- . obrada unutarnjih zidova jest betonska površina bojena bijelom disperznom bojom
- . vanjski fasadni zidovi mogući u izvedbi glatkog betona bojenog fasadnim bojama ili kao prani kulir
- . tlocrtne dimenzije (vanjske mjere): 190 x 190 cm
- . varijanta „A“ visine (vanjske mjere): 220 cm od čega se 90 cm - podzemni dio (temeljna armiranobetonska kada) ukapa u tlo i 130 cm nadzemni dio
- . varijanta „B“ visine (vanjske mjere): 236 cm od čega se 90 cm - podzemni dio (temeljna armiranobetonska kada) ukapa u tlo i 146 cm nadzemni dio
- . ukupna masa trafostanice bez ugrađene opreme: cca 5500 kg.

Slika 3. Armiranobetonska montažna transformatorska stanica [1]

## N2XS(F)2Y, NA2XS(F)2Y

### ENERGETSKI KABELE S XLPE IZOLACIJOM I PE PLAŠTEM S UZDUŽNOM VODONEPROPUSNOM IZVEDBOM ELEKTRIČNE ZAŠTITE

**Stara oznaka:** XHE 49, XHE 49-A

**Tipaska oznaka po HRN HD:** N2XS(F)2Y, NA2XS(F)2Y, EXeCWB, EAXeCWB

**Tipaska oznaka po DIN VDE:** N2XS(F)2Y, NA2XS(F)2Y

**Standardi i norme:** HRN HD 620 S2 Part 10 C  
IEC 60 502-2  
DIN VDE 0276 T 620

**Nazivni napon:**  $U_0/U=12/20$  kV, 18/30 kV, 20,8/36 kV

**Najviši napon mreže:**  $U_m=24$  kV, 36 kV, 42 kV

**Ispitni napon:**  $U_i=30$  kV, 45 kV, 52 kV

### OPIS KONSTRUKCIJE

- 1. Vodič:** bakreno ili aluminijsko uže, zbijeno
- 2. Ekran vodiča:** Poluvodljivi sloj na vodiču
- 3. Izolacija:** XLPE
- 4. Ekran izolacije:** Poluvodljivi sloj na izolaciji
- 5. Separator:** bubriva vrpca, poluvodljiva
- 6. Električna zaštita/ekran:** od bakrenih žica i bakrene trake
- 7. Separator:** bubriva vrpca
- 8. Vanjski plašt:** PE-HD

### POWER CABLES WITH XLPE INSULATION AND PE SHEATH WITH LONGITUDINAL WATERTIGHT CONSTRUCTION OF ELECTRIC PROTECTION

**Old code:** XHE 49, XHE 49-A

**Type coded acc. to HRN HD:** N2XS(F)2Y, NA2XS(F)2Y, EXeCWB, EAXeCWB

**Type coded acc. to DIN VDE:** N2XS(F)2Y, NA2XS(F)2Y

**Standards and norms:** HRN HD 620 S2 Part 10 C  
IEC 60 502-2  
DIN VDE 0276 T 620

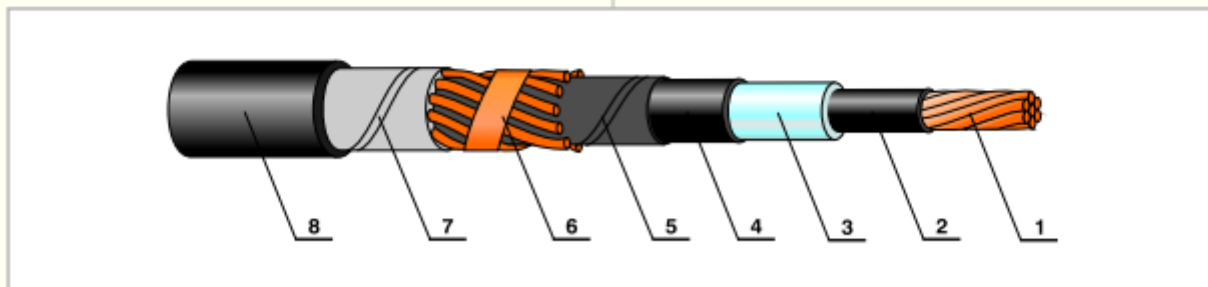
**Nominal voltage:**  $U_0/U=12/20$  kV, 18/30 kV, 20,8/36 kV

**Max.network voltage:**  $U_m=24$  kV, 36 kV, 42 kV

**Test voltage:**  $U_i=30$  kV, 45 kV, 52 kV

### CONSTRUCTION DESCRIPTION

- 1. Conductor:** copper or aluminium rope, compacted
- 2. Conductor screen:** semi-conductive layer over conductor
- 3. Insulation:** XLPE
- 4. Insulation screen:** semi-conductive layer over insulation
- 5. Separator:** swelling tape, semi-conductive
- 6. Electric protection/screen:** of copper wires and copper tape
- 7. Separator:** swelling tape
- 8. External sheath:** PE-HD



### MJESTO I PODRUČJE UPORABE

U zemlju, vlažne terene, kanale, na konzole, gdje se ne očekuju mehanička oštećenja ni mehanička vlačna naprezanja. Kao distributivni kabel u gradskim i ruralnim mrežama.

### PLACE AND FIELD OF APPLICATION

In earth, wet grounds, ducts, on cable trays, where no mechanical damages or mechanical tensile strains are expected. As distributive cable in urbane and rural networks.

Slika 4. Kabelski vod [2]



5.3.1. Izmjere i težine N2XS(F)2Y, NA2XS(F)2Y 12/20/24 kV					5.3.1. Sizes and weights N2XS(F)2Y, NA2XS(F)2Y 12/20/24 kV			
Presjek vodiča i el. zaštite / Cross-section of Conductor and Electric Protection	Promjer vodiča / Conductor Diameter	Debljina izolacije / Insulation Thickness	Promjer preko izolacije / Diameter over Insulation	Debljina plašta / Sheath Thickness	Promjer kabela cca / Cable Diameter approx.	Težina kabela cca / Cable Weight approx.		Najmanji polumjer savijanja / Minimal Bending Radius
						Bakar / Copper	Aluminij / Aluminium	
nxmm <sup>2</sup> /mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm	mm	kg/km	kg/km	mm
1x35/16	7,2	5,5	20,3	2,5	28	1050	840	420
1x50/16	8,3	5,5	21,4	2,5	29	1200	900	430
1x70/16	10,3	5,5	23,4	2,5	31	1450	1000	460
1x95/16	11,3	5,5	24,4	2,5	32	1700	1100	480
1x120/16	12,7	5,5	25,8	2,5	34	2000	1200	510
1x150/25	14,1	5,5	27,2	2,5	35	2250	1400	520
1x185/25	15,7	5,5	28,8	2,5	37	2700	1550	550
1x240/25	18,0	5,5	31,1	2,5	39	3300	1800	580
1x300/25	20,0	5,5	33,1	2,5	42	3950	2100	630
1x400/35	23,8	5,5	36,9	2,5	45	4900	2500	670
1x500/35	26,7	5,5	39,8	2,5	48	6000	2900	720

Slika 5. Specifikacije kabela



Slika 6. Planirana trasa SN kabelskog voda

### 3.2. Priključak

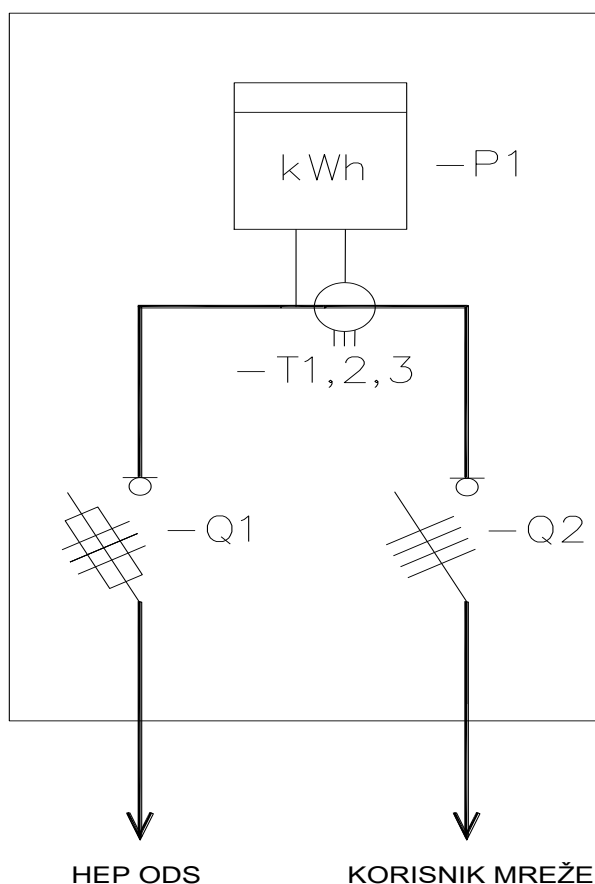
Napajanje mjesta priključenja iz: TS 10(20)/0,4 kV Velje More, NN izvod 1 – Park Lastovo.

Priključak se sastoji od priključnog voda i samostojećeg priključno mjernog ormara (SPMO) (Slika 7.). Priključak građevine Podnositelja zahtjeva na elektroenergetsku distribucijsku mrežu ostvarit će se kabelom XP 00-A 4x150 mm<sup>2</sup> od NN sklopnog bloka TS 10(20)/0.4 kV Velje More do samostojećeg priključno mjernog ormara (SPMO) koji će se postaviti na ulazu u Park Lastovo. U SPMO ugraditi strujne mjerne transformatore prijenosnog omjera 200/5 A. U susretno postrojenje ugraditi glavne osigurače priključka 250 A.

$$I = \frac{P}{3 * U * \cos\varphi} = \frac{127 \text{ kW}}{3 * 230 \text{ V} * 0,95} = 193,75 \text{ A} \sim 200 \text{ A}$$

Mjesto mjerenja električne energije: samostojeći priključno mjerni ormar (SPMO).

Mjesto predaje električne energije: samostojeći priključno mjerni ormar (SPMO).



#### Legenda:

- P1: univerzalno intervalno brojilo
- T1,2,3: strujni mjerni transformatori
- Q1: trolejna osigurač-rastavna sklopka
- Q2: četveropolna osigurač-rastavna sklopka

Slika 7. Priključno mjerni ormar (PMO)/niskonaponski sklopni blok (NBO) za 1 OMM,

smjer proizvodnje:  $P \leq 50 \text{ kW}$ , smjer potrošnje:  $P > 50 \text{ kW}$  (poluizravno mjerenje)

– za sunčane elektrane

#### 4. Izračun naknade za priključenje

Način utvrđivanja naknade za priključenje građevine novog korisnika mreže na distribucijsku mrežu propisan je Metodologijom utvrđivanja naknade za priključenje na elektroenergetsku mrežu novih korisnika mreže i za povećanje priključne snage postojećih korisnika mreže. Naknada za priključenje namijenjena je financiranju izgradnje priključka, stvaranju tehničkih uvjeta u mreži (kao što je prikazano u Tablici 4.).

Tablica 4. Naknada za priključenje na temelju stvarnih troškova

Element	Jedinična cijena [kn]	Količina	Udio investitora u trošku [%]	Ukupna cijena [kn]
<b>Priključak</b>				
Materijal	9.230,41	1,00	100,00	9.230,11
Elektromontažni radovi	1.200,00	1,00	100,00	1.200,00
<b>UKUPNO - Priključak</b>				<b>8.667,70</b>
<b>Stvaranje uvjeta u mreži srednjeg napona</b>				
Materijal	200.000,00	1,00	100,00	200.000,00
TS Elektromontažni radovi	16.000,00	1,00	100,00	16.000,00
TS Građevinski radovi	45.000,00	1,00	100,00	45.000,00
KB Elektromontažni radovi	260.700,00	1,00	100,00	260.700,00
KB Građevinski radovi	591.800,00	1,00	100,00	591.800,00
<b>UKUPNO - Stvaranje uvjeta u SN mreži</b>				<b>1.113.500,00</b>
<b>UKUPNO - Naknada po stvarnom trošku</b>				<b>1.122.167,70</b>

Naknada za priključenje građevine Podnositelja zahtjeva, utvrđena prema Metodologiji utvrđivanja naknade za priključenje na elektroenergetsku mrežu novih korisnika mreže i za povećanje priključne snage postojećih korisnika mreže iznosi: 1.122.167,70 kn + PDV.

## 5. Zaključak

U SN mreži potrebno je stvoriti tehničke uvjete (definirane u točki 3.1 Stvaranje uvjeta u mreži, predmetnog EOTRP-a) za priključenje građevine Podnositelja zahtjeva.

Na temelju analiza mreže u okviru predmetnog EOTRP-a, zaključuje se da građevina Podnositelja zahtjeva može biti priključena na NN mrežu HEP-ODS-a kao kupac s priključnom snagom od 127,00 kW i kao proizvođač s priključnom snagom od 50,00 kW.

## LITERATURA

[1]

[https://gpzaborje.hr/upload/2013/05/tehnobeton\\_trafo\\_hrvatski\\_ispravljeniindd\\_51a8dfd65df29.pdf](https://gpzaborje.hr/upload/2013/05/tehnobeton_trafo_hrvatski_ispravljeniindd_51a8dfd65df29.pdf),

posjećeno 20.03.2023.

[2] <https://elka.hr/n2xsf2y-na2xsf2y/>, posjećeno 20.03.2023.

