

OCENJEVANJE OPREME V ELEKTROENERGETIKI

Ljubljana, 3. marec 2016

Željko Markan, pooblaščen ocenjevalec strojev in opreme

UVOD (teoretični del):

- PRENOS IN DISTRIBUCIJA ELEKTRIČNE ENERGIJE (kratka osvežitev pojmov in sestavnih delov),
- TRANSFORMATORSKE POSTAJE (razdelitev postaj po obliki, namenu, sestavni deli, SN oprema, NN oprema, normalne življenjske dobe komponent...itd),
- DALJNOVODI (vrste, delitev po velikosti in namenu, normalne življenjske dobe komponent),
- SN KABLOVODI (najpogostejši uporabljeni tipi kablov, normalne življenjske dobe),
- NN KABLOVODI (najpogostejši uporabljeni tipi kablov, normalne življenjske dobe).

PRAKTIČNI PREMIERI DOLOČITEV VREDNOSTI (najpogosteje zastopane cennitve v praksi):

- TRANSFORMATORSKA POSTAJA (s ceniki nekaterih glavnih komponent)
- DALJNOVODI (primer 20 kV daljnovoda)
- KABLOVODI (NN in SN kablovod)

Komentar in vprašanja

Viri:

- *Gradiva izobraževanja SIR, ASA in SICOS-a,*
- *VZDRŽEVANJE VISOKONAPETOSTNIH DALJNOVODOV , Borut Pečenko, 2014*
- *Ceniki in katalogi SCHRACK, TSN, ETRA 33, KAPIS...*
- *Bilteni ELES, objavljeni na spletu,*
- *Gradivo konferenc CIGRE, dostopno na spletu,*
- *Tehnične smernice GIZ TS 3,4,6,7 in 8,*
- *Smernice in navodila za izbiro, polaganje in prevzem elektroenergetskih kablov napetosti 1 kV do 35 kV,*
- *Tipizacija omrežnih priključkov, GIZ Distribucije električne energije 2005,*
- *Elektrotehnični priročnik , Dragutin Kaiser , Zagreb,*
- *Westermanov elektrotehnični priročnik, 1985,*
- *Trafo postaja Guzej 2014, (diplomska naloga)*
- *Elektroenergetska omrežja in naprave (Igor Papič in Peter Žunko), 2012/13*
- *Lastna baza podatkov in fotografij*

PRENOS IN DISTRIBUCIJA ELEKTRIČNE ENERGIJE

INFRASTRUKTURO PREDSTAVLJAJO NASLEDNJI OBJEKTI, OMREŽJA ALI NAPRAVE

- **Nadzemni električni vodi**
- **Podzemni električni vodi**
- *Razdelilne transformatorske postaje*
- *Razdelilne postaje*
- **Transformatorske postaje**
- *Daljinovodna polja*
- *Transformatorska polja*
- *Zvezna polja*
- *Merilna polja*
- *Zbiralke*
- **Energetski transformatorji**
- *Transformatorji lastne porabe*
- *Primarna srednjenapetostna in nizkonapetostna oprema;*
- *Centri vodenja*
- *Gradbeni objekti in konstrukcije*
- *Sekundarna oprema*
- *Telekomunikacijska oprema*

3

KRATKI OPISI SESTAVNIH DELOV ELEKTRO INFRASTRUKTURE:

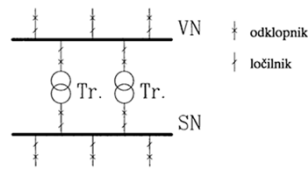
Nadzemni električni vod – je objekt gospodarske javne infrastrukture, ki obsega gradbeni inženirski objekt v celoti od priključnega portala ene postaje, do priključnega portala druge postaje, vključno s stebri, temelji, ozemljilnim sistemom, vodniki, telekomunikacijskimi vodi in spojkami, spojno in izolacijsko opremo ter s priključnimi izolatorskimi verigami.

Podzemni električni vod – je objekt gospodarske javne infrastrukture, ki obsega enega ali več kabelskih sistemov, ki so položeni v zemljo in je objekt, katerega sestavljajo kabelska kanalizacija, izolirani vodniki, pritrdilna oprema, spojni material, telekomunikacijska oprema in ozemljilni sistem.

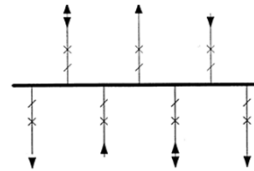
Razdelilna transformatorska postaja RTP – je objekt gospodarske javne infrastrukture, katerega sestavljajo stavba, primarna električna, sekundarna električna in telekomunikacijska oprema, ki je namenjena povezovanju več električnih vodov dveh ali več nazivnih napetosti, ki so med seboj povezani z enim ali več transformatorji.

V takšnih postajah sta prisotni vsaj dve kompletni stikališči (glej sliko 1)

4



Slika 1. Razdelilna transformatorska postaja - RTP

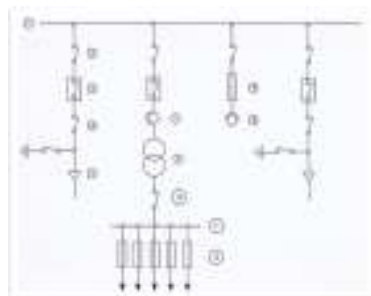


Slika 2. Razdelilna postaja - RP

Razdelilna postaja – je objekt gospodarske javne infrastrukture, katerega sestavljajo stavba, primarna električna, sekundarna električna in telekomunikacijska oprema, ki je namenjen povezovanju več električnih vodov ene nazivne napetosti.

Transformatorska postaja – je objekt gospodarske javne infrastrukture, ki je namenjen povezovanju enega električnega voda višje nazivne napetosti in več transformatorji, ki ga sestavljajo zgradba, primarna električna, sekundarna električna in telekomunikacijska oprema in se nahaja na stebru, na tleh ali v stavbi.

5



Slika 3. Shema trafo postaje

- 1 - zbiralke
- 2 - visokonapetostni ločilniki
- 3 - odklopniki
- 4 - ločilniki z ozemljitvenimi noži
- 5 - dovodi – odvodi
- 6 - energetske transformatorji
- 7 - tokovni transformatorji
- 8 - napetostni transformatorji
- 9 - visokonapetostne varovalke
- 10 - nizkonapetostni ločilnik
- 11 - nizkonapetostne zbiralke
- 12 - nizkonapetostne varovalke v odvodih

Daljnovidno polje – obsega visokonapetostne elemente in povezave od zbiralke do povezave na priključni portal, vključno z izolatorskimi verigami in priključki na električni vod, pripadajoče kableske povezave, drugo sekundarno in komunikacijsko opremo ter krmilno omarico.

Transformatorsko polje – obsega visokonapetostne elemente in povezave od zbiralke do energetskega transformatorja, vključno z visokonapetostnim ločilnikom za ozemljitev nevtralne točke, pripadajoče kableske povezave, drugo sekundarno in komunikacijsko opremo ter krmilno omarico, vendar brez energetskega transformatorja.

6

Zvezno polje – obsega visokonapetostne elemente in povezave med zbiralkami, krmilno omarico, drugo sekundarno in komunikacijsko opremo ter pripadajoče kableske povezave.

Merilno polje – obsega visokonapetostne elemente in povezave do zbiralke, krmilno omarico, drugo sekundarno in komunikacijsko opremo ter pripadajoče kableske povezave.

Zbiralke – obsegajo visokonapetostne povezave med polji, izolacijsko opremo in pripadajoče konstrukcije.

Energetski transformator – je naprava, ki transformira napetost z ene na drugo nazivno napetost in je namenjena prenosu ali distribuciji električne energije.

Transformator lastne porabe – je naprava, ki transformira napetost z ene na drugo nazivno napetost in je namenjena napajanju lastne porabe energetskih objektov.

Primarna sredjenapetostna in nizkonapetostna oprema – obsega objekte in naprave, ki neposredno predstavljajo distribucijsko omrežje in je sestavljeno iz daljnovidnega, transformatorskega, zveznega ter merilnega polja.

7

Center vodenja – je del sekundarne opreme, ki obsega programsko in strojno opremo za nadzor in upravljanje delov elektroenergetskega sistema ter lahko vključuje stavbo.

Gradbeni objekt in konstrukcija – obsega celotne ali dele objektov, omrežij in naprav, ki so bistven element pri delovanju elektroenergetskega sistema in obsega daljnovidne stebre s temelji, portale in ostale konstrukcije v stikališču s temelji, kableske kanale v stikališču, kanalizacijo, komunalni razvodi, vodovod, stavbe v postajah, relejne hišice, ograje objektov ter ozemljitvene sisteme objektov.

Sekundarna oprema – obsega elemente, ki niso nujno neposredno povezani z omrežjem, vendar so bistveni za zagotavljanje zanesljivosti elektroenergetskega sistema. Elementi sekundarne opreme so energetski kabli, kableske povezave sekundarne opreme, naprave zaščite, vodenja in meritev, zaščitni releji, naprave za prenos kriterijev, komandna plošča, akumulatorske baterije, dizel agregati, razvodi in omare lastne porabe, usmerniki/razsmerniki, napajalni deli relejnih hišic idr.

8

Telekomunikacijska oprema – obsega programsko in strojno opremo ter naprave, ki so potrebne za nemoteno delovanje telekomunikacij za delovanje prenosnega in distribucijskega omrežja.

TRANSFORMATORSKE POSTAJE:

Delimo jih lahko delimo na več načinov:

Po položaju v elektroenergetskem sistemu:

- **napajalne:** so transformatorske postaje elektrarn in te transformirajo generatorsko napetost na 110 kV, 220 kV in 380 (400) kV,
- **prehodne:** prilagajajo napetostne nivoje (padci napetosti) in napajanje prenosnih vodov (110 / 220 / 380 (400) kV),
- **končne ali distribucijske:** izvajajo najprej transformacijo iz visoke napetosti 110 kV, 220 kV ali 380 (400) kV na sredjenapetostni nivo 10 kV, 20 kV ali 35 kV in potem še neposredno pri porabnikih končna transformacija na 400V.

Po načinu gradnje:

- **razdelilne:** te predstavljajo večja energetska vozlišča in jih srečujemo neposredno na pragu elektrarne in po prenosu el. energije še za napajanje mest in industrijskih con,

9

- **mestne ali kabelske:** so postavljene za končnimi razdelilnimi postajami in se lahko nahajajo v lastni zgradbi (kletni prostori bloka...), pod zemljo, v lastni zgradbi kot klasično zidane ali montažne kompaktne kovinske,
- **podeželske:** tudi te so postavljene za končnimi razdelilnimi postajami in jih poznamo kot stolpno izvedbo, vedno več pa se uporablja jamborska izvedba na drogu.



RTP, betonska montažna, kompaktna, zidana ter jamborska postaja

10

TRANSFORMATORSKE POSTAJE

Transformatorske postaje (TP) so elektroenergetski postroji, katerih naloga je:

- zbrati dovedeno električno energijo,
- transformirati električno energijo na potrebni nivo napetosti,
- razdeliti električno energijo odjemalcem.

Razdelitev energije oz. njeno transformacijo se izvede s pomočjo naslednjih naprav v postaji: transformatorjev, naprav za vklop in izklop, zaščito transformatorjev in vodov ter naprav za merjenje porabljene električne energije.

Poleg osnovnih nalog ima transformatorska postaja tudi obvezne oz. dodatne naloge:

- izvedba stikalnih manipulacij (vklopi, izklopi, preklopi napajanja...),
- zaščito elektroenergetskih naprav in vodov,
- izvedbo meritev,
- krmiljenje in regulacijo,
- kompenzacija jalove energije.

11

Za delovanje transformatorskih postaj potrebujemo:

- transformator (osnovni stroj),
- dovode in odvode,
- stikala,
- naprave za krmiljenje, regulacijo ter upravljanje,
- merilne naprave,
- naprave za zaščito.

Mestne ali kableske transformatorske postaje:

*Mestne transformatorske postaje se morajo podrediti urbanističnim načelom, kar pomeni, da morajo biti tovrstni objekti čim bolj neopazni. Temu načelu so zelo dobro sledile transformatorske postaje **v kletnih prostorih stanovanjskih blokov**, ki pa se danes v glavnem ne gradijo več, saj tovrstni objekti motijo prebivalce z „brenčanjem“, še bolj moteč pa je nedvomno škodljiv izvor elektromagnetnega polja transformatorja.*

12

Najpogostejša izvedba je **klasično zidana TR postaja**, ki ima običajno tako obliko zgradbe, da po navadi sploh ne vemo zanjo.

Cenejša različica, ki se v zadnjem času vedno več uporablja je **montažna izvedba TR postaje**. Lahko je montažna betonska ali montažna kovinska izvedba. Montažne kovinske imajo najpogosteje mobilno vlogo, medtem, ko imajo montažne betonske vlogo trajnih TR postaj. Te so v zadnjih desetletjih najpogostejše postaje v urbanih naseljih.

Obstaja še **izvedba TP pod zemljo**, ki kot ideja za podreditev urbanističnim načelom predstavlja idealno rešitev. V praksi se za takšno izvedbo odločimo le, če drugače ni dovolj. Izgradnja takega tipa je dražja, poleg tega pa so prisotne določene težave s hlajenjem in problemi s talno vodo.

13

Osnovni podatki posameznih **betonskih transformatorskih postaj** glede na izvedbo ogrodja (TSN)

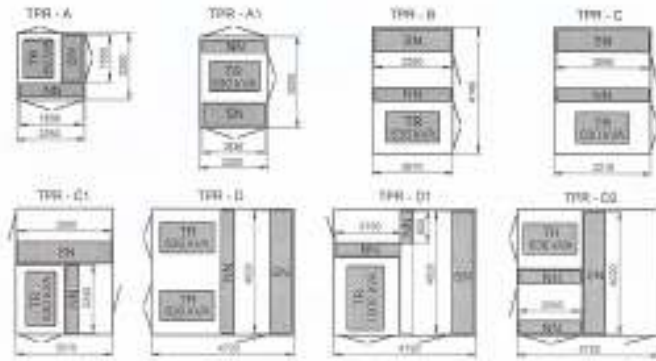
Tip postaje	Max. število in moči transformatorjev		Zunanje dimenzije ohišja dolžina x širina x višina	Izvedba ohišja
TPR - A	1	400 kVA	2 250 x 2 200 x 2 790 mm	16
TPR - A1	1	630 kVA	2 250 x 3 000 x 2 790 mm	17
TPR - B	1	630 kVA	2 670 x 4 140 x 2 790 mm	7
TPR - C	1	1000 kVA	3 210 x 4 140 x 2 790 mm	8
TPR - C1	1	630 kVA	3 210 x 4 140 x 2 790 mm	18
TPR - D	2	630 kVA	4 720 x 4 140 x 2 790 mm	9
TPR - D1	1	1.000 kVA	4 720 x 4 140 x 2 790 mm	19
TPR - D2	1	630 kVA	4 720 x 4 140 x 2 790 mm	23
TPR - E1	2	1 000 kVA	5 230 x 4 140 x 2 790 mm	11
TPR - E2	2	1 000 kVA	6 500 x 4 140 x 2 790 mm	12
TPR - E3	2	1 000 kVA	6 980 x 4 140 x 2 790 mm	13
TPR - E4	2	1 000 kVA	7 250 x 4 140 x 2 790 mm	14
TPR - F	4	1 000 kVA	12 200 x 4 140 x 2 790 mm	15

Pločevinaste postaje (IMP Ten)

IMP Ten 2/24, do 1x250 kVA (tudi KTPp20-251-k31)	dim. 1900x1450x2470 mm (1510 nad koto „0“)
IMP Ten 6/24, do 1x630 kVA (tudi KTPp20-6311-k34)	dim. 2700x2200x2600 mm (1850 nad koto „0“)
IMP Ten 10/24, do 1000 kVA (tudi KTPp20-1001- k35)	dim. 3400x2400x2800 mm (1850 nad koto „0“)

14

Razporeditve prostorov TPR-A do TPR-D2 (za identifikacijo velikosti postaj)



15

Razporeditve prostorov TPR-E1 do TPR-F (za identifikacijo velikosti postaj)



16

Betonska postaja – točkovni temelji

Betonska postaja – podkletena (betonsko korito)

Dimenzije izkopov in podbetona za Za ogrodja TSN

Tip	h	b	B
TSN 1	100	100	100
TSN 2	150	150	150
TSN 3	200	200	200
TSN 4	250	250	250
TSN 5	300	300	300
TSN 6	350	350	350
TSN 7	400	400	400
TSN 8	450	450	450
TSN 9	500	500	500
TSN 10	550	550	550
TSN 11	600	600	600
TSN 12	650	650	650
TSN 13	700	700	700
TSN 14	750	750	750
TSN 15	800	800	800
TSN 16	850	850	850
TSN 17	900	900	900
TSN 18	950	950	950
TSN 19	1000	1000	1000
TSN 20	1050	1050	1050
TSN 21	1100	1100	1100
TSN 22	1150	1150	1150
TSN 23	1200	1200	1200
TSN 24	1250	1250	1250
TSN 25	1300	1300	1300
TSN 26	1350	1350	1350
TSN 27	1400	1400	1400
TSN 28	1450	1450	1450
TSN 29	1500	1500	1500
TSN 30	1550	1550	1550
TSN 31	1600	1600	1600
TSN 32	1650	1650	1650
TSN 33	1700	1700	1700
TSN 34	1750	1750	1750
TSN 35	1800	1800	1800
TSN 36	1850	1850	1850
TSN 37	1900	1900	1900
TSN 38	1950	1950	1950
TSN 39	2000	2000	2000
TSN 40	2050	2050	2050
TSN 41	2100	2100	2100
TSN 42	2150	2150	2150
TSN 43	2200	2200	2200
TSN 44	2250	2250	2250
TSN 45	2300	2300	2300
TSN 46	2350	2350	2350
TSN 47	2400	2400	2400
TSN 48	2450	2450	2450
TSN 49	2500	2500	2500
TSN 50	2550	2550	2550
TSN 51	2600	2600	2600
TSN 52	2650	2650	2650
TSN 53	2700	2700	2700
TSN 54	2750	2750	2750
TSN 55	2800	2800	2800
TSN 56	2850	2850	2850
TSN 57	2900	2900	2900
TSN 58	2950	2950	2950
TSN 59	3000	3000	3000
TSN 60	3050	3050	3050
TSN 61	3100	3100	3100
TSN 62	3150	3150	3150
TSN 63	3200	3200	3200
TSN 64	3250	3250	3250
TSN 65	3300	3300	3300
TSN 66	3350	3350	3350
TSN 67	3400	3400	3400
TSN 68	3450	3450	3450
TSN 69	3500	3500	3500
TSN 70	3550	3550	3550
TSN 71	3600	3600	3600
TSN 72	3650	3650	3650
TSN 73	3700	3700	3700
TSN 74	3750	3750	3750
TSN 75	3800	3800	3800
TSN 76	3850	3850	3850
TSN 77	3900	3900	3900
TSN 78	3950	3950	3950
TSN 79	4000	4000	4000
TSN 80	4050	4050	4050
TSN 81	4100	4100	4100
TSN 82	4150	4150	4150
TSN 83	4200	4200	4200
TSN 84	4250	4250	4250
TSN 85	4300	4300	4300
TSN 86	4350	4350	4350
TSN 87	4400	4400	4400
TSN 88	4450	4450	4450
TSN 89	4500	4500	4500
TSN 90	4550	4550	4550
TSN 91	4600	4600	4600
TSN 92	4650	4650	4650
TSN 93	4700	4700	4700
TSN 94	4750	4750	4750
TSN 95	4800	4800	4800
TSN 96	4850	4850	4850
TSN 97	4900	4900	4900
TSN 98	4950	4950	4950
TSN 99	5000	5000	5000
TSN 100	5050	5050	5050

Monolitne transformatorske postaje SCHEIDT/SAVA

Notranje posluževanje

Zunanje posluževanje

Monolitno ohišje

BEK 300-400	-	1x1000kVA
BEK 300-450	-	1x630kVA
BEK 300-500/1	-	1x1250kVA
BEK 300-500/2	-	2x630kVA
BEK 300-650	-	2x1000kVA
BEK 300-750	-	2x1000kVA

NZ 170-200	-	1x250kVA
NZ 200-280	-	1x400kVA
NZ 180-300	-	1x630kVA
NZ 240-310	-	1x1000kVA

Armiranobetonsko montažno ohišje SAVA

Naziv TP	Max. moč	Dimenzije (nad tlemi)
SAVA 1	630 kVA	338x218x263cm
SAVA 1G	630 kVA	330x220x278 cm
SAVA 2	630 kVA	459x264x268 cm
SAVA 3	1000 kVA	442x328x268 cm
SAVA 4	2x630 kVA	412x485x268 cm
SAVA 5	2x1000 kVA	526x458x268 cm
SAVA 6	3x1000 kVA	748x458x268 cm

Glavne komponente ocenjevane energetske opreme in upoštevane normalne življenjske dobe NŽD:

sklop	Naziv dela sredstev	obseg del	NŽD
A1.	Betonska ogrodja TSN in ostala gradbena dela	komplet	40 let
A2.	Energetski transformatorji 20/0,4 kV in 10/0,4 kV	komplet	30 let
A3.	Elektro oprema v TP v ključno s povezavami (SN)	komplet	35 let
A4.	Elektro oprema v TP v ključno s povezavami (NN)	komplet	35 let
A5.	Ostala prema	komplet	35 let

Ostala oprema trafo postaj

A6.	Konstrukcija jamborske trafo postaje (Al ali Fe)	komplet	40 let
A7.	Konstrukcija jamborske trafo postaje (betonski drog)	komplet	35 do 40 let
A8.	Konstrukcija jamborske trafo postaje (leseni drog)	komplet	30 let
A9.	Merilna oprema (elektronski števeci, stikalne ure, MTK oddajniki in sprejemniki,...indukcijski števeci...)	komplet	15 do 24 let
A10.	Oprema kompenzacije jalove energije (kot celota)	komplet	15 let

Oprema razdelilnih trafo postaj in razdelilnih postaj

A11.	Energetski transformatorji ...110/35 kV, 110/20 kV	komplet	35 let
A12.	Primarna oprema RTP in RP (odklopniki, ločilke, zbiralke, ozemljitve...)	komplet	30 do 35 let
A13.	Sekundarna oprema RTP in RP (merilni transformatorji, distančna zaščita, ranžirne omarice)	komplet	20 do 30 let
A14.	Sekundarna oprema (KDZ oprema za prenos, števeci DV polj, parametiranje...)	komplet	15 let
A15.	AB temelji, jekleni portali, jekleni podstavki, kabelska kanalizacija...	komplet	50 let

19

Nadomestitvene vrednosti nekaterih značilnih AB ogrodiv TSN:

Tip postaje	Max. število in moči transformatorjev	Zunanje dimenzije ohišja dolžina x širina x višina	NV (EUR)
TPR - A	1 400 kVA	2 250 x 2 200 x 2 790 mm	5.400
TPR - B	1 630 kVA	2 670 x 4 140 x 2 790 mm	7.300
TPR - C	1 1000 kVA	3 210 x 4 140 x 2 790 mm	7.900
TPR - D	2 630 kVA	4 720 x 4 140 x 2 790 mm	10.900
TPR - D1	1 1.000 kVA	4 720 x 4 140 x 2 790 mm	11.300
TPR - E1	2 1 000 kVA	5 230 x 4 140 x 2 790 mm	13.800
TPR - E4	2 1 000 kVA	7 250 x 4 140 x 2 790 mm	17.800

Zgornje vrednosti veljajo za dobavo nepodkletenih AB ohišij brez montaže opreme. Podkletena ogrodja so cca 9 do 11% dražja od nepodkletenih (točkovni temelji). V nazivu imajo dodano oznako "v".

Tip transformatorja OLJNI	NV (EUR)	Tip transformatorja MIDEL (organski ester)	NV (EUR)
TR 20/04 kV, 50 kVA	4.200	TR 20/04 kV, 50 kVA	4.800
TR 20/04 kV, 100 kVA	5.000	TR 20/04 kV, 100 kVA	5.700
TR 20/04 kV, 160 kVA	6.100	TR 20/04 kV, 160 kVA	7.000
TR 20/04 kV, 250 kVA	7.100	TR 20/04 kV, 400 kVA	8.200
TR 20/04 kV, 400 kVA	9.700	TR 20/04 kV, 400 kVA	11.100
TR 20/04 kV, 630 kVA	12.300	TR 20/04 kV, 630 kVA	14.100
TR 20/04 kV, 1000 kVA	16.400	TR 20/04 kV, 1000 kVA	18.700
TR 20/04 kV, 1250 kVA	20.300	TR 20/04 kV, 1250 kVA	23.400

Montaža
transformatorjev s prevozom stane od cca 250 do 400 EUR

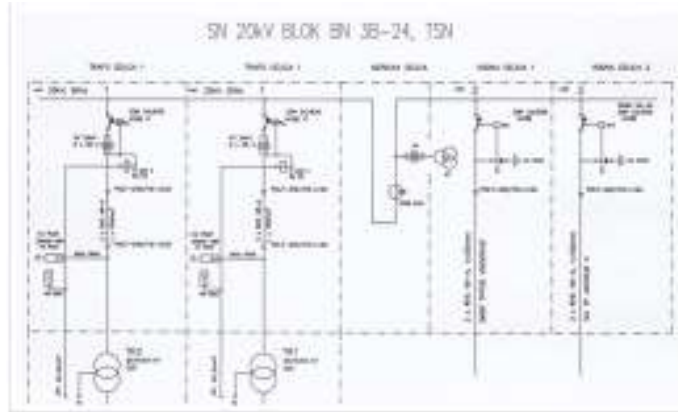
Suhi transformatorji so od 3 do 20% dražji od oljnih (slabši izkoristek, glasnejši, ventilatorji, nižji IP...)

Energetski transformatorji, ki so prevezljivi iz 20/10 kV, so od 2 do 10% dražji od 20 kV. Odstopanje napetosti na SN strani je do 10%, na NN strani pa do 20% nadomestitvenih vrednosti.

20

SN oprema v trafa postajah je po navadi grajena za 24 kV (12 kV), zajema pa predvsem:

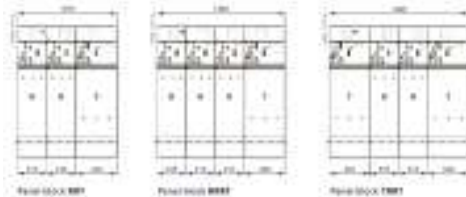
- Vodne celice raznih programov... BN4K, CN4K... (od 2500 do 2900 EUR)
- Transformatorske celice (od 2800 do 3100 EUR)
- Merilne celice (eden ali dva merilna sistema) (od 2600 do 4200 EUR)
- Spojne celice z ločilnim stikalom (od 2500 do 2700 EUR)
- Prazna celica (od 1200 do 1300 EUR)



Cena SN celic je močno odvisna od vgrajenih tipov stikal (vakuumski odklopniki, ločilni odklopniki, ločilniki, kompresijska stikala, od načina pogona stikal in ostale opreme (ozemljitvenih nožev, odvodnikov...itd.

21

V zadnjih 15 letih se je veliko vgrajevalo tudi opremo v hermetični izvedbi, polnjeni s plinom SF₆. Ta oprema, ki se vgrajuje v obliki kompaktnih, vnaprej sestavljenih blokov, je sicer nekoliko dražja od navadnih „zračnih“ celic, vendar zavzema veliko manj prostora, pa tudi vzdrževanje, tekem dobe njene uporabe je bistveno cenejše. Najpogosteje se na terenu sreča bloke SF₆ naslednjih proizvajalcev: SIEMENS, SCHNEIDER, ABB ter XIRIA (EATON). Njihova pričakovana življenjska doba bo cca 30 let. Zahtevnejša in dražja je njihova odstranitev, saj plin SF₆ spada med toplogredne pline. Nabavne vrednosti se gibljejo odvisno od njihove sestave, od 7500 do 16000 EUR.



Nekaj primerov blokov SF₆, SIEMENS.



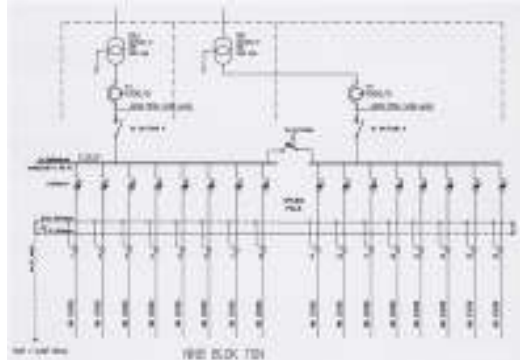
Stikalni bloki RM6 (tudi polnjeni s SF₆), SCHNEIDER (Merlin Gerin).

22

SN oprema v trafo postajah pa po navadi zajema naslednje bloke:

- Vodne celice npr. programa BN4K, CN4K... (od 2500 do 2900 EUR)
- Transformatorske celice (od 2800 do 3100 EUR)
- Merilne celice (eden ali dva merilna sistema) (od 2600 do 4200 EUR)
- Spojne celice z ločilnim stikalom (od 2500 do 2700 EUR)
- Prazna celica (od 1200 do 1300 EUR)

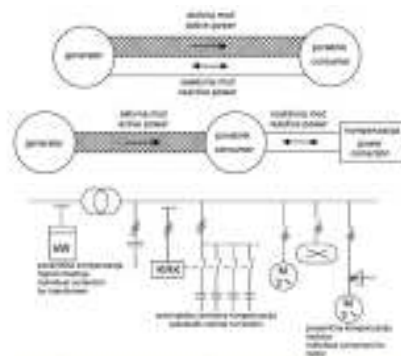
Vgrajena oprema v posameznih NN blokih je po navadi bolj ali manj serijska, vendar je kot celota v bistvu sestavljena „po meri“, glede na potrebe uporabnikov. Tovrstna oprema je pogosto predimezionirana, tako glede na število, kot tudi pri nazivne tokove NN izvodov. Zelo pomembno je, da se pridobi (kopira, fotografira ali skicira) zadnja enopolna shema.



Tipični izgled NN bloka, sestavljenega iz dveh tipskih blokov TSN – enopolna shema.

Ostala NN oprema v trafo postajah:

V trafo postajah se pogosto nameščajo tudi enote namenjene **kompensaciji jalove energije**. Gre za avtomatske naprave, ki povišujejo faktor delavnosti toka. Namenjene so razbremenitvi vodov in transformatorjev, hkrati pa uporabnikom znižujejo stroške za energijo. Potrebna je zaradi porabnikov, ki za svoje delovanje potrebujejo jalovo energijo, ti so: razni elektromotorji, transformatorji, indukcijske peči, varilni aparati, dušilke, fluorescenčna razsvetljava...itd. Osnovna enota za jalovo moč je kVAr. Možnih je več načinov kompenzacije in sicer: posamična kompenzacija večjih porabnikov, skupinska kompenzacija več naprav skupaj in centralna kompenzacija. Kompenzacija je 3, 6, 9, 10, 15, 18... stopenjska. Več stopenj ima, dražja je. NŽD baterij je cca 10 let, ostale opreme 25 let, ali 15 let kot celote. **Opozorilo:** NN kompenzacijske naprave so po navadi vezane za meritvami, tako, da se v sklopu opreme TP ne ocenjujejo, in ostanejo v lasti uporabnikov.



Primer tipskih omari proizvajalca ISKRA

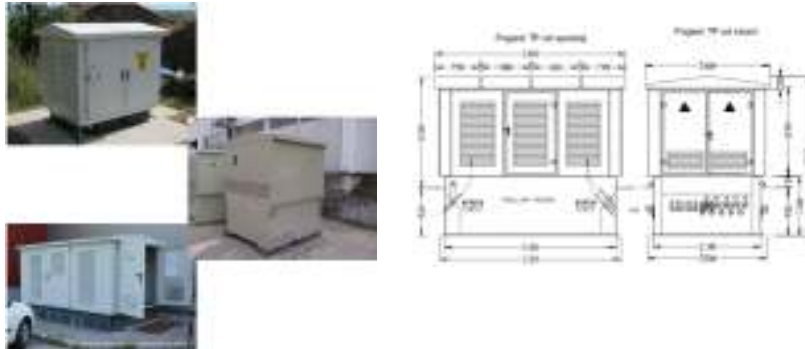
Tip Type	MoE Power range (kvar)	Tip	Nazivna moč (kvar)
	25	KOK7115	100
KOK7613	35	KOK7114	100
KOK7614	45	KOK7116	125
KOK7614	60	KOK7115	125
KOK7614	80	KOK7117	150
KOK7614	90	KOK7116	150
KOK7614	105	KOK7118	175
KOK7614	120	KOK7119	200
KOK7615	135	KOK7110	225
		KOK7111	250
		KOK7112	300

Primer NV (SCHRACK)
 25 kVAr cca 2500 EUR
 60 kVAr cca 3100 EUR
 100 kVAr cca 3600 EUR
 150 kVAr cca 6000 EUR
 250 kVAr cca 7500 EUR

Kompaktne transformatorske postaje se uporabljajo v urbanih naseljih in tam kjer ni veliko prostora za postavitev večjih montažnih ali zidanih enot. Izdelujejo se za velikosti transformatorjev do 250, 630 ali 1000 kVA. Najpomembnejši proizvajalec na slovenskem trgu TSN Ten. Postaje so cca 950 mm vkopane v zemljo, višina nad zemljo pa znaša od 1510 do 185 mm. Oprema je predvsem tipska, možne pa so tudi odstopanja in vgradnja opreme po potrebi naročnika (stikala namesto SN varovalk, prenapetostna zaščita...itd). Gradbena dela se upoštevajo dodatno.

IMP Ten 2/24, do 1x250 kVA (tudi **KTPp20-251-k31**)
IMP Ten 6/24, do 1x630 kVA (tudi **KTPp20-6311-k34**)
IMP Ten 10/24, do 1000 kVA (tudi **KTPp20-1001-k35**)

NV2 cca 20.000 do 24.000 EUR
 NV6 cca 35.000 do 40.000 EUR
 NV10 cca 45.000 do 50.000 EUR



25

Jamborske trafo postaje: se pojavljajo na AB stebrih, jeklenih in aluminijastih konstrukcijah in na lesenih drogovih. Predvidene so za namestitvev hermetičnih transformatorjev do moči 250 kVA. Predstavljajo cenejšo rešitev napajanja z električno energijo. Izvedba je prostozračna, kar zahteva večje stroške vzdrževanja in večjo izpostavljenost atmosferskim vplivom. Uporaba je primerna na obrobjih mest ter na podeželju.



Jekleni jambor,
trafo 250 kVA,
NV = 21.000 do
22.000 EUR

Leseni A drog,
trafo 250 kVA,
NV = 17.000 do
18.000 EUR

Betonski drog,
trafo 250 kVA,
NV = 20.000 do
21.000 EUR

Jekleni drog
MIKOMI,
trafo 250 kVA,
NV = 24.000 do
25.000 EUR

26

NADZEMNI ELEKTROENERGETSKI PRENOSNI VODI

Nadzemni elektroenergetski prenosni vodi (v nadaljevanju daljnovodi) predstavljajo povezovalni del, med proizvodnjo električne energije do transformatorskih postaj ter od distribucijskih transformatorskih postaj do končnih porabnikov. Zaradi medsebojne povezanosti sistemov in naprav elektroenergetskega sistema, delujejo vse naprave v sistemu elektroenergetskem sistemu kot en subjekt.

Nadzemni elektroenergetski prenosni vodi pa se ne uporabljajo samo za prenos električne energije iz točke A do točke B, ampak tudi za medsebojno povezovanje omrežij, s čim pa dosegamo visoke zanesljivosti elektroenergetskega sistema. Tako recimo, če se zgodi, da napaka v omrežju privede do izpada oziroma okvare enega voda, se bo prenašanje električne energije kljub izpadu normalno lahko nadaljevalo preko drugega nadzemnega elektroenergetskega prenosnega voda.

Pri elektroenergetskih sistemih pa ni nujno, da se električna moč proizvaja zgolj iz enega vira, teh je lahko več. V njih so električne moči proizvedene iz različnih virov tako z premogom, jedrsko energijo, zemeljskim plinom in ostalimi obnovljivimi viri energije (voda, veter, sončna energija) združuje v prenosnem omrežju, iz katerega vsak distribucijski sistem tega elektroenergetskega sistema črpa energijo. Takšen elektroenergetski sistem omogoča doseganje visoke zanesljivosti in zadovoljuje električna omrežja z zadostno kapaciteto električne energije za kvalitetno rabo le te.

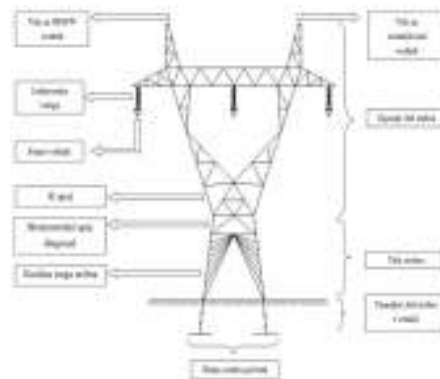
27

Glede na napetostne nivoje jih delimo na:

Visokonapetostni vodi pa povezujejo razdelilne transformacijske postaje, elektrarne in sosednje države. Za prenos se uporabljajo daljnovodi, oziroma v le redkih posebnih primerih kablovodi.

Sredjenapetostni vodi povezujejo razdelilne transformatorske postaje in transformatorske postaje. Za tovrstne vode, se v mestih uporabljajo tako daljnovodi kot kablovodi, na podeželju pa seveda pogosteje daljnovodi.

Nizkonapetostni vodi se uporabljajo za oskrbo širšega prebivalstva in drobnega gospodarstva. Ti povezujejo transformatorske postaje in priključna mesta odjemalca električne energije, v mestih se običajno namesto daljnovodov, uporabijo kablovodi. Na podeželju pa ravno obratno.



28

PREDSTAVITEV NAJVAŽNEJŠE OPREME

Nadzerna omrežja potekajo po oporiščnih točkah, t. i. stebrih. Sestavljajo jih:

- vodniki,
- zaščitne vrvi,
- izolatorji,
- nosilna konstrukcija - telo,
- konzole,
- temelji,
- ozemljila.

Vodnik je osnovni element električnega voda. Namenjen je za prenašanje električne energije od mesta izvora napetosti do potrošnikov, zato je osnovna zahteva pri izbiri vodnikov postavljena električna prevodnost. Vodnike lahko razvrstimo glede na vrsto materiala, obliko in izvedbo. Narejeni pa so lahko iz različnih materialov (baker, bron, aluminij, aldrej, aluminij-jeklo, bimetalna vrv, jeklo).

OPTIČNI KABLI – OPGW (v zaščitnem vodniku)

OPTIČNI KABLI - OPPC (v faznem vodniku)

Izolanti: so izolacijska sredstva, katerih električna prevodnost je nič in ne prevajajo električnega toka. Služijo nam za ločitev vodnikov in delov naprav, ki so pod napetostjo, od delov, ki niso, oziroma glede na zemljo. **Izolator** pa je element, ki ga uporabljamo za izoliranje in pritrditev vodnikov ali naprav. Izbor prebojne trdnosti izolacije naprav v izbranem sklopu EES določa koordinacija izolacije glede na uporabljeni napetostni nivo, tako se zagotavlja največja zanesljivost njegovega obratovanja. Izolacijska sredstva delimo glede na agregatno stanje na: plinasta (zrak, plin), tekoča (olje), trdna (porcelan, keramika, steklo... itd).

29

Konzole so jeklene, ploščati ali profilasti nosilci, oziroma armiranobetonski pri betonskih stebrih. Jeklene konzole morajo biti korozijsko zaščitene z zaščitnim premazom ali vročim pocinkanjem. Na konzole s pomočjo opornikov in stremen pritrujemo izolatorje, ki nosijo vodnike. Konzole poznamo po funkciji (nosilne, razbremenilne, kotne, odcepne, končne in za posebne namene).

Obesna oprema nam mora zagotavljati dobre mehanske in električne lastnosti, korozijsko obstojnost ter preprosto in hitro montažo. Izdelana je iz aluminijeve legure, jekla, litega železa.

Funkcija obesne opreme je:

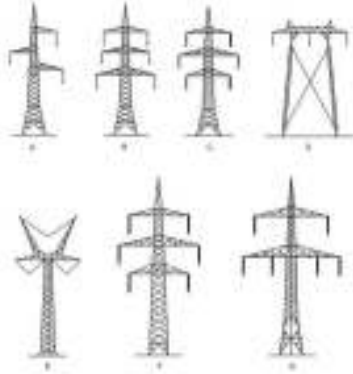
- nošenje, napenjanje vodnikov in zaščitnih vrvi,
- zaščita izolatorjev in vodnikov pred električnim oblokom,
- sestavljanje izolatorskih verig,
- pritrjevanje izolatorjev in izolatorskih verig na konzole,
- sestavljanje snopastih vodnikov,
- zmanjševanje vibracij in nihanj vodnikov.

STEBRI: Služijo kot nosilna konstrukcija. Najpogosteje uporabljeni stebri so: **kovinski**, **betonski**, **leseni** ter **kompozitni**.

Za daljnovode napetostnega nivoja 110, 220 in 400 kV so stebri palične konstrukcije pritrjeni v betonske temelje, ki so dimenzionirani glede na višino stebra in konfiguracijo terena. Poznamo **nosilne stebre**, pri katerih ni mehanskih napetosti vodnika. Vodnik in zaščitna vrv nista trdno pritrjena, ampak le obešena. Vodnik je vpet med konzolo z izolatorjem in nosilno sponko, strelodovna vrv pa je obešena v G-nosilec. Pri **napenjalnih (zateznih) stebrih** pa sta vodnik in zaščitna vrv fiksno pritrjena v steber. Vodnik je vpet med konzolo z izolatorjem in zatezno ali kompresijsko sponko, strelodovna vrv pa na železno ploščo v glavi stebra.

30

Tipi VN stebrov



Oznaka na sliki	Ime	Napetost
A	trikotnik	110 kV
B	smreka	2 × 110 kV
C	sod	2 × 220 kV
D	portalna oblika	220 kV ali 400 kV
E	mačka	400 kV
F	sod	2 × 400 kV
G	dvojni trikotnik	2 × 400 kV

DV/napetost	oprema	NV/km (EUR)
1 x 400 kV, Fe	Al vodniki 490/65 mm ²	550.000 do 600.000 EUR
1 x 220 kV, Fe	Al vodniki 240/55 mm ²	500.000 do 550.000 EUR
1 x 110 kV, Fe	Al vodniki 240/55 mm ²	350.000 do 400.000 EUR

	Previd	Število stebrov	L ₁
VVi	5008, 7580, 9565, 12870	1	0,55 – 0,700
	7012, 9087	2	0,809
	17840, 24076, 36576, 49013	3	0,826
AlFe AlMg1Fe	490/65	3	0,810
Maselni cilindrični vodniki	18 – 50		0,726
	50 – 120		0,758
	150 – 185		0,768
	240 – 500		0,772

Normalne življenjske dobe konstrukcij VN DV znašajo od 60 do 65 let (podatek CIGRE 63 let).

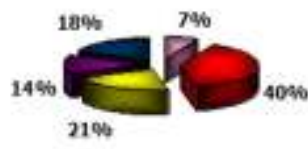
31

Elektroenergetsko prenosno omrežje v Sloveniji:



32

Starost in dolžine VN EE omrežja:



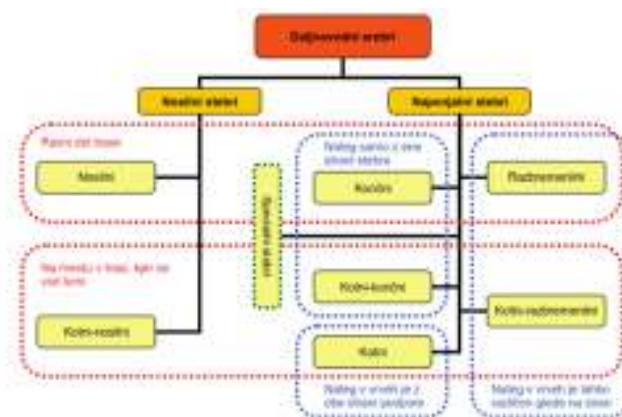
• 400 kV	417 km
• 220 kV	299 km
• 110 kV	1.272 km

Skupaj 1.988 km

Vrsta mreže	Nazivna napetost (kV)	Razpon med oporišči	Namen uporabe
Nizko napetostno omrežje	0,4	40 do 80 m	Oskrba gospodinjstev in obrtnih in manjših industrijskih postrojev z električne energije
Srednje napetostno omrežje	10 do 20	100 do 220 m	Oskrba industrijskih con, distribucijskih TP
Visoko napetostno omrežje	35 do 110	200 do 300 m	Oskrba velikih industrijskih kompleksov, velikih mest in RTP
Mreža najvišjih napetosti	220 do 400	300 do 360 m	Oskrba med pokrajinami in mednarodne električne povezave

33

Razdelitev VN daljnovodnih stebrov po funkciji
(po novem standardu SIST EN 503341-3-21)



34

VODNIKI IN KABLI:

Vodnike in kable uporabljamo za prenos električne energije in signalov. Skladno s terminološkim standardom imenujemo vodnik prevodni del, predviden za vodenje določenega električnega toka. Vodnik je lahko tudi del kabla. Kabel pa je skupek, ki se sestoji iz ene ali več žil, morebitnih lastnih izolacijskih prevlek in skupnega plašča. Ker so energijske prenosne izgube pri določeni obratovalni napetosti odvisne tudi od specifične upornosti uporabljene kovine, se za prenosne vodnike iz ekonomskih razlogov uporabljata predvsem **baker** (prevodnost 56 Sm/mm²) in **aluminij** (prevodnost 33 Sm/mm²). Najboljši električni prevodnik sicer **srebro** (prevodnost 61 Sm/mm²), vendar se zaradi njegove visoke cene za prenos električne energije več ne uporablja.

**Razlikujemo dve vrsti vodnikov:**

- **neizolirane** vodnike (uporabljamo jih predvsem pri gradnji nadzemnih vodov),
- **izolirane vodnike** (ki jih uporabljamo za električne instalacije in energetske napeljave).

Izolirane vodnike pa delimo še na:

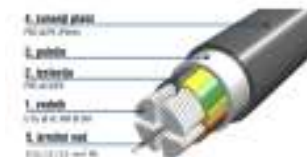
- energetske izolirane vodnike in kable,
- vodnike in kable za informacijsko tehniko.

35

Tipizirani prerezi distribucijskih NN kablov, 1 kV:

- Al 4x35 mm²+1,5 mm²
- Al 4x70 mm²+1,5 mm²
- Al 4x150 mm²+1,5 mm²
- Al 4x240 mm²+1,5 mm²

Možni so tudi kabli z bakrenimi vodniki enakih prerezov, vendar se ti v distribuciji uporabljajo bolj po redko. V instalacijah se uporabljajo predvsem bakreni vodniki. Izolacija je PVC ali XLPE.



Nadzemni priključki se so še dovoljeni v izjemnih primerih. Pogosteje se uporabljajo SKS kabelski snopi (samonosilni) z aluminijastimi vodniki (SIST HD 626).

- SKS 3x35+70 mm²
- SKS 3x70+70 mm²

**Ekvivalentne stare in nove oznake kablov po SIST HD 603:**

PP, PGP	nova oznaka	NYM-J (PVC)
PP00, E-YY	nova oznaka	NYJ-J (PVC)
PP00-A	nova oznaka	NAYJ-J (PVC)
E-XAY2Y	nova oznaka	NAY2Y-J (PE)
PP41	nova oznaka	NYBY (Fe plašč in PVC)
X00-A, SKS, Elkalaks	nova oznaka	NFA2X (XLPE)
P	nova oznaka	HO7V-U (PVC)
IPO		oljni kabli

- 1 – fazni vodnik
- 2 – ničelni vodnik (samonosna funkcija)
- 3 – izolacija XLPE

Oznake oblike vodnika:

- RE – enožilni okrogel vodnik
- RM – večžilni okrogli prerez
- SM – večžilni sektorski prerez vodnika

Vsi **standardni prerezi** energetskih kablov, ki jih lahko zasledimo na področju energetike: 0,5, 0,75, 1, 1,5, 2,5, 4, 6, 10, 16, 15, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 300 in 400 mm².

36

Primeri položenih NN kablovodov in prostih vodov z gradbenimi deli:

Kabel/vodniki	opomba	NV/km (EUR)
KB 0,4 kV NAYY-J 4x35+1.5 mm ² + V	Komunalno neurejeno okolje (SI)	11.300
KB 0,4 kV NAYY-J 4x70+1.5 mm ² + V	Komunalno neurejeno okolje (SI)	12.100
KB 0,4 kV NAYY-J 4x150+1.5 mm ² + V	Komunalno neurejeno okolje (SI)	14.700
KB 0,4 kV NAYY-J 4x240+1.5 mm ² + V	Komunalno neurejeno okolje (SI)	17.500
NN 0,4 kV omrežje SKS 3x35+70 mm ²	Na lesenih kostanjevih oporiščih	21.500
NN 0,4 kV omrežje SKS 3x70+70 mm ²	Na lesenih kostanjevih oporiščih	22.800
NN 0,4 kV omrežje 4xAl/Fe 35 mm ²	Na lesenih impregniranih oporiščih v BK	36.300
NN 0,4 kV omrežje 4xAl/Fe 70 mm ²	Na lesenih impregniranih oporiščih v BK	39.600
NN 0,4 kV omrežje SKS 3x35+70 mm ²	Na betonskih oporiščih	34.000
NN 0,4 kV omrežje SKS 3x70+70 mm ²	Na betonskih oporiščih	35.300

Opomba:

V - je valjanec Fe/Zn 25x4 mm, dodatno PVC opozorilni trak
SI - so mišljeni 100% strojni izkopi, kat. III, z utrditvijo in zasutjem
BK - so betonske klešče

37

SN kablji skladni s SIST HD 620 (3,6 do 20,8 kV):

V distribucijske namene so se v Sloveniji uporabljali predvsem SN kablji z aluminijastimi vodniki, spodnjih dimenzij (kablji z bakrenimi vodniki se uporabljajo bolj poredkoma):

- 3x1x70/16 mm² - za radialne priključne vode do moči 3 MVA
- 3x1x150/25 mm² - za mestna in primestna kabelska omrežja
- 3x1x240/25 mm² - za primer izrednih zahtev

Kablji se lahko priključujejo v trafo postajah, kot tudi neposredno na SN daljnovode (10 ali 20 kV).

Stare oznake kablov:

XHP-48 nova oznaka N2XSEY (6/10 kV), baker, (krajša NZD cca 25 let)
XHE-49 nova oznaka N2XS(F)2Y (12/20 kV), baker (NŽD cca 40 let)
XHE-49-A nova oznaka NA2XS(F)2Y (12/20 kV), aluminij, (NŽD cca 40 let)

Kabel/napetost	opomba	NV/km (EUR)
KB 20 kV (Al) 3x NA2XS(F)2Y 1x70 mm ²	odcep z DV, komunalno neurejeno okolje, kablji neposredno v zemlji, strojni izkopi	28.000
KB 20 kV (Al) 3x NA2XS(F)2Y 1x150 mm ²	povezava med dvema TP, komunalno neurejeno okolje, kablji neposredno v zemlji, strojni izkopi	31.500

Opomba: valjanec za ozemljitev se tukaj ne polaga. Če so kablji položeni v zaščitnih ceveh se vsak položi v svoji cevi premera 75 ali 110 mm lahko tudi v skupni premera 160 mm. Vrednosti NV se povečajo za: 10000 do 11000 EUR/km (brez obbetoniranja). Če je zraven položen še komunikacijski dvojček PEHD 2xφ50 mm², se vrednost poveča za cca 3500 EUR/km. Vsaka žila (kabel) potrebuje na vsaki strani še kabelski zaključek (70 do 120 EUR).

38

HITRI KURS ELEKTROTEHNIKE (lahko preskočimo) :

Ohmov zakon: Tok (I) se na ohmski upornosti spreminja premosorazmerno z napetostjo (U) in obratnosorazmerno z upornostjo (R).

$$I = \frac{U}{R} \text{ (A)} \quad \longrightarrow \quad U = I \times R$$

Moč:

v enosmernem sistemu
v 1F izmeničnem sistemu - delovna moč P
v 3F izmeničnem sistemu - navidezna moč S
v 3F izmeničnem sistemu - delovna moč P
v 3F izmeničnem sistemu - jalova moč Q
 $\cos \phi = P/Q$, $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

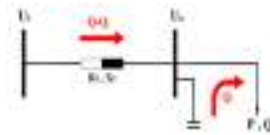
$$P = U \times I \quad \longrightarrow \quad P = I^2 \times R \text{ (kW)}$$

$$P = U \times I \times \cos \phi \text{ (kW)}$$

$$S = \sqrt{3} \times U \times I \text{ (kVA) značilni podatki za trafo}$$

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \cdot \cos \phi \text{ (kW)}$$

$$Q = \sqrt{3} \times U \times I \cdot \sin \phi \text{ (kVar)}$$



Delo, energija:

$$W = P \times t \text{ (Ws, W, s)}$$

Joulske (toplotne) izgube energije na električnih vodih:

$$QJ = I^2 \times R \times t \text{ (Ws, kWh, MWh...)}$$

Primer: povečajmo napetost prenosnega voda 50x (iz 400 V na 20000 V) dobimo zaradi linearne odvisnosti toka in napetosti 50 krat manjši tok, pri enaki prenosni moči. Če sedaj vstavimo 1/50 toka v enačbo za izgube, dobimo kot rezultat kvadratno zmanjšanje izgub = **2.500 krat**.

Pri povečanju napetosti iz 400 na 110000 V, dobimo celo **75.625 x manjše izgube**, kot, če bi isto moč prenašali po NN 400 V omrežju.

39

Opis trafo postaje TP SIR, 20/0,4 kV, 2x630 kVA:

Trafo postaja, ki je predmet cenitve TP SIR, Ljubljana z dvema transformatorjem moči 630 kVA, 20/0,4 kV, različno starima (letnika 2001 in 2010) je napajana iz 20 kV omrežja, s pomočjo dveh SN kabelskih snopov XHE49-A 3x1x150 mm² iz smeri TP ELEKTRO 1 in ELEKTRO 2. Objekt trafo postaje je betonske, montažne izvedbe tip TSN TPR E1, grajen za moči do 2x1000 kVA, delno podkleten. V podkletenem delu, sta nameščeni koriti za olje ter prostor za kabelske kinete. Temelji so montažni. SN priključka tudi nista bila predmet cenitve. Postaja je bila zgrajena in aktivirana leta 2001.



	SKUPINA DEL / OPREMA	EM	NV (EUR)
	TP SIR, 20/0,4 kV, 2x630 kVA		
1	Armirano betonsko ogrodje TSN tip TPR-E1, (dim 5.230x4.140x2.790 mm), do 2x1000 kVA, komplet z ALU stavbnim pohištvom, postavljeno na betonski temeljni plošči, letnik 2001	kpl	13.800,00
2	SN blok SIEMENS, 20 kV s štirimi celicami, tip 8DJ20.81 (T, Rk, Rk, T), komplet s stikali 630 A na vodnih celicah in NV varovalniki 3x63a, z adapterji za montažo, vgrajeno leta 2013	kpl	9.300,00
3	Transformator KONČAR, 8TBNv 630/20/0,4, kV, Dyn5, s hladilnim sistemom ONAN, Buchholzovim relejem in kontaktnim termometrom z regulatorjem, letnik 2001	kpl	12.700,00
4	Transformator ETRA 33, 6HTIM3 630-21, 20/0,4, kV, Dyn5, MIDEL 7131, hladilni sistem KNAN, olje MIDEL 7313 in kontaktnim termometrom z regulatorjem, letnik 2010	kpl	14.500,00
5	SN povezave z XHE 49 A 3x1x70 mm ² , z nosilci, izolatorji in kabelskimi zaključki	kpl	1.100,00
6	NN povezave 2x(9kabel P/MT 1x150 mm ² , za fazne vode ter 2xP/MT 1x150 mm ² za nevtralni vod), komplet z nosilci in izolatorji	kpl	1.400,00
7	NN blok TSN; tip B51-VRSVR, dim. (600+800+600+800+600) x2000 mm, 3xbremensko ločilno stikalo OL-1250 A, tokovniki 6x 1000/5 A, 6xAm, 2xVm), 16 x podnožje LVD400/3), Cu notranje zbiralke 50x10 mm, ožičenje in ostala drobna oprema, letnik 2001	kpl	10.500,00
8	Ozemljitvene povezave TP (osnovno ozemljilo in potencialni obroči) z Fe/Zn 25x4 mm, notranje povezave z Fe/Zn 20x3 mm, omarica glavne izenačitve potencialov, žične povezave kovinskih delov...itd	kpl	500,00
9	Oprema v TP (svetilke, stikala, kabli, izolacijska preproga, 2xPVC veriga, gasilni aparat, 2xnosilec transformatorja I100, enopolna shema, 2xorito za olje, polička, napisi...itd)	kpl	1.600,00
10	Ostala dela (izvedba stikalnih manipulacij, meritve, nadzor s strani elektro distribucije...itd)	kpl	1.200,00
11	Gradbena dela: izkopi, utrditev terena, temeljna plošča, tlakovanje okrog postaje, letnik 2001	kpl	2.300,00
	SKUPAJ: 1 do 11		68.900,00

40

Sistem zaščite je TN. V TP je nameščena osnovna zaščitna in varnostna oprema.

Hlajenje transformatorja: Hlajenje v transformatorski postaji je naravno konvekcijsko, zagotovljeno s prezračevalnimi odprtini v stenah obeh trafo boksov in v vratih.

Zaščita pred požarom: Izvedena je tako, da so vse stene med TP in ostalim objektom požarno odporne.

Ozemljitve in izenačitve potencialov: kovinske mase, armatura betonske konstrukcije in PEN vodniki so med seboj galvanjsko povezani in povezani na glavni vodnik za izenačevanje potencialov v stikalnem prostoru, ta pa je povezan na obratovalno ozemljitev TP. Ozemljitev TP je izvedena površinsko s pomočjo dveh potencialnih obročev okrog temeljev postaje.

Oprema je bila, kot je razvidno iz zatečenega stanja, solidno vzdrževana, vendar je postaja in oprema potrebna čiščenja in pregleda ozemljitev kovinskih mas. Njene določene komponente so tudi že nekoliko tehnološko zastarele. Transformator T2 je mlajši, hermetične izvedbe, z bio razgradljivim oljem MIDELE 7131, vgrajen pa je bil leta 2010. SN blok SIEMENS, SF6 je bil vgrajen leta 2013.

Glavne komponente ocenjevane opreme in upošteване normalne življenjske dobe NŽD:

Sklop opreme	obseg del	NŽD
A1. Betonska ogradja TSN in ostala gradbena dela	komplet	40 let
A2. Energetski transformatorji s hladilnim sistemom	komplet	30 let
A3. Elektro oprema v TP (SN)	komplet	35 let
A4. Elektro oprema v TP (NN)	komplet	35 let
A5. Ostala prema, kontrolne meritve in zagon	komplet	35 let

41

Določitev vrednosti TP:

Ocena investicije v trafo postajo TP SIR, 20/0,4 kV, 2x630 kVA:

zap. št.	NAZIV SKUPINE DEL ali OPREME TP SIR, 20/0,4 kV, 2x630 kVA	NV1 (EUR)	NV _{EO} skupaj (EUR)
A1	Betonsko ogradje TPR E1 (do 2x1000 kVA) TSN, gradbena dela za temeljno ploščo in ozemljitev (1,8,11)	13.800+500+2.300	16.600,00
A2	Energetski transformator 630kVA, 20/10/0.4 kV (3)	12.700	12.700,00
A3	Energetski transformator 630kVA, 20/10/0.4 kV (4)	14.500	14.500,00
A4	Oprema SN v TP, 4 celice SIEMENS s povezavami XHE 49 A3x1x70 mm ² (2,5)	9.300+1.100	10.400,00
A5	Oprema NN v TP, 5 celični blok, (OL-1250 A, tokovniki 6x1000/5 A, 6xAm, 2xVm, bakrene zbiralke, kabli 11 x P/MT 1x150 mm ² , 16 kom vertikalno varovalno podnožje LVD400/3, kableske povezave P/MT 1x150 mm ² (6,7,9)	10.550+1.400+1.600	13.500,00
A6	Ostala prema, meritve in zagon (10)	1.200	1.200,00
	SKUPAJ: A1 do A6		68.900,00

Dobljena vrednost je enaka **nadomestitveni vrednosti NV** tehnično ekvivalentne trafo postaje, na dan ceno.

OPOMBA: pri vseh ocenjevanjih postavkah za opremo, je bila upoštevana dobava in montaža.

42

A) NAZIV SREDSTVA: TP 5W, 20/0,4 kV, 2x630 kVA, letnik 2001

Osnovni podatki o TP: Trafo postaja 20/0,4 kV, 2x630 kVA
 Leto akt./adaptacije: 2001, 2010, 2013
 Vrsta TP: AB montažna TPR E1
 Obseg cenitve: 2 x TR 630 kVA, SN, NV oprema
 Oprema: SN 4 celični blok 20 kV, NN blok 5 celic
 Opomba: SN priključek se ne ocenjuje

Podatki za določitev vrednosti:

Nadomestitvena vrednost NV1 (EUR):	68.900
Korekcija efektivne življenjske dobe (le):	0,00
Ozdravitveni zastaraje (EUR):	200
Nadomestno tehnološko zastaraje FTZ (%):	6,9
Nadomestne normalne življenjske dobe ND1 (le):	34,2
Korigirana efektivna življenjske dobe EF2 (le):	11,1
Preostala življenjske dobe PR (le):	23,1

43

	dolež v INV. ND		ST	
	NV (EUR)	(le)	NV x ND	(le) NV x ST
Bel. ogrodje 2x1000 kVA, TPR E1	16.600	40	664.000	15 249.000
Trafo 20/0,4 kV, 630 kVA, L=2001	12.700	30	381.000	15 190.500
Trafo 20/0,4 kV, 630 kVA, L=2010	14.500	30	435.000	5 72.500
Elektro oprema v TP 4x (SN, 20 kV)	10.400	35	364.000	3 31.200
Elektro oprema v TP (NN), 5 blokov	13.500	35	472.000	15 202.500
Ostala oprema, ozemljitve, zagor	1.200	35	42.000	15 18.000
Skupaj:	68.900		2.358.500	763.700

	dolež v INV. TZ	
	NV (EUR)	(%) NV x Tz
Bel. ogrodje 2x1000 kVA, TPR E1	16.600	4 66.400
Trafo 20/0,4 kV, 630 kVA, L=2001	12.700	15 190.500
Trafo 20/0,4 kV, 630 kVA, L=2010	14.500	3 43.500
Elektro oprema v TP 4x (SN, 20 kV)	10.400	3 31.200
Elektro oprema v TP (NN), 5 blokov	13.500	10 135.000
Ostala oprema, ozemljitve, zagor	1.200	5 42.000
Skupaj:	68.900	472.600

44

Nadomestna normalna življenjska doba ND1:

$$ND1 = \frac{\sum(NV \times ND)}{\sum NV} = \frac{2.388.500}{68.900} = 34,7 \text{ let}$$

Nadomestna efektivna starost EF2:

$$EF2 = \frac{\sum(NV \times ST)}{\sum NV} = \frac{763.700}{68.900} = 11,1 \text{ let}$$

Nadomestno tehnološko zastaranje NTZ:

$$EF1 = \frac{\sum(NV \times Tz)}{\sum NV} = \frac{472.800}{68.900} = 6,9 \%$$

Fizična amortizacija FA (EUR):

$$FA = NV1 \times \frac{EF2}{EF2 + PR} = 22.350 \text{ EUR}$$

Prva indikacija tržne vrednosti TV1 (EUR):

$$TV1 = NV - FA - OZ = 68.900 - 22.350 - 200 = 46.340 \text{ EUR}$$

Tehnološko zastaranje TZ (EUR):

$$TZ = TV1 \times Tz = 46.340 \times 0,088 = 3.200 \text{ EUR}$$

Tržna vrednost TV (EUR):

$$TV = TV1 - TZ = 46.340 - 3.200 = 43.140,00 \text{ EUR}$$

45

B) Enotna življenjska doba, enotna starost, enotno tehnološko zastaranje):

Podatki za določitev vrednosti:

Nadomestitvena vrednost NV1 (EUR):	68.900
Ozdravitveno zastaranje (EUR):	200
Ocenjeno tehnološko zastaranje FTZ (%):	10
Ocenjena nadomestna življenjska doba ND1 (let):	35,0
Dejanska efektivna življenjska doba EF2 (let):	11,0
Preostala življenjska doba PR (let):	24,0

Fizična amortizacija FA (EUR):

$$FA = NV1 \times \frac{EF2}{EF2 + PR} = 21.650 \text{ EUR}$$

Prva indikacija tržne vrednosti TV1 (EUR):

$$TV1 = NV - FA - OZ = 68.900 - 21.650 - 200 = 47.050 \text{ EUR}$$

Tehnološko zastaranje TZ (EUR):

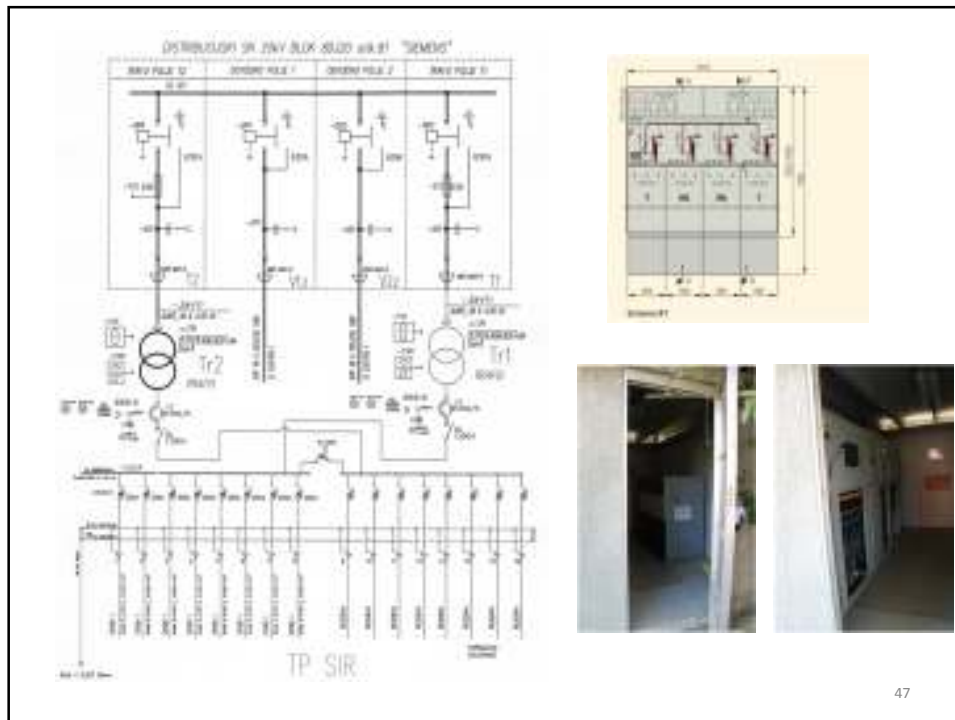
$$TZ = TV1 \times Tz = 47.050 \times 0,10 = 4.710 \text{ EUR}$$

Tržna vrednost TV (EUR):

$$TV = TV1 - TZ = 47.050 - 4.710 = 42.340,00 \text{ EUR}$$

Razlika v obeh cenitvah (celotna in skrajšana) znaša cca 1,8%.

46



C) Opis priključnega DV, odcep BETONARNA in določitev vrednosti:

Ocenjevani 20 kV priključni vod, predstavlja prosti vod, položen na petih oporiščih, (2 leseni nosilni oporišči, 1 kotni betonski drog, 1 razbremenilni betonski drog ter leseni drog z progovnim ločilnikom). Ocenjevani daljnovod je namenjen vključitvi trafo postaje TP Betonarna. Tokovodniki so trije, izvedeni z Al/fe 35/6 mm². Skupni razpon je sestavljen iz petih razpetin in sicer iz: R1 = 49 m, R2 = 34 m, R3 = 48 m, R4 = 12 m ter R5 = 27 m, skupno torej R = 170 m. Tri oporišča so izvedena z lesenim nasilnim drogom N12, dve oporišči pa sta izvedeni z armirano betonskim drogom Z12 (letnik 2006). Daljnovod je bil postavljen in aktiviran leta 1996.

Za potrebe določitve vrednosti daljnovoda razdelimo investicijo na štiri segmente: prosti vod, tokovodniki (3x Al/Č 35/6 mm² L = 3x170 m = 510 m), letnik 1996
 leseni nosilni drog N10 (2 kosa), letnik 1996
 leseni nosilni drog N10 z vgrajenim ločilnim stikalom (1 kos), letnik 1996
 betonski drog Z12 (2 kosa, letnik 2006).

Določimo nadomestitvene vrednosti NV_{DV} , ekvivalentnih segmentov ocenjevanega daljnovoda, kot so prikazani zgoraj. Pri vseh delih, je upoštevana dobava materiala ter elektromontažna in gradbena dela.

1. Prosti vod, tokovodniki (3 x vrv Al/Fe 35/6 mm² L = 3x170 = 510 m):
 Material: vrv 3 x 170 x 140/1000 = 71 kg x 2,75 EUR/kg = 195 EUR
 Razvlečenje vodnikov, nošenje na drog, obešanje: 350 EUR,
 Napenjanje vrvi = 5 napenjalna polja: 5 x 300 EUR = 1.500 EUR
 SKUPAJ NV1: 240 + 480 + 770 = **2.050 EUR**

2. Leseni nosilni opornik (dva kosa, 2 x N10):
 Material: 960 EUR
 Montažna dela: 490 EUR
 Gradbena dela: 50 EUR
 SKUPAJ NV2: 2 x (960+490+50) = 2 x 1.500 = **3.000 EUR**

3. Leseni nosilni opornik z ločilnim stikalom (N 10):
 Material: 1.760 EUR
 Montažna dela: 490 EUR
 Gradbena dela: 50 EUR
 SKUPAJ NV3: 1.760 + 490 + 50 = **2.300 EUR**

4. Betonski oporni steber (Z 12):
 Material: 1.850 EUR
 Montažna dela: 1.440 EUR
 Gradbena dela: 750 EUR
 SKUPAJ NV4: 2 x (1.850 + 1.440 + 750) = **8.080 EUR**

Nadomestitvena vrednost tehnično enakovrednega 20 kV daljnovoda NV_{DV} znaša:

$$NV_{DV} = 2.050 + 3.000 + 2.300 + 8.080 = \underline{\underline{15.430 \text{ EUR}}}$$

49

Za določitev fizičnega zastaranja ocenjevane EE opreme, potrebujemo nadomestno efektivno starost opreme ter nadomestno normalno življenjsko dobo. Določimo jo na podlagi ponderiranih, različno starih komponent daljnovoda. Pri točkah 1, 2 in 3 znaša parcialna efektivna strost cca 20 let, kot znaša tudi njena kronološka starost. Za betonska zatezna stebra upoštevamo kronološko starost, ki znaša 10 let.

Nadomestna življenjska doba sklopa daljnovoda pa znaša (NŽD):

Naziv	delež NV EUR	ST let	let x EUR
Prosti vod, tokovodniki (510 m, Al/C 35/6 mm ²)	2.045	40	82.000
Leseni nosilni opornik (N10), dva kosa	3.000	30	90.000
Leseni nosilni opornik z ločilnim stikalom (N 10)	2.300	30	69.000
Betonski oporni steber SB1600/12, dva kosa	8.080	40	323.200
SKUPAJ:	15.430		564.200

$$N\dot{Z}D = \frac{564.200}{15.430} = 36,6 \text{ let}$$

Nadomestna efektivna starost sklopa opreme (NEF):

Naziv	delež NV EUR	ST let	let x NV
Prosti vod, tokovodniki (510 m, Al/C 35/6 mm ²)	2.045	20	41.000
Leseni nosilni opornik (N10), dva kosa	3.000	20	60.000
Leseni nosilni opornik z ločilnim stikalom (N10)	2.300	20	46.000
Betonski oporni steber SB1600/12, dva kosa	8.080	10	80.800
SKUPAJ:	15.430		227.800

50

Nadomestna efektivna (NEF) in preostala življenjska doba (PR):

$$NEF = \frac{227.800}{15.430} = 14,8 \text{ let}$$

Preostala življenjska doba DV kot celote a znaša (PR):

$$PR = N\check{Z}D - NEF = 36,6 - 14,8 = 21,8 \text{ let}$$

Nadomestno tehnološko zastranje DV kot celote NTz:

Naziv	delež NV		
	EUR	Tz	NV x TZ
Prosti vod, tokovodniki (510 m, Al/C 35/6 mm ²)	2.045	4	8.200
Leseni nosilni opornik (N10), dva kosa	3.000	5	15.000
Leseni nosilni opornik z ločilnim stikalom (N10)	2.300	10	23.000
Betonski oporni steber SB1600/12, dva kosa	8.080	2	16.160
SKUPAJ:	15.430		62.360

Nadomestno tehnološko zastaranje DV kot celote (NTZ):

$$NTZ = \frac{62.360}{15.430} = 4,0 \%$$

51

Fizična amortizacija FA (EUR):

$$FA = NV1 \times \frac{EF2}{EF2 + PR} = 15.430 \times \frac{14,8}{14,8 + 21,8} = 6.240 \text{ EUR}$$

Prva indikacija tržne vrednosti TV1 (EUR):

$$TV1 = NV - FA - OZ = 15.430 - 6.240 - 0 = 9.190 \text{ EUR}$$

Tehnološko zastaranje TZ (EUR):

$$TZ = TV1 \times NTZ = 9.190 \times 0,04 = 370 \text{ EUR}$$

Tržna vrednost TV_{DV} (EUR):

$$TV_{DV} = TV1 - TZ = 9.190 - 370 = \underline{\underline{8.820,00 \text{ EUR}}}$$



52

D) Enotna življenjska doba, enotna starost, enotno tehnološko zastaranje:

Podatki za določitev vrednosti:	
Nadomestitvena vrednost NV1 (EUR):	15.430
Ozdravitveni zastaranje (EUR):	0
Ocenjeno tehnološko zastaranje celote TZ (%):	5
Ocenjena nadomestna življenjska doba ND1 (let):	35,0
Ocenjena efektivna življenjska doba EF2 (let):	15,0
Preostala življenjska doba PR (let):	20,0

Fizična amortizacija FA (EUR):

$$FA = NV1 \times \frac{EF2}{EF2 + PR} = 6.610 \text{ EUR}$$

Prva indikacija tržne vrednosti TV1 (EUR):

$$TV1 = NV - FA - OZ = 15.430 - 6.610 = 8.820 \text{ EUR}$$

Tehnološko zastaranje celote TZ (EUR):

$$TZ = TV1 \times TZ = 8.820 \times 0,05 = 440 \text{ EUR}$$

Tržna vrednost TV (EUR):

$$TV = TV1 - TZ = 8.820 - 440 = \underline{\underline{8.380,00 \text{ EUR}}}$$

Razlika v obeh cenitvah (celotna in skrajšana) znaša cca 5,0%.

53

E) Določitev vrednosti NN priključka:

Vrednost je določena na podlagi popisa materiala in del potrebnih za izdelavo enakovrednega priključka na dani lokaciji. Davki v cenitvi niso upoštevani, upoštevani pa sta dobava in montaža.

Elektro dela:	kol/EM	cena/EM	znesek
Kabel NA2XY-J 4 x 150+1.5 mm ²	245 m		
Kabel NA2XY-J 4 x 70+1.5 mm ²	120 m		
Pocinkani valjanec 25 x 4 mm	385 m		
Priklopi kablov v TP, PSRO in PMO4	3 kpl		
Meritve na kablil in meritve ozemljitvene upornosti	1 kpl		
Elektro dela skupaj:	EUR		4.700,00
Gradbeno montažna dela:	kol/EM	cena/EM	znesek
Izkop in zasip jarka z vzpostavitvijo prejšnjega stanja (v asfaltu)	275 m		
Izkop in zasip jarka z vzpostavitvijo prejšnjega stanja (v makadamu ali v zemlji)	85 m		
Priprava peščene posteljice za kanalizacijo	365 m		
Opozorilni PVC trak	370 m		
Kabelska kanalizacija 4 cevna DWP110/50 mm	365 m		
Beton za zaščito kanalizacije	365 m		
Litoželezni pokrov 65 x 65 cm, 250 kN	4 kom		
Izdelava jaška bet. cev DN 140x100 cm, komplet	5 kom		
Odvoz viškov materiala	55 m ³		
Geodetski posnetek in vris	365 m		
SKUPAJ gradbeno montažna dela:	EUR		18.300,00

54

Prostostoječa razdelilna omarica PSRO:	kol/EM	cena/EM	znesek
Omarica PVC dim. 1008x500 mm, na prostostoječem PVC podstavku, dim. 960x500 mm s ključavnico SODO	1 kpl		
Varovalčna letev VL250	2 kom		
Varovalčna letev VL160	1 kom		
Varovalni vložki NV 160 A	3 kom		
Varovalni vložki NV 100 A	3 kom		
Odvodniki PROTEC B2N 50/320	3 kom		
Zbiralke CU	1 kpl		
Drobni material	2 %		

Skupaj PSRO: EUR 1.150,00

Ostali stroški:
Prevozi, nakladanja, razkladanja,
terenski dodatek, zapora ceste,
označevanje kablov,
zaščita gradbišča nadzor nad deli itd cca 3 %

SKUPAJ ostali stroški: EUR 720,00

zap. št.	Naziv del	NV (EUR)	NŽD (let)	ST (let)	TZ (%)	TV (EUR)
1	Elektro montažna dela	4.700,00	40	8	2	3.685,00
2	Gradbeno montažna dela	18.300,00	40	8	0	14.640,00
3	Razdelilna omarica PSRO	1.150,00	30	8	5	800,00
4	Ostali stroški	720,00	40	8	0	575,00
	VSOTA:	24.870,00				19.700,00

55

F) Cenitev SN kablanskega priključka:

1	SN kabel tip NAZXS(F)2Y 1x150 mm ² , 2/20 kV, položen v zaščitni cevi (brez cevi)	520	m	7,50	3.900,00
2	Kabelski zaključek za notranjo montažo s kabelskimi čevlji, tip 93-EB-63-1, 3M, proizvod 3M	1	kpl	750,00	750,00
3	Kabelski zaključek za zunanjo montažo s kabelskimi čevlji, tip 94-EB-63-1, proizvod 3M	1	kpl	1.950,00	1.950,00
4	PVC, gibljiva cev za zaščito kabla premera Φ 75 mm	450	m	3,00	1.350,00
5	Cev PEHD 2+5 60 mm	150	m	3,60	540,00
6	Opozorilni trak (POZOR VN KABEL)	150	m	0,20	30,00
7	Ločilno stikalo, tip NPS 24 TT C1 KS V 500 OPOZ	1	kos	3.200,00	3.200,00
8	Montažni pribor, tip NPS TT VBZ 500	1	kpl	1.200,00	1.200,00
9	Ročni pogon za NPS 24 TT VB	1	kpl	1.050,00	1.050,00
10	Komplet sponk za vertikalno montažo	1	kpl	500,00	500,00
11	Prigajeni set ozemljilnih nožev	1	kos	600,00	600,00
12	Prigajeni set prenapetostnih odvodnikov za zunanjo montažo, 20 kV	1	kpl	550,00	550,00
13	Pocinkani valjanec Fe/Zn 25x4 mm	100	m	2,80	280,00
14	Križna sponka 60x60 mm, z bitumenskim premazom	5	kos	5,00	25,00
15	Izkop kablanskega jarka v neutujenih površinah; odkop površinskega sloja, strojni izkop srednjega sloja, ročni odkop spodnjega sloja, priprava posteljišče in ponovno zasufje, z odvozom odvečnega materiala	150	m	8,50	1.275,00
16	Mirka	2	m3	15,00	30,00
17	Beton MB 10, vgrajenja na mestih ojačitev kablanske kanalizacije	1	m3	60,00	60,00
18	Ostala oprema in drobni in vezni material			2%	350,00
19	Geodetski posnetek trase SN kablovoda	1	kpl	180,00	180,00
20	Ostala razna dela, zaščita gradbišča, označevanje trase, varnostni načrt, meritve, preizkusi... itd			3%	420,00
	SKUPAJ: EUR				18.240,00

56

F) Enotna življenjska doba, enotna starost, enotno tehnološko zastaranje:

Podatki za določitev vrednosti:

Nadomestitvena vrednost NV1 (EUR):	18.240,00
Ozdravitveni zastaranje (EUR):	0
Ocenjeno tehnološko zastaranje celote TZ (%):	10
Ocenjena nadomestna življenjska doba ND1 (let):	35,0
Efektivna starost EF2 (let):	15,0
Preostala življenjska doba PR (let):	20,0

Fizična amortizacija FA (EUR):

$$FA = NV1 \times \frac{EF2}{EF2 + PR} = 7.820 \text{ EUR}$$

Prva indikacija tržne vrednosti TV1 (EUR):

$$TV1 = NV - FA - OZ = 18.240 - 7.820 - 0 = 10.420 \text{ EUR}$$

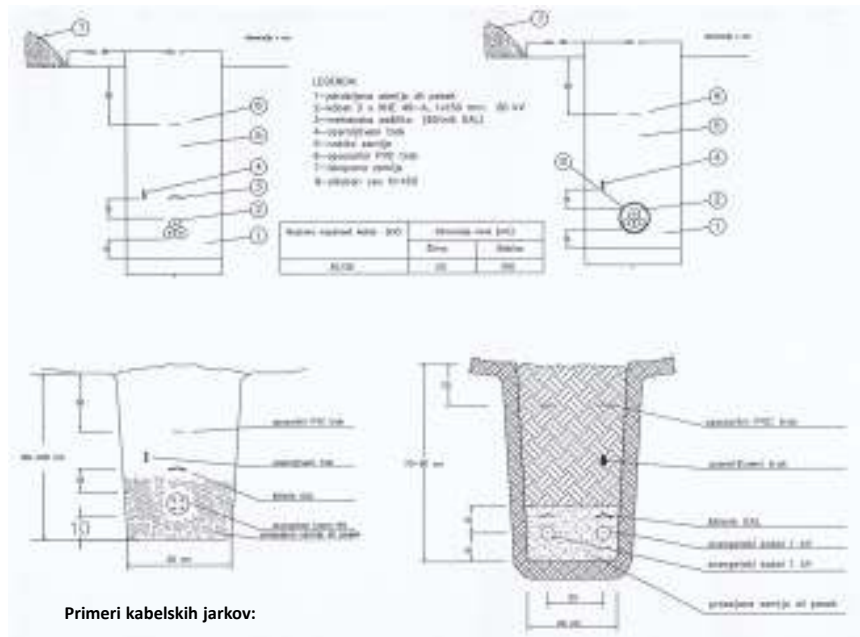
Tehnološko zastaranje celote TZ (EUR):

$$TZ = TV1 \times TZ = 10.420 \times 0,10 = 1.040 \text{ EUR}$$

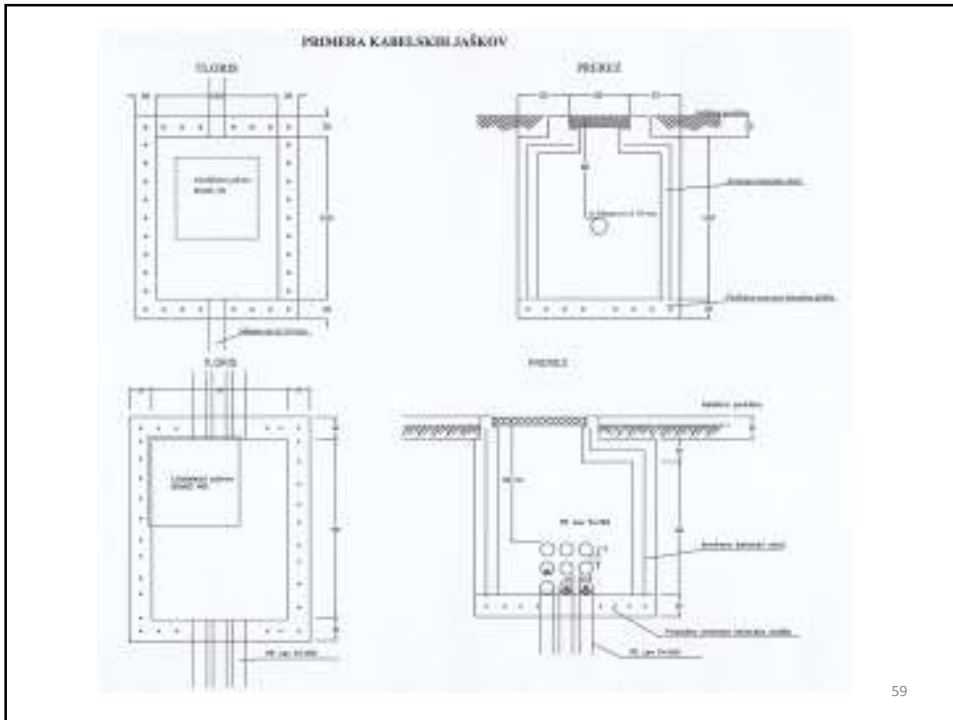
Tržna vrednost TV (EUR):

$$TV = TV1 - TZ = 10.420 - 1.040 = \underline{\underline{9.380,00 \text{ EUR}}}$$

57



58



Vprašanja:

Hvala za pozornost