



B&B
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Diplomsko delo višješolskega strokovnega študija
Program: Elektroenergetika
Modul: Elektroenergetska učinkovitost in električne
instalacije

ZANESLJIVOST OSKRBE 20 kV DALJNOVODA STRELIŠČE

Mentor: mag. Georgi Zlatarev, univ. dipl. inž. el. Kandidat: Bojan Mihelič
Lektorica: mag. Nataša Koražija, prof. slov.

Kočevje, oktober 2025

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem svojemu mentorju mag. Georgiju Zlatarevu za strokovno vodenje, vztrajnost in spodbudo pri izdelavi diplomskega dela.

Posebna zahvala gre tudi podjetju Elektro Ljubljana d. d., kjer sem imel priložnost poglobiti svoje znanje.

Zahvaljujem se mentorju Franciju Rusu za usmerjanje, koristne nasvete in podporo pri delu. Prav tako se iskreno zahvaljujem vsem sodelavcem na DE Kočevje za pomoč in izmenjavo mnenj.

Največja zahvala gre moji družini, partnerki Moniki, sinu Dorianu in hčerki Oriani za razumevanje, spodbudne besede in potrpežljivost v času nastajanja diplome. Zahvala tudi očetu Srečku za natančne in dragocene kritike, ki so mi pomagale pogledati na delo z drugega zornega kota.

IZJAVA

Študent Bojan Mihelič izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom mag. Georgi Zlatarev, univ. dipl. inž. el.

Skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorski in sorodnih pravicah dovoljujem objavo tega diplomskega dela na spletni strani šole.

Dne: _____

Podpis: _____

POVZETEK

Zanesljiva oskrba z električno energijo je temelj sodobne družbe, saj ima vsaka motnja lahko resne posledice za prebivalstvo in gospodarstvo. Medtem ko mediji poročajo o velikih izpadih na Balkanu ali Iberskem polotoku, pa lokalne motnje, ki dolgotrajno vplivajo na kakovost oskrbe manjših krajev, ostajajo spregledane. V tej diplomski nalogi je obravnavan problematičen odsek daljnovoda Strelišče, ki se po kazalnikih zanesljivosti redno uvršča med najslabše glede na kazalnike zanesljivosti oskrbe. Analiziran je problematičen odsek daljnovoda, podani pa sta dve skrajni rešitvi: ena z minimalnim vložkom in nizkimi stroški, druga z visokim vložkom in stroški. Za obe rešitvi so pripravljene ocene stroškov ter primerjava prednosti in slabosti. V podjetju se trenutno dela na optimalni rešitvi z upoštevanjem izboljšanja kazalnikov neprekinjenosti in višino stroškov.

KLJUČNE BESEDE:

- kazalniki zanesljivosti,
- 20 kV daljnovod,
- zanesljiva oskrba z električno energijo.

SUMMARY

A reliable electricity supply is foundation of modern society, as any disruption can have serious consequences for both the population and the economy. While the media often reports on major power outages in regions such as Balkans or the Iberian Peninsula, many local disturbances that significantly affect the quality of supply in smaller areas remain overlooked. This thesis addresses a problematic section on Strelišče distribution line, witch consistently ranks among the worst in terms of reliability indices. Based on analysis of the current situation, two extreme solutions are presented: one with minimal investment plan low cost, and the other with higher investment and correspondingly higher costs. Cost estimates and a comparison of advantages and disadvantages are provided for both solutions. The company is currently working on optimal solution that balances cost with an improvement of reliability indices.

KEYWORDS

- reliability indices
- 20 kV distribution line
- reliable electricity supply

KAZALO

1	UVOD	1
2	TEORETIČNE OSNOVE.....	2
2.1	Predstavitev problema.....	2
2.2	Cilji naloge.....	2
2.3	Predstavitev okolja	2
2.4	Predpostavke in omejitve	3
2.5	Metode dela	3
2.6	Elektroenergetsko omrežje.....	3
2.7	Struktura omrežja.....	5
2.8	Zanesljivost oskrbe.....	6
2.9	Podzakonski akti	7
2.9.1	Akt o pravilih monitoringa kakovosti oskrbe z EE	7
2.9.2	Akt o metodologiji za določitev regulativnega okvira.....	7
2.9.3	Ciljna raven neprekinjenosti napajanja	8
2.9.4	Zajamčeni standardi neprekinjenosti napajanja	8
2.9.5	Nadomestilo pri kršitvah zajamčenih standardov.....	9
2.9.6	Nadomestilo pri posameznih dolgotrajnih prekinitvah	10
3	OBSTOJEČE STANJE	11
3.1	Enopolna shema	11
3.2	Satelitski posnetek poteka trase odseka.....	12
3.3	Fotografije	13
4	DOGODKI.....	15
4.1	Najslabši primeri na nivoju podjetja	15
4.1.1	Dolgotrajne prekinitve – lastni vzroki	16
4.1.2	Dolgotrajne prekinitve – višja sila	16
4.2	Dogodki DV Strelišče	17
4.2.1	Načrtovane dolgotrajne prekinitve	17
4.2.2	Nenačrtovane dolgotrajne prekinitve	17
4.2.3	Prekinitve vseh vzrokov skupaj	18
4.2.4	Grafični prikaz dv strelišča s povprečjem podjetja	18
4.3	Beleženje in interpretacija dogodkov	19
4.4	Namen tabel in povzetek	20
5	TEHNIČNE REŠITVE.....	21
5.1	Obnova DV, rezervno napajanje in vgradnja stikal.....	21
5.2	Pokablitev odseka in posodobitev TP	26
5.3	Ocena stroškov naložbe	28
5.3.1	Obnova odseka, rezervno napajanje in vgradnja stikal.....	28
5.3.2	Pokablitev odseka	29
5.3.3	Predvideni stroški vzdrževanja	30
5.4	Prednosti in slabosti tehničnih rešitev	31
5.4.1	Obnova odseka, rezervno napajanje in vgradnja stikal.....	32
5.4.2	Pokablitev odseka	32
6	ZAKLJUČKI.....	33
7	LITERATURA IN VIRI.....	34

KAZALO SLIK

Slika 1: Poenostavljen prikaz prenosnega in distribucijskega omrežja	4
Slika 2: Distribucijsko omrežje na SN-nivoju	5
Slika 3: Izsek enopolne sheme	11
Slika 4: Satelitski posnetek poteka trase	12
Slika 5: Združitev DV Kočevska Reka in DV Strelišče v dvosistemski DV	13
Slika 6: Razdružitev dvosistemskega DV na koncu odseka	14
Slika 7: Grafični prikaz podatkov iz tabele 8	18
Slika 8: Izsek lokacije stikala STR19	21
Slika 9: Izsek lokacije stikala STR20	22
Slika 10: Izsek lokacije stikala STR21	23
Slika 11: Primer s TSN-stikalom	24
Slika 12: Primer z Nu-Lec RL27	24
Slika 13: Alduti-Rupter stikalo	25
Slika 14: NXS560002 Stikalo	25
Slika 15: Primer zamenjanih elementov na DV Strelišče	26
Slika 16: Primer poteka pokablitve	27

KAZALO TABEL

Tabela 1: Ciljna raven neprekinjenosti napajanja	8
Tabela 2: Zajamčeni standardi neprekinjenosti napajanja	8
Tabela 3: Nadomestilo pri posameznih dolgotrajnih prekinitvah	10
Tabela 4: Najslabši primeri – lastni vzroki	16
Tabela 5: Najslabši primeri – višja sila	16
Tabela 6: Načrtovane prekinitve DV Strelišče	17
Tabela 7: Nenačrtovane prekinitve DV Strelišče	17
Tabela 8: Načrtovane in nenačrtovane prekinitve vseh vzrokov	18
Tabela 9: Seznam dogodkov 2017–2021 DV Strelišče	19
Tabela 10: Ocena stroškov obnove odseka	28
Tabela 11: Ocena stroškov pokablitve odseka	29
Tabela 12: Predvideni stroški vzdrževanja po investiciji	30
Tabela 13: Predvideni stroški dolgoletnega vzdrževanja	30
Tabela 14: Prednosti in slabosti tehničnih rešitev	31

KRATICE IN AKRONIMI

TP:	Transformatorska postaja
ALM:	Avtomatsko ločilno mesto
RTP:	Razdelilna transformatorska postaja
RP:	Razdelilna postaja
DV:	Daljnovid
SN:	Srednja napetost
SAIDI:	Parameter povprečnega trajanja prekinitev (angl. System Average Interruption Frequency Index)
SAIFI:	Parameter povprečnega števila prekinitev (angl. System Average Interruption Duration Index)
EE:	Električna energija
GV:	Goli vodnik
PIV:	Polizoliran vodnik
DE:	Distribucijska enota
SDI:	Tip visečega izolatorja
SKS:	Samonosni kabelski snop
DP:	Distribucijsko podjetje
SODO:	Sistemiški operater distribucijskega omrežja
SM:	Stojno mesto

1 UVOD

Električna energija je ključna za delovanje sodobne družbe in gospodarstva, zato je zagotavljanje zanesljive in kakovostne oskrbe z električno energijo vedno bolj pomembna. Odjemalci električne energije pričakujejo zanesljivo oskrbo s čim manj prekinitvami. Kakovost oskrbe z električno energijo se nanaša na različne vidike, kot so stabilnost napetosti, frekvence, brezhibnost oskrbe, odsotnost motenj ter učinkovitost in zanesljivost elektroenergetskega sistema.

Obdobje koronavirusa nam je dalo poseben vpogled v pomen električne energije in kako se bo njen pomen v prihodnje le še krepil in razvijal. Med epidemijo nas je veliko ostalo doma, nekatera podjetja so se odločila za delo od doma, šola je potekala na daljavo, prisiljeni smo bili komunicirati na daljavo, nakupovali smo z uporabo interneta ter veliko časa preživeli za malimi zasloni. Distribucijska podjetja so se morala hitro prilagoditi. Zaradi kriznih razmer so se izvajala le nujna vzdrževalna dela oziroma le dela, ki niso zahtevala izklopa odjemalcev. Tako se je zagotovil višji nivo neprekinjenosti oskrbe.

V Sloveniji od leta 2008 spremljamo kazalnike neprekinjenosti. Agencija za energijo od distribucijskih podjetij zahteva monitoring neprekinjenosti napajanja skladno z aktom o pravilih monitoringa kakovosti oskrbe. Podjetja pa morajo enkrat letno javno objaviti letno poročilo, kjer so zajeti vsi parametri kakovosti. Okvirne vrednosti parametrov so določene s standardom EN 50160 in je bil leta 1998 sprejet kot slovenski standard SIST EN 50160. Za zanesljivost oskrbe je pomemben tudi akt o metodologiji za določitev regulativnega okvira za elektrooperaterje, saj distribucijskim podjetjem zagotavlja pokritje vseh upravičenih stroškov pri vzdrževanju in izgradnji omrežja z namenom izboljšanja in ohranjanja ravni kakovosti oskrbe. Akt določa tudi ciljno raven neprekinjenosti napajanja, zajamčene standarde kakovosti oskrbe in nadomestila pri kršitvah le-teh.

2 TEORETIČNE OSNOVE

2.1 Predstavitev problema

Prekinitve napajanja predstavljajo velik problem za uporabnike, še posebej če se pojavljajo redno in nepričakovano. DV Strelišče več let zapored spada med najslabše primere neprekinjenosti napajanja. To ima neposreden vpliv na prebivalce, ki se zaradi tega ob napovedanih izklopih upravičeno jezijo. Poleg tega, da so prekinitve moteče za običajne uporabnike, so še posebej problematične za podjetja in industrijo. Ne samo, da lahko povzročijo škodo na opremi in napravah, lahko prizadenejo tudi proizvodne linije ter povzročijo zamude in izpad dobav. To negativno vpliva na produktivnost in konkurenčnost podjetij ter posledično na gospodarstvo celotne regije. Eden od razlogov za slabše kazalnike je del DV, ki je napajan enostransko, poteka nadzemno in vzporedno z DV Kočevska Reka. Na tem odseku je 5 TP z vprašljivo zanesljivostjo.

2.2 Cilji naloge

Cilj diplomske naloge je podati rešitev povečanja zanesljivosti DV Strelišče. V nalogi želimo predstaviti kazalnike zanesljivosti za DV Strelišče v preteklih letih. Kazalnike bomo primerjali s povprečjem in jih primerjali glede na ciljno raven neprekinjenosti napajanja in zajamčenimi standardi neprekinjenosti napajanja. Prikazati želimo, kako se problematični odseki skrivajo v povprečju kazalnikov, ter prikazati pomanjkljivosti kazalnika SAIDI in SAIFI v škodo posameznih odjemalcev. Na ta način želimo upravičiti izboljšave in ukrepe za bolj zanesljivo napajanje obravnavanega odseka in DV, saj je dobava električne energije osnovna potreba in ena izmed ključnih nalog distribucijskih podjetij.

2.3 Predstavitev okolja

Elektro Ljubljana d. d. je podjetje za distribucijo električne energije. Pet distribucijskih enot skrbi za distribucijo električne energije končnim odjemalcem. Za DE Kočevje je značilna razpršena poseljenost in relativno majhna poraba električne energije. Nadzorništvo Kočevje upravlja z 260 km nadzemnimi SN vodi, od tega 151 km v izvedbi z GV in 109 km v izvedbi s PIV. Gozdovi na Kočevskem obsegajo okoli 90 % površine, kar nakazuje na povečano izpostavljenost nadzemnih vodnikov na padce dreves.

Obravnavali bomo 20 kV DV Strelišče, ki je napajan iz RTP Kočevje (slika 3). DV napaja 16 transformatorskih postaj in ga uvrščamo v vrsto izvoda mešanega tipa. To pomeni, da je del DV v kabelski izvedbi del pa v prostozračni. V kabelski izvedbi je 4,3 km, 11,2 km pa v prostozračni izvedbi z GV in PIV tipi vodnikov. Del obravnavanega DV s predlogi izboljšav se začne z ločilnim stikalom STR10, kjer je za njim v dolžini okoli 3 km enostransko napajanih 5 TP. Ta odsek DV je bil posodobljen v dvosistemski DV s PIV leta 1996 z namenom, da se naselju Dolga vas in Livold izboljša zanesljivost obratovanja. Projektirana moč tega odseka je 1,48 MVA. Za ločilnim stikalom STR10 se DV Strelišče združi v dvosistemski DV z DV Kočevska Reka. DV Kočevska Reka napaja prvi sektor RP Kočevska Reka, del doline Kolpe ter Osilniško dolino.

2.4 Predpostavke in omejitve

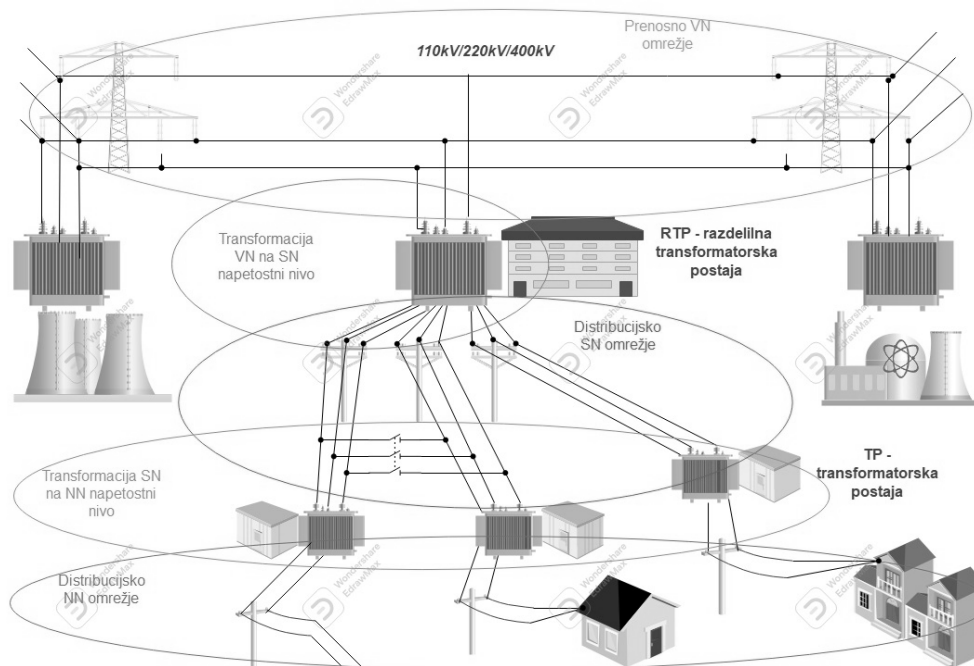
Od leta 2008 se na območju Slovenije poenoteno zbira podatke in obdeluje statistika o dogodkih in delovanju distribucijskega omrežja. Pri oskrbi z EE se bomo omejili na zanesljivost oskrbe oz. neprekinjenost napajanja in kazalnika, kot sta SAIDI in SAIFI. Podatki o kazalnikih bodo pridobljeni iz letnih poročil podjetja Elektro Ljubljane. Pri izračunih in primerjavah se bomo opirali tudi na pridobljene podatke iz arhiva DE Kočevje in jih analizirali s podatki izboljšave. Predpostavljamo, da z več zaznanimi omrežji, montažo ALM in ločilnih stikal izboljšamo kazalnike neprekinjenosti ter tako pripomoremo k bolj zanesljivi oskrbi z EE. Pri nalogi se bomo omejili na odsek za ločilnim stikalom STR10.

2.5 Metode dela

Opisna metoda dela je uporabljena pri prikazu trenutnega stanja, zatem teoretična in analitična, v zaključku pa praktična. V celotnem delu pa so upoštrevane lastne izkušnje pridobljene z delom in z znanjem, pridobljenim med šolanjem.

2.6 Elektroenergetsko omrežje

Poenostavljen prikaz prenosnega in distribucijskega omrežja prikazuje pot EE od proizvodnje do končnega uporabnika prek različnih visokonapetostnih nivojev. EE se najprej proizvede v elektrarni in pošlje v prenosno omrežje, kjer potuje po visokonapetostnih (110 kV in več) daljnovodih do RTP. Tam se napetost zniža na srednjo napetost (20–35 kV) in preko SN distribucijskega omrežja potuje do posameznih TP. V teh se napetost še dodatno zniža na nizko napetost (npr. 230/400 V), ki je primerna za uporabo v gospodinjstvih ali podjetjih. Takšen prikaz jasno ponazarja postopno prilagajanje napetosti glede na potrebe porabnikov.



Slika 1: Poenostavljen prikaz prenosnega in distribucijskega omrežja
(Lastni vir)

Elektroenergetska omrežja delimo na napetostne nivoje in sicer nizkonapetostna (NN) do 1 kV, srednjenapetostna (SN) od 1 kV do 35 kV in visokonapetostna (VN) od 35 kV naprej.

Povezovalna omrežja so omrežja, ki prenašajo EE med državami in na večjih razdaljah. V Evropi so povezovalna omrežja nazivne napetosti med 220 kV in 750 kV.

Prenosna omrežja so večinoma zankaste oblike in v Sloveniji delujejo na nazivnih napetostih med 110 kV in 400 kV. Ta omrežja tvorijo glavne povezave in prenašajo EE med proizvodnimi viri in centri porabe.

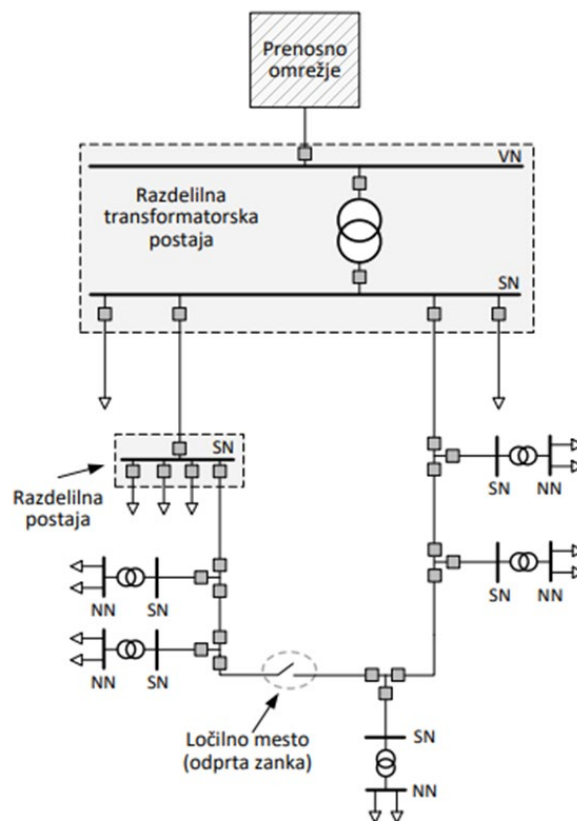
SN distribucijska omrežja so v današnjem času večinoma 20 kV, saj se 10 kV in 35 kV opušča. Distribucijska SN-omrežja so napajana skozi RTP-je, kjer se napetost transformira iz 400 kV/220 kV/110 kV na 20 kV. Ta omrežja so v veliki meri grajena zankasto, vendar normalno obratujejo kot radialna.

NN-distribucijska omrežja so skozi varovalke napajana iz TP, kjer se napetost 20 kV SN-omrežij transformira na 0,4 kV. Običajen gospodinjstvi in poslovni odjemalec EE je napajan po NN-vodu.

2.7 Struktura omrežja

Po strukturi so omrežja zankasta ali radialna. V zankastih omrežjih je napajanje mogoče po dveh poteh, pri radialnih pa samo po eni poti.

Mestna SN omrežja se gradijo in posodablajo po načinu odprte zanke v kabelski izvedbi, pri mešanih in podeželskih omrežjih pa je tak način ekonomsko vprašljiv.



Slika 2: Distribucijsko omrežje na SN-nivoju
(Vir: Blažič in Papič, 2019)

Prednosti in slabosti zankastih omrežij:

- + Prenos EE po dveh ali več poteh.
- + V primeru okvare je napajanje mogoče po drugi poti.
- Slabša preglednost omrežja.

Prednosti in slabosti radialnih omrežij:

- + Preglednost in enostavnost omrežja.
- Prenos EE le po eni poti.
- V primeru okvare napajanje po drugi poti ni mogoče.

2.8 Zanesljivost oskrbe

Zanesljivost oskrbe je določena s številom in trajanji prekinitev. Vsaka prekinitev pomeni zmanjšanje zanesljivosti. Kazalnika SAIFI in SAIDI sta najpogostejša, poznamo pa še MAIFI, CAIDI, CAIFI in številne druge.

- SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) prikazuje, koliko krat v povprečju je bil odjemalec brez EE na določenem območju (v enem letu).

$$\text{SAIFI} = \frac{\sum \text{skupno število odjemalcev s prekinjenim napajanjem}}{\text{skupno število oskrbovanih odjemalcev}}$$

- SAIDI (System Average Interruption Duration Index) prikazuje povprečni čas prekinitev odjemalca (v enem letu).

$$\text{SAIDI} = \frac{\sum \text{trajanje prekinitev napajanja odjemalcev}}{\text{skupno število oskrbovanih odjemalcev}}$$

- CAIFI (Customer Average Interruption Frequency Index) prikazuje, koliko krat v povprečju je odjemalec doživel dolgotrajno prekinitev EE (v enem letu). Odjemalec je v izračunu ne glede na število prekinitev upoštevan le enkrat.

$$\text{CAIFI} = \frac{\sum \text{skupno število odjemalcev s prekinjenim napajanjem}}{\text{skupno število odjemalcev s prekinjenim napajanjem}}$$

- CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) prikazuje povprečni čas, ki je potreben za ponovno oskrbo povprečnega odjemalca z EE po dolgotrajni prekinitvi (v enem letu).

$$\text{CAIDI} = \frac{\sum \text{trajanje prekinitev napajanja odjemalcev}}{\text{skupno število odjemalcev s prekinjenim napajanjem}}$$

Pri izračunavanju kazalnikov sta potrebna zajem in obdelava velikega števila podatkov. Vsa distribucijska podjetja vodijo register podatkov o prekinitvah napajanja za celoten sistem na nivoju podjetja, RTP-ja in RP-ja ter SN-izvoda.

2.9 Podzakonski akti

2.9.1 Akt o pravilih monitoringa kakovosti oskrbe z EE

Akt je zakonodajni dokument, ki ureja spremljanje in nadzor nad kakovostjo oskrbe z EE. Ta akt določa pravila in postopke za zbiranje, analiziranje ter poročanje podatkov o kakovosti oskrbe z EE. Akt ima torej pomembno vlogo pri zagotavljanju kakovostne oskrbe z EE (Ur. l. RS, št. 59/2015, 23/2018, 62/2019, 90/2021, 172/2021 – ZOEE).

Dogodke skladno z 3. členom akta razvrščamo po vzroku na:

- lastni,
- tuji,
- višja sila.

Lastni vzroki: so vzroki prekinitev, ki so posledica vzdrževanja, obnove, novogradnje, stikalne manipulacije, nepredvidene situacije, dotrajanost materiala itd.

Tuji vzroki: so vzroki prekinitev, ki jih je povzročila »tretja oseba«, npr. padec drevja, zemeljska dela, živali itd.

Višja sila: je naravni dogodek, kot npr. sneg, žled, vihar, orkan, plaz, požar, potres ali druge naravne nesreče. Ob razglašeni krizni razmerah tudi vojna.

2.9.2 Akt o metodologiji za določitev regulativnega okvira

Na podlagi Akta se določa regulativni okvir, ki pa temelji na metodi reguliranega letnega prihodka in reguliranih omrežnin. Ta zagotavlja operaterjem pokritje vseh upravičenih stroškov, vključno z reguliranim donosom. Z aktom se določa metodologija za obračunavanje omrežnine za distribucijski sistem EE tako, da spodbuja učinkovitost.

Sestavni del akta so tudi priloge; ena izmed njih določa minimalne standarde kakovosti oskrbe in spremljanje posameznih parametrov kakovosti oskrbe.

Namen oz. cilj akta je obratovanje, vzdrževanje ter spodbujanje razvoja distribucijskega in prenosnega sistema v skladu s pravili in stanjem tehnike (ali z načelom najboljše dosegljive tehnologije), da se kakovost EE trajno izboljšuje in ohranja. Eden od ciljev je tudi trajno izboljševati oziroma ohranjati raven neprekinjenosti napajanja (Ur. l. RS, št. 46/2018, 47/2018).

Skladno z aktom uvrščamo posamezno območje distribucijskega sistema na:

- urbano območje (mestni in mešani SN vodi),
- ruralno območje (podeželski SN vodi).

V prilogi akta je navedena:

- ciljna raven neprekinjenosti napajanja,
- zjamčeni standardi neprekinjenosti napajanja,
- nadomestilo pri kršitvah zjamčenih standardov neprekinjenosti napajanja,
- nadomestilo pri posameznih dolgotrajnih prekinitvah.

2.9.3 Ciljna raven neprekinjenosti napajanja

	SAIDI (minut/uporabnika)	SAIFI (prekinitov/uporabnika)
Urbano območje	20	0,60
Ruralno območje	55	1,50

Tabela 1: Ciljna raven neprekinjenosti napajanja

(Vir: Ur. l. RS, št. 132, stran 8528, 2022)

2.9.4 Zjamčeni standardi neprekinjenosti napajanja

Napetostni nivo	Vrsta izvoda RTP/RP na SN omrežju	Priključitev na SN izvod RTP	Skupno trajanje dolgotrajnih prekinitov (lastni vzrok) {minut/leto}	Skupno število dolgotrajnih prekinitov (lastni vzrok) {prekinitov/leto}	Število vseh kratkotrajnih prekinitov {prekinitov/leto}
VN					1
SN	Podeželski	Neposredno	450	6	28
	Mešani		150	5	18
	Mestni		150	4	10
NN	Podeželski	Posredno	950	16	35
	Mešani		350	10	22
	Mestni		350	8	13

Tabela 2: Zjamčeni standardi neprekinjenosti napajanja

(Vir: Ur. l. RS, št. 132, stran 8534, 2022)

V 34. členu Sistemskih obratovalnih navodil za distribucijski sistem električne energije (SONDSEE) (Ur. l. RS, 2024) je določeno, da je treba načrtovati, vzdrževati in razširjati omrežja tako, da vsota števila načrtovanih dolgotrajnih prekinitev v zadnjih 10 letih ne preseže 10-kratnih letnih maksimalnih vrednosti.

2.9.5 Nadomestilo pri kršitvah zajamčenih standardov

Višina nadomestila za slabo oskrbovanemu uporabniku se v Uredbi o kakovosti oskrbe z EE (2022, str 8534) določi po naslednji formuli:

$$N_{\text{SOU}} = K_M * P_P * [(n_i - s_i) + (1/60) * (n_d - s_d)]$$

$$s_i + 1 < n_i \leq 2 * s_i$$

$$s_d + 1 < n_d \leq 2 * s_d$$

N_{SOU} nadomestilo slabo oskrbovanega uporabnika [EUR];

K_M nadomestilo na kW moči:

- VN- in SN-uporabniki: $K_M = 1,50$ EUR/kW,
- NN-uporabniki z merjenjem moči: $K_M = 0,80$ EUR/kW,
- NN-uporabniki brez merjenja moči in gospodinjski odjemalci: $K_M = 0,50$ EUR/kW.

P_P povprečna prekinjena moč (70 % pogodbene priključne moči za uporabnike z merjenjem moči oz. 70 % obračunske moči za uporabnike brez merjenja moči za uporabnike brez merjenja moči in gospodinjske odjemalce);

n_i število dolgotrajnih prekinitev, ki presega število prekinitev, določeno z zajamčenim standardom ($s_i + 1$) in omejeno z dvakratnikom zajamčenega standarda ($2 * s_i$);

s_i skupno število dolgotrajnih prekinitev, brez višje sile in tujih vzrokov, določeno z zajamčenim standardom [prekinitve/leto];

n_d trajanje prekinitev, merjeno v minutah, ki presega trajanje prekinitev, določeno z zajamčenim standardom ($s_d + 1$) in omejeno z dvakratnikom zajamčenega standarda ($2 * s_d$);

s_d skupno trajanje dolgotrajnih prekinitev, brez višje sile in tujih vzrokov, določeno z zajamčenim standardom [min/leto].

Pri določitvi višine nadomestila po zgornji enačbi se izvzamejo naslednje prekinitve napajanja:

- dolgotrajne prekinitve zaradi višje sile,
- dolgotrajne prekinitve zaradi tujega vzroka,
- ponavljajoče se dolgotrajne prekinitve v obdobju ene ure se štejejo kot ena dolgotrajna prekinitev, pri čemer velja, da se ta agregacija upošteva le za število prekinitev n_i , ne pa tudi za trajanje prekinitev n_d ,
- načrtovane prekinitve in
- izjeme, ki so določene v individualni pogodbi o kakovosti oskrbe (*Ur. l. RS, št. 132, stran 8534, 2022*).

2.9.6 Nadomestilo pri posameznih dolgotrajnih prekinitvah

	Gospodinjstva	Ostali uporabniki	
		NN	SN
Osnovna višina nadomestila	5 EUR	20 EUR	200 EUR

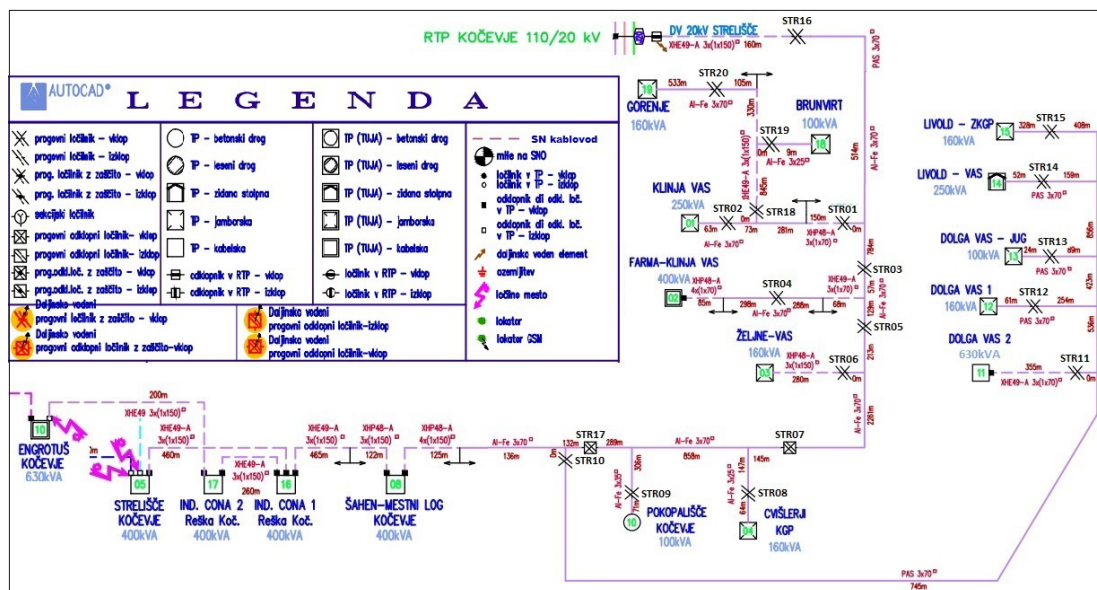
Tabela 3: Nadomestilo pri posameznih dolgotrajnih prekinitvah
(Vir: Ur. l. RS, št. 132, stran 8535, 2022)

3 OBSTOJEČE STANJE

Da bi prikazali obstoječe stanje, bomo za prikaz in lažje razumevanje problematike uporabili enopolno shemo, satelitske posnetke poteka trase in lastne fotografije.

3.1 Enopolna shema

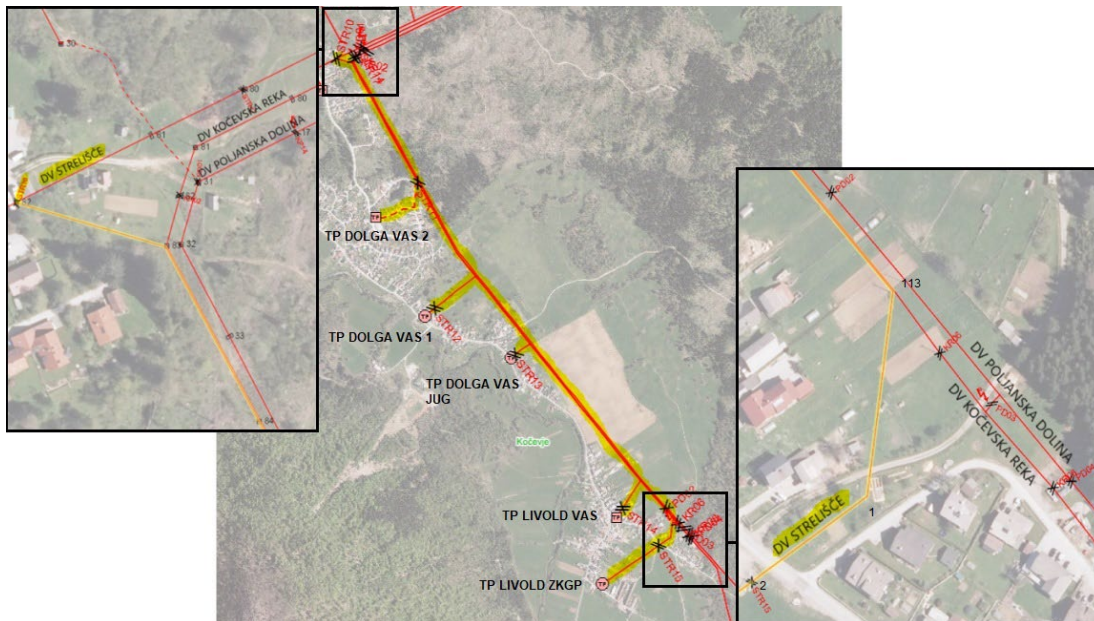
Pri pregledu enopolne sheme vidimo, da se DV Strelišče napaja iz RTP Kočevje. Daljinsko voden je le odklopnik v RTP. Ostale manipulacije se morajo izvajati ročno. Vse kabselske TP so opremljene z odklopnimi ločilniki, le dva odklopna ločilnika (STR07 in STR17) pa sta vgrajena na prostozračnem omrežju. Prenapajanje je možno vklopom stikal v TP Strelišče ali v TP Engrotuš. DV Strelišče dostavlja EE skupno 1032 odjemalcem, ki so napajani iz 16 TP. Skupna instalirana moč TP je 4,2 MVA. Za ločilnim stikalom STR10 vidimo radialno napajan odsek, ki napaja pet TP skupne instalirane moči 1,3 MVA. Iz teh postaj se nato napaja 433 odjemalcev EE. Večinoma je uporabljen PAS-vodnik 3 x 70°. Iz enopolne sheme nista vidna teren in trasa, po katerem poteka odsek DV, prav tako ni viden potek vzporednega DV Kočevska Reka, ki napaja prvi sektor RP Kočevska Reka.



Slika 3: Izsek enopolne sheme
(Vir: Interni vir Elektro Ljubljana d. d., 2024)

3.2 Satelitski posnetek poteka trase odseka

Satelitski posnetek nam v primerjavi z enopolno shemo da boljši vpogled v potek trase. Okoli $\frac{1}{4}$ trase poteka čez gozd, ostalo pa po travniških in raznih obdelovalnih površinah. Detajli bolj podrobno prikazujejo gručo stikal in omogočajo lažji pregled (slika 4). Videti je, kako se enosistemska DV Strelišče in DV Kočevska Reka združita (slika 5) v dvosistemska DV in se nato po pribl. 2,8 km spet razcepita (slika 6).

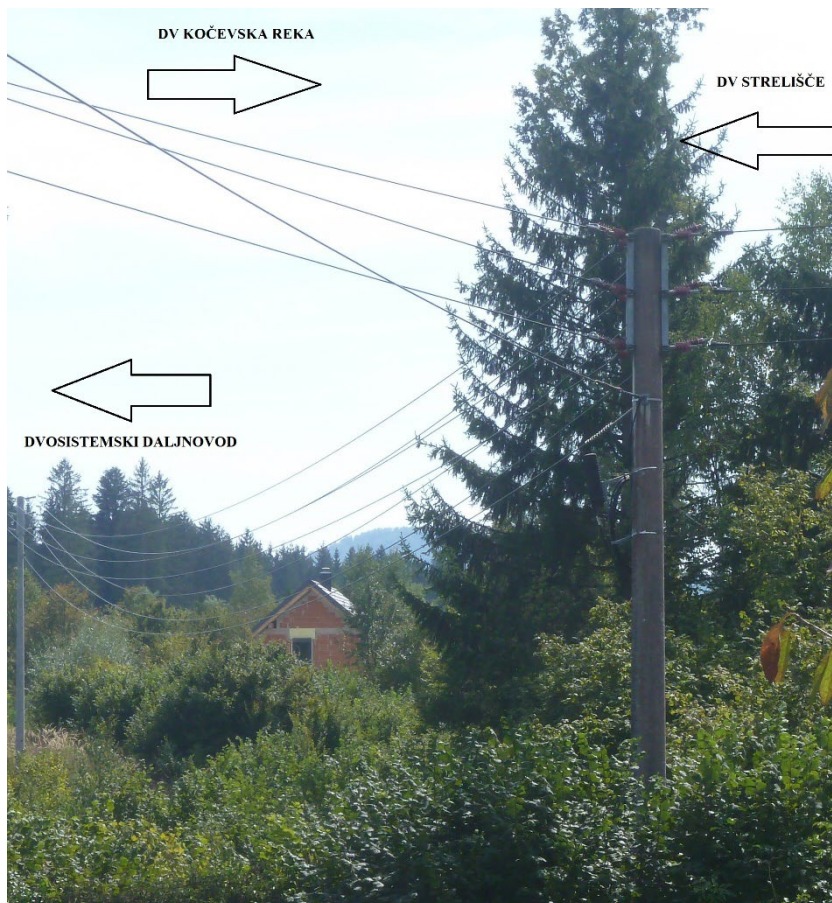


Slika 4: Satelitski posnetek poteka trase

(Vir: Interna aplikacija Elektro Ljubljana d. d. – PISELJ, b. l.)

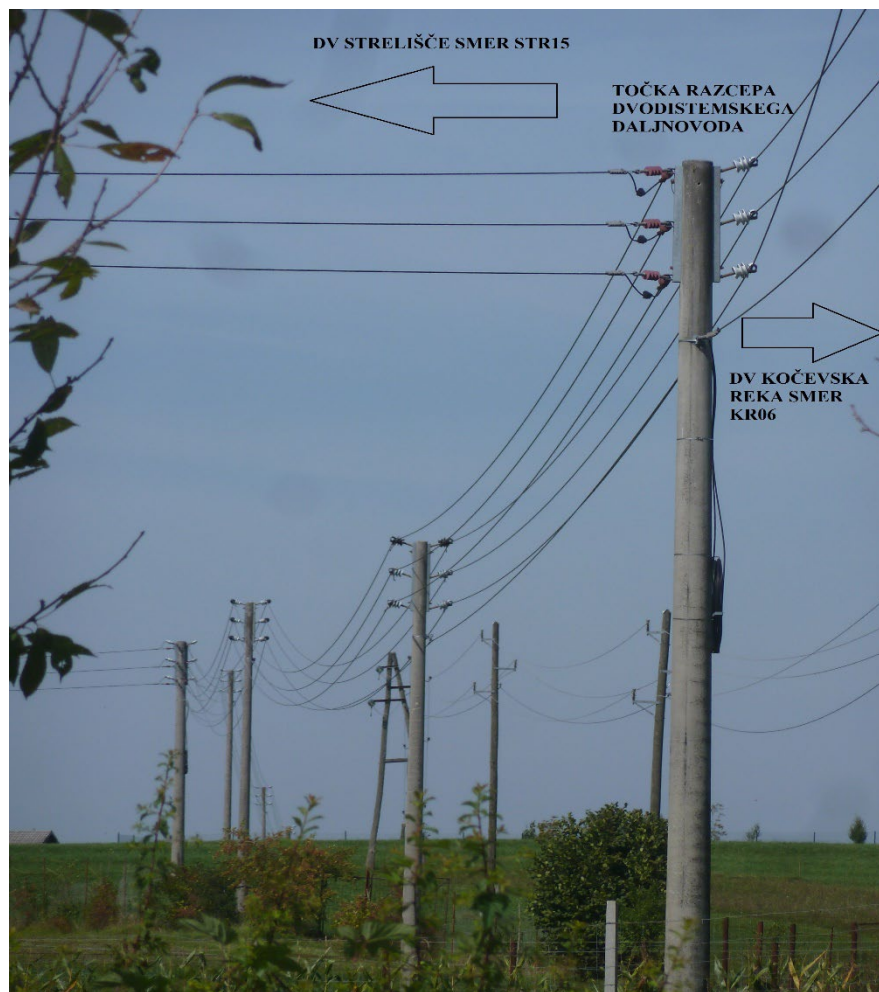
3.3 Fotografije

Včasih tudi sheme in opis dejanskega stanja niso dovolj. Fotografije so v današnjem svetu vsestransko uporabne. Praktično z vsakim mobilnim telefonom lahko naredimo kakovostne fotografije, ki so nam lahko v pomoč pri dokazovanju in prikazu stanja.



*Slika 5: Združitev DV Kočevska Reka in DV Strelišče v dvosistemski DV
(Lastni vir)*

Na sliki vidimo kotni armirano-betonski drog. Na tem stojnem mestu SM83 se DV Kočevska Reka in DV Strelišče združita v dvosistemski DV. Drog je opremljen z zateznimi izolatorji tipa SDI in ustrezno prirejenimi konzolami. Za zatezno obešanje so uporabljene tipske SKS zatezne sponke. Odsek je do stikala STR15 izveden z 32 armirano-betonskimi drogovi.



*Slika 6: Razdružitev dvosistemskega DV na koncu odseka
(Lastni vir)*

Podobno kot pri združitvi je tudi tukaj na SM113 uporabljen podoben material. Za DV Kočevska Reka ni zateznega pripetja, ampak obešanje s porcelanastimi izolatorji. Pogled je usmerjen proti izvoru oz. ločilnem stikalu STR10.

4 DOGODKI

Dogodke delimo na:

- načrtovane (planirani dogodki),
- nenačrtovane (neplanirani dogodki),
- kratkotrajne (do 3 minute),
- dolgotrajne (nad 3 minute).

Dogodke glede na vzrok delimo na:

- lastne (remonti, revizija itd.),
- tuje (posek drevja, zemeljska dela, živali itd.),
- višja sila (naravne nesreče, sneg, žled, vihar, vojna itd.).

Za načrtovane dogodke štejemo prekinitve, ki so bile napovedane oz. planirane in se jih da preklicati oz. prestaviti. Nenačrtovane pa so prekinitve, na katere podjetje nima vpliva in je odprava okvare potrebna takoj.

Za analizo podatkov bomo uporabili podatke, pridobljene iz javno objavljenih letnih poročil podjetja, internega arhiva statistike dogodkov in delovnih nalogov iz arhiva DE Kočevje. Pridobljene podatke bomo analizirali in primerjali z obravnavanim odsekom.

4.1 Najslabši primeri na nivoju podjetja

Podatki za najslabše primere so povzeti iz letnih poročil in so izračunani na nivoju podjetja. To pomeni, da je v izračun zajetih vseh približno 350 tisoč odjemalcev podjetja Elektro Ljubljana. Prikazani so podatki za DV Strelišče.

4.1.1 Dolgotrajne prekinitve – lastni vzroki

LETO	SAIFI[prek./odj.]	SAIDI[min./odj.]	VZROK	UKREP
2017		0,262	VREME	PREGLED NAPRAV IN TRASE
2018	0,007	0,379	IZOLATOR IN PADEC DREVESA	POSODOBITEV NAPRAV
2019	0,013	0,796	IZOLATOR, SN VAROVALKA	ZAMENJAVA IZOLATORJEV
2020	0,003	0,156	OKVARA NA DV	IZREDNI PREGLED, ZAMENJAVA DROGOV IN POKABLITEV DV
2021	0,006	0,385	ODPRAVA POMANJKLJIVOSTI	POPRAVILO VODNIKOV, ZAMENJAVA IZOLATORJA, PRENAPENJANJE VODNIKOV

Tabela 4: Najslabši primeri – lastni vzroki
(Vir: Letna poročila Elektro Ljubljana d. d., 2017-2021)

4.1.2 Dolgotrajne prekinitve – višja sila

	SAIFI[prek./odj.]	SAIDI[min./odj.]	VZROK
2017	0,009	1,136	VREME
2019	0,007	1,017	VREME

Tabela 5: Najslabši primeri – višja sila
(Vir: Letna poročila Elektro Ljubljana, d. d., 2017-2021)

4.2 Dogodki DV Strelišče

Tudi tu so podatki iz letnih poročil, vendar pa sta kazalnika izračunana na nivoju izvoda. To pomeni, da je zajetih vseh 1032 odjemalcev, ki so napajani iz DV Strelišče.

4.2.1 Načrtovane dolgotrajne prekinitve

LETO	SAIFI [prek./odj.]	SAIDI [min/odj.]
2017	0,440	73,487
2018	0,277	23,737
2019	1,108	84,202
2020	0,303	17,269
2021	1,255	152,290

Tabela 6: Načrtovane prekinitve DV Strelišče
(Vir: Letna poročila Elektro Ljubljana d. d., 2017-2021)

4.2.2 Nenačrtovane dolgotrajne prekinitve

LETO	SAIFI [prek./odj.]	SAIDI [min/odj.]
2017	1,179	92,149
Višja sila	3,076	399,709
2018	2,368	133,756
Višja sila	0,000	0,000
2019	4,491	283,088
Višja sila	2,44	361,913
2020	1,085	54,781
Višja sila	0,000	0,000
2021	2,151	137,544
Višja sila	0,000	0,000

Tabela 7: Nenačrtovane prekinitve DV Strelišče
(Vir: Letna poročila Elektro Ljubljana d. d., 2017-2021)

Hiter pregled obarvane dolgotrajne prekinitve v letu 2019 iz tabele 5 so izračunane na nivoju podjetja in so zaradi nizkih vrednosti s praktičnega vidika skoraj neuporabne. Tabela 7 nam daje bolj uporabne podatke, kjer na nivoju izvoda oz. gledano s strani 1032 odjemalcev ugotovimo, da je vsak odjemalec občutil 2,44 prekinitve v trajanju skoraj 362 minut.

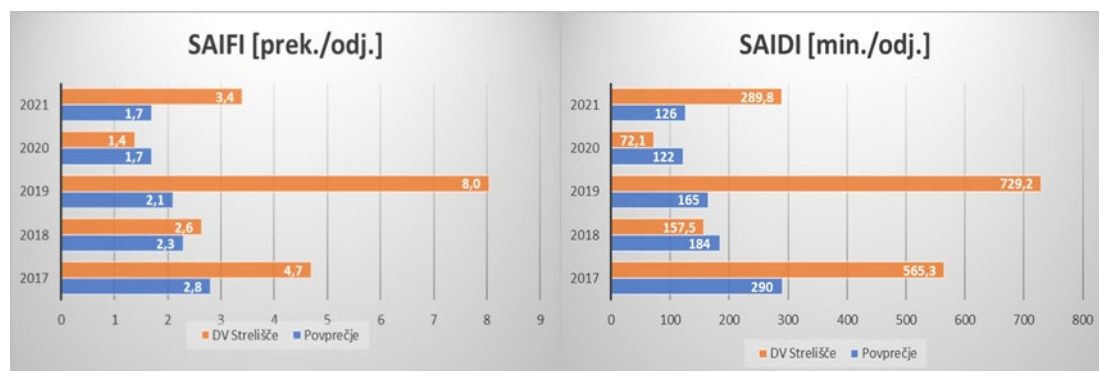
4.2.3 Prekinitve vseh vzrokov skupaj

DV STRELIŠČE skupaj vsi vzroki	SAIFI [prek./odj.]	SAIDI [min/odj.]	(Povprečje podjetja) skupaj vsi vzroki	SAIFI [prek./odj.]	SAIDI [min/odj.]
2017	4,7	565,3	2017	2,8	290
2018	2,6	157,5	2018	2,3	184
2019	8,0	729,2	2019	2,1	165
2020	1,4	72,1	2020	1,7	122
2021	3,4	289,8	2021	1,7	126

Tabela 8: Načrtovane in nenačrtovane prekinitve vseh vzrokov
(Vir: Letna poročila Elektro Ljubljana d. d., 2017-2021)

V tabeli 8 smo kazalnike DV Strelišče primerjali s povprečjem kazalnikov vseh DV podjetja Elektro Ljubljana. Zajete so prekinitve vseh vzrokov. Tu so zajeti tudi vsi tipi DV, tj. mestni, mešani in podeželski. Pri mestnih tipih je zaradi pokablenosti pričakovati nižje vrednosti kazalnikov, pri mešanih višje in podeželskih najvišje, saj večinoma potekajo nadzemno in so s tem bolj izpostavljeni zunanjim dejavnikom.

4.2.4 Grafični prikaz dv strelišča s povprečjem podjetja



Slika 7: Grafični prikaz podatkov iz tabele 8
(Vir: Letna poročila Elektro Ljubljana d.d., 2017-2021)

Grafični prikaz za leto 2019 kaže ekstrem in kako so lahko odjemalci na DV Strelišče prikrajšani z EE v primerjavi s povprečnim odjemalcem. Če je povprečen odjemalec v letu 2019 občutil 2 izpada EE v trajanju 165 minut oz. dobri 2 uri, je odjemalec na DV Strelišče občutil 8 izpadov v trajanju skoraj 730 minut oz. dobrih 12 ur.

4.3 Beleženje in interpretacija dogodkov

Seznam dogodkov je osnova za izračunavanje kazalnikov neprekinjenosti. Čeprav je tehnologija v zadnjih letih močno napredovala, še vedno prihaja do pomanjkljivih podatkov. Dokler ne bo sistem povsem avtomatiziran, je za pomanjkljive podatke kriv človek. Statistiko dogodkov vodi dispečer v centru vodenja, ki pa je ob večjem številu okvar in havarijah tudi močno obremenjen. Pri uvrščanju vzrokov za nastanek prekinitve prav tako lahko hitro pride do napačnih vnosov.

	DATUM		ČAS		OPIS DEL, MESTO - NAPRAVA	Št. MM	Komentar
1	05.01.2017	05.01.2017	13:03	13:03	NEPOZNAN VZROK	992	APV USPEŠEN
2	26.04.2017	26.04.2017	10:02	12:49	VZDRZEVANJE - OBNOVA	424	zamenjava TR v TP Dolga vas2 in popravilo PL STR11
3	28.06.2017	28.06.2017	12:55	12:56	ATMOSFERSKE RAZELEKTRITVE	953	APV
4	01.09.2017	01.09.2017	10:14	10:14	ATMOSFERSKE RAZELEKTRITVE	953	Uspešen APV - nevihta
5	30.10.2017	30.10.2017	12:16	13:36	OKVARA NA DISTRIBUCIJSKEM OMREZJU	58	Zlomljen drog - zamenjava
6	09.12.2017	09.12.2017	13:50	14:27	DODATNA OBREMENITEV - SNEG	607	Popravilo tokovne vezi na DV
7	11.12.2017		19:54		NEPOZNAN VZROK	953	
8	15.12.2017	15.12.2017	18:54	19:31	DRUGI VZROKI - TUJI, VISJA SILA	346	Varnostni izklop - odstranitev žic okvarjenega DV
9	27.12.2017		22:53		NEPOZNAN VZROK	953	Lokalizacija okvare
10	04.02.2018	04.02.2018	02:28	02:29	DODATNA OBREMENITEV - SNEG	953	Izpad po zaščiti - uspešen APV
11	03.04.2018	03.04.2018	09:02	10:55	MATERIJAL (IZDELAVA, OBRABA)	424	DN KO/71/2018 - Zamenjava zateznega obešanja.
12	09.05.2018	09.05.2018	13:03	13:25	MATERIJAL (IZDELAVA, OBRABA)	424	DN KO 85/2018 Zamenjava zatezne sponke na PS STR 14
13	30.05.2018	30.05.2018	11:06	11:07	NEPOZNAN VZROK	953	Izpad po zaščiti - APV uspešen
14	14.07.2018	14.07.2018	20:50	21:19	DRUGI VZROKI - LASTNI VZROKI	424	Varnostni izklop - odstranitev drevesa iz DV
15	15.07.2018	15.07.2018	07:57	08:27	NEVIHTA, NEURJE	424	Odstranitev drevesa
16	17.09.2018	17.09.2018	11:58	15:20	ATMOSFERSKE RAZELEKTRITVE	953	Okvara izolatorja
17	15.02.2019	15.02.2019	18:05	18:21	VZDRZEVANJE - OBNOVA	424	Popravilo tokovne vezi
18	10.05.2019	10.05.2019	11:59	13:15	NEPOZNAN VZROK	953	Izpad DV po zaščiti - lokalizacija okvare, ki je na koncu ni.
19	07.07.2019		23:51		NEPOZNAN VZROK	953	Okvara DV
20	08.07.2019		18:55		MOCAN VETER	953	Podrt DV.
21	09.07.2019	09.07.2019	13:36	14:01	MOCAN VETER	424	Varnostni izklop zamenjava izolatorja
22	24.08.2019	24.08.2019	18:30	22:08	ATMOSFERSKE RAZELEKTRITVE	953	Zamenjava razbitega izolatorja.
23	05.09.2019		05:40			953	Izpad po zaščiti - določitev mesta okvare
24	25.11.2019	25.11.2019	20:05	20:22	POŽAR	38	Varnosti izklop zaradi gašenja na gospodar. objektu
25	17.12.2019	17.12.2019	11:03	12:27	PADEC ALI DOTIK DREVJA	424	Varnostni izklop. Popravilo DV Poljanska dolina
26	30.04.2020	30.04.2020	08:06	08:48	VZDRZEVANJE - REVIZIJA	172	Revizija TP - ID548455 VD100006892
27	30.04.2020	30.04.2020	11:01	12:19	VZDRZEVANJE - REVIZIJA	121	Revizija TP - ID548456 VD100006894
28	25.08.2020	25.08.2020	16:49	19:00	MATERIJAL (IZDELAVA, OBRABA)	953	Motnja. Zamenjava izolatorja na TP Dolga vas Jug
29	05.09.2020	05.09.2020	02:48	02:48	NEPOZNAN VZROK	953	Izpad po zaščiti - APV uspešen
30	11.06.2021	11.06.2021	17:24	19:04	DRUGI VZROKI - LASTNI VZROKI	423	Varnostni izklop - okvara na DV Kočevska reka
31	11.08.2021	11.08.2021	14:35	14:36	ATMOSFERSKE RAZELEKTRITVE	977	Nevihta - uspešen APV
32	15.08.2021	15.08.2021	06:21	08:02	DRUGI VZROKI - LASTNI VZROKI	423	Varnostni izklop zaradi del na DV Koč.reka.
33	17.08.2021	17.08.2021	11:07	11:48	NOVOGRADNJA	122	MONTAŽA AMM VD10013024 ID675112
34	23.08.2021	23.08.2021	07:40	08:40	NOVOGRADNJA	44	Montaža AMM - VD10013138 ,ID 675720
35	16.09.2021	16.09.2021	22:09	22:10	NEPOZNAN VZROK	977	APV uspešen
36	16.09.2021	16.09.2021	22:38	22:39	NEPOZNAN VZROK	977	APV uspešen
37	17.09.2021	17.09.2021	03:57	07:36	OKVARA NA DISTRIBUCIJSKEM OMREZJU	977	okvara na DV
38	30.11.2021	30.11.2021	07:35	09:45	OKVARA NA DISTRIBUCIJSKEM OMREZJU	36	Pretrgan PAS vodnik. VD10014649. ID ni.
39	30.11.2021	30.11.2021	08:42	09:45	OKVARA NA DISTRIBUCIJSKEM OMREZJU	387	Pretrgan PAS vodnik. VD10014649. Okvara.
6	Manjše št. odjemalcev				Število dogodkov v letih 2017-2021	Dogodki, iz katerih ni razvidno motenj napajanja odseka za STR10 so odstranjeni.	
10	Kratkotrajen izpad						
24	Dolgotrajen izpad						

Tabela 9: Seznam dogodkov 2017–2021 DV Strelišče
(Vir: Prirejeno po Statistika dogodkov Elektro Ljubljana d. d., 2017-2021)

V tabelo smo zajeli dogodke, ki zadevajo odjemalce obravnavanega odseka za ločilnim stikalom STR10.

Z zeleno barvo so obarvani dogodki, ki zajemajo manjše število odjemalcev na odseku in služijo le za pregled števila dogodkov ter bodo v nadaljevanju nepomembni. Rumeno obarvani so kratkotrajni dogodki in so trajali okoli 1 minute. Največkrat je bil vzrok neznan.

Z rdečo so označene dolgotrajne prekinitve, vseh skupaj je bilo 24.

Leta 2020 so DP zaradi epidemioloških razmer zmanjšala število načrtovanih prekinitev, da bi tako zagotovila odjemalcem višji nivo oskrbe z EE. Leta 2020 so bili za odsek zabeleženi štirje dogodki (št. 26–29). Od treh dolgotrajnih prekinitev sta bila dva načrtovana. Leta 2019 je bilo na odseku za stikalom STR10 zabeleženih 8 dogodkov (št. 17–23, 25).

4.4 Namen tabel in povzetek

Namen tabel je ocena zanesljivosti oskrbe in podpora odločitvam v zvezi z naložbami, kot sta obnova daljnovoda ali pokablitev odseka, s poudarkom na odsek za stikalom STR10.

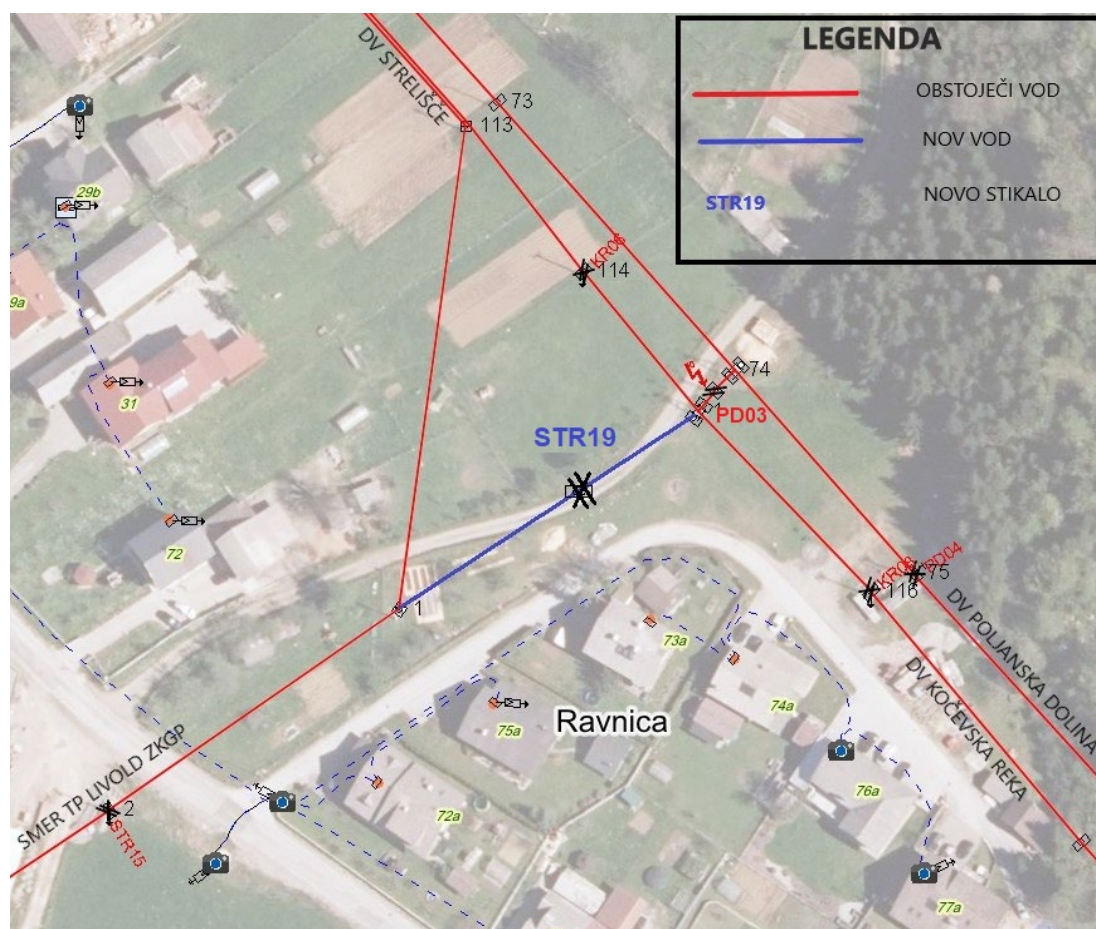
SAIDI in SAIFI izračunana na nivoju izvoda ne odražata dejanskega vpliva na odjemalce, saj povprečje posploši koncentracijo prekinitev. Za bolj natančno presojo naložb v zanesljivost oskrbe je bistveno, da bi se poleg standardnih kazalnikov na nivoju izvoda upoštevala tudi kazalnika, kot sta CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index) in CAIFI (Customer Average Frequency Index). Odsek za stikalom STR10 izstopa po svoji ranljivosti, saj 433 odjemalcev predstavlja skoraj 42 % celotnega izvoda, hkrati pa je bilo v letu 2019 vseh 8 prekinitev prav na tem odseku. To govori v prid potrebi po bolj podrobni obravnavi in morebitni prednostni obravnavi pri planiranih naložbah.

5 TEHNIČNE REŠITVE

Tehničnih rešitev je več in bodo za obravnavani odsek v vsakem primeru potrebne. Omejili se bomo na dve, ter poskušali predstaviti prednosti in slabosti.

5.1 Obnova DV, rezervno napajanje in vgradnja stikal

Ugotavljamo, da bi rezervno napajanje lahko zagotovili z vgradnjo stikala STR19 na nosilni drog med KAD115 DV KOČEVSKA REKA in BD1 DV STRELIŠČE, ki je eno razpetino pred stikalom STR15 (slika 8).



Slika 8: Izsek lokacije stikala STR19

(Vir: Interna aplikacija Elektro Ljubljana d. d. – PISELJ, b.l.)

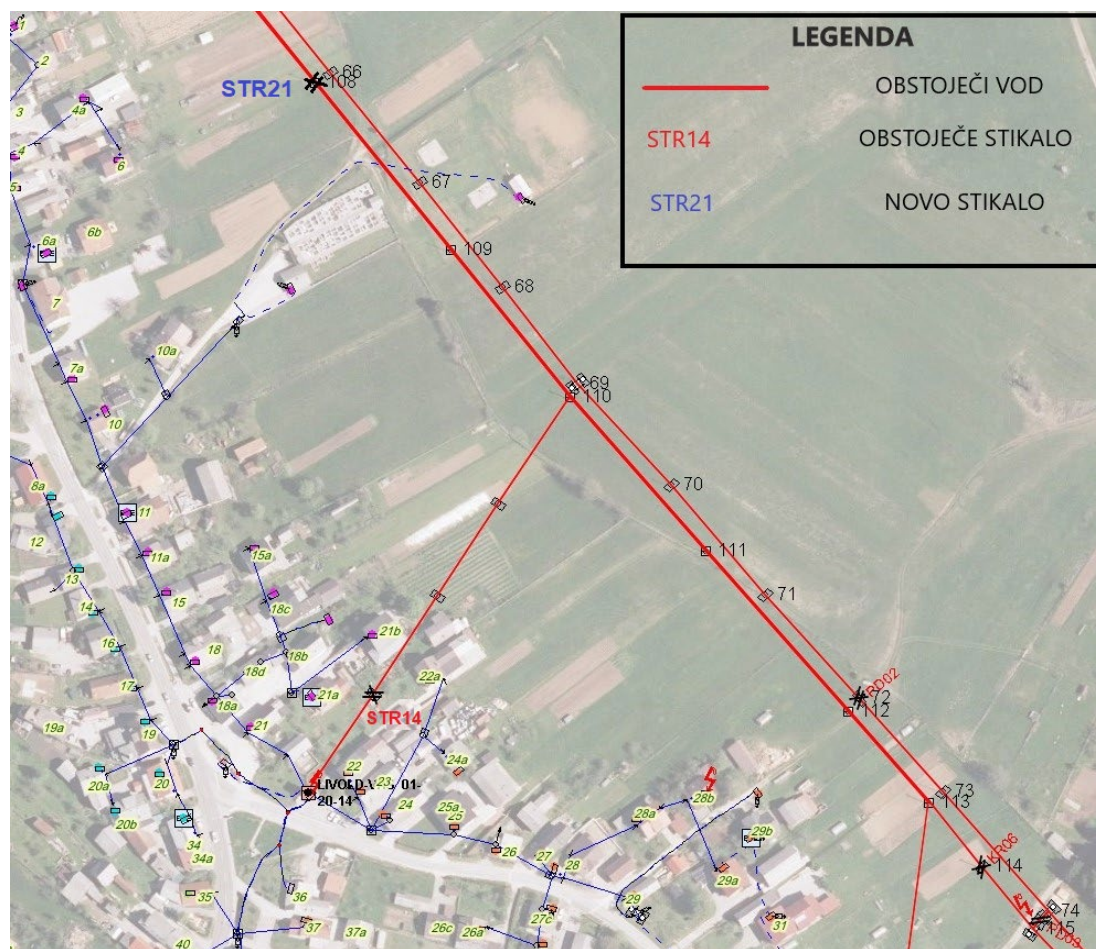
V primeru okvare bomo napajanje tako lahko zagotovili po DV KOČEVSKA REKA z vklopom stikala STR19. Možno bo tudi napajanje po DV POLJANSKA DOLINA z vklopom stikala PD03.

V primeru okvare je treba okvarjeni odsek izolirati, zato bomo na odsek dodali še dve stikali. Stikalo STR20 (slika 9) bo postavljeno eno razpetino pred odcepom za TP DOLGA VAS 1 na BD96, stikalo STR21 (slika 9) pa na BD108 med odcepom TP DOLGA VAS–JUG in odcepom TP LIVOLD–VAS.



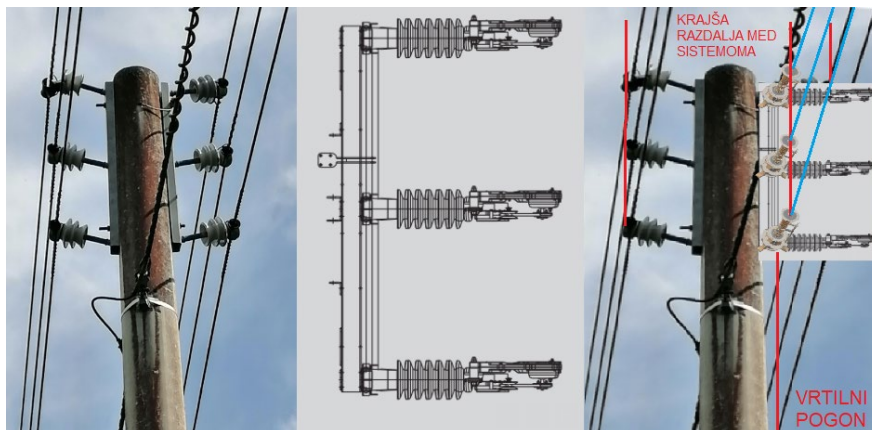
Slika 9: Izsek lokacije stikala STR20

(Vir: Interna aplikacija Elektro Ljubljana d. d. – PISELJ, b.l.)



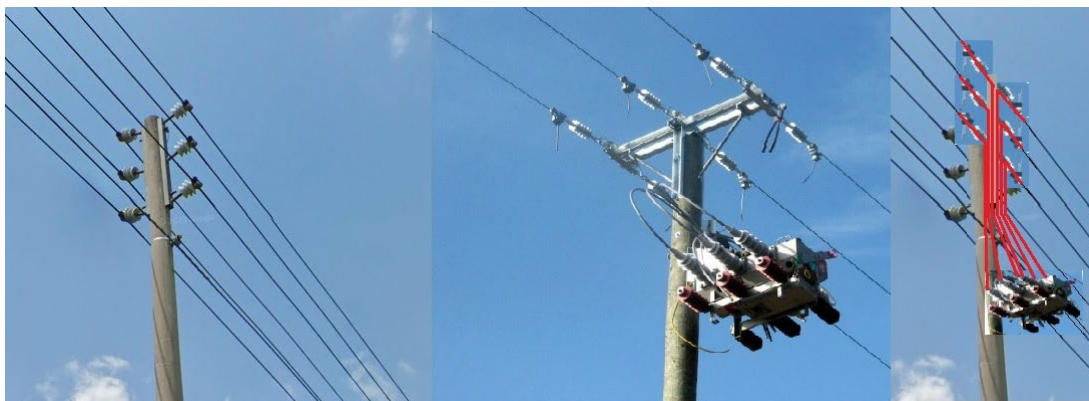
Slika 10: Izsek lokacije stikala STR21
(Vir: Interna aplikacija Elektro Ljubljana d. d. – PISELJ, b.l.)

Umeščanje stikal v shemo je enostavno, zaplete pa se pri izbiri ustreznih stikal. Iz podjetja TSN odgovarjajo, da njihova stikala trenutno niso namenjena tovrstni montaži in so potrebna dodatna testiranja. Prilagoditev pogona je možna z direktnim pogonom osi, vprašljivo pa je delovanje mehanskih strižnih sil na ohišje stikala. Potrebna je predelava obstoječe konzole z vpetjem obeh strani.



Slika 11: Primer s TSN-stikalom
(Vir: TSN d. o. o. , 2017)

Pri iskanju rešitev smo kontaktirali tudi podjetje Altens, ki dobavlja naprave za avtomatizacijo SN-omrežja vsem slovenskim elektrodistribucijskim podjetjem. Primerno stikalo Nu-Lec RL27 je avtomatizirano in namenjeno samo horizontalni montaži. Pri vgradnji je treba zaradi kratkih razdalj in vertikalne razporeditve vodnikov uporabiti SN-kabel. Potrebna je predelava konzole z vpetjem obeh strani in podaljšanje razdalje med sistemi.



Slika 12: Primer z Nu-Lec RL27
(Vir: ALTENS d.o.o. , b.l.)

Z nadaljnjim raziskovanjem smo našli še dve stikali primerne izvedbe in načina vgradnje. Podjetje S&C ELECTRIC COMPANY ponuja ročno manipulirano stikalo, podjetje ENSTO pa avtomatizirano. V obeh primerih je potrebna predelava konzol in vpetja.



Slika 13: Alduti-Rupter stikalo
(Vir: S&C Electric Company, b. l.)



Slika 14: NXS560002 Stikalo
(Vir: Ensto, b. l.)

Tipov stikal, primernih za vgradnjo, ni veliko, kar postavlja pod vprašaj končni izdelek in njegov izgled. Skicirane rešitve delujejo improvizirano ter odpirajo nova vprašanja glede smiselnosti izvedbe. Stikala niso zasnovana za neposredno vpetje vodnikov, zato je potrebna predelava ali vsaj vgradnja konzole, kar pa v vsakem primeru zmanjša razdaljo med sistemoma.

Ključno vprašanje ostaja, ali je zagotovljena zadostna razdalja med sistemoma. Minimalna dovoljena horizontalna razdalja vgrajenih PAS vodnikov je po projektni dokumentaciji iz leta 1996 za finsko verzijo podjetja ENSTO med 400 mm in 450 mm, medtem ko je preračunana razdalja brez opornice in izolatorja 420 mm.

Obnove oz. zamenjave so potrebni izolatorji kot tudi SKS zatezne sponke z jeklenico, ki se pogosto pretrga. Potrebna je tudi kontrola stanja vseh 32 armirano-betonskih drogov. Podjetja za drogeve garantirajo dobo obratovanja 30 let, v praksi omenjajo tudi do 50 let brez vzdrževanja. Zaradi pogostega padca drevja pa smo na tem odseku že zamenjali tri. V primeru obnove bo vsakokrat prekinjena oz. motena dobava EE odjemalcem na tem odseku. Prav tako bo vsakokrat zmanjšana zanesljivost napajanja RP Kočevska Reka.



*Slika 15: Primer zamenjanih elementov na DV Strelišče
(Lastni vir)*

5.2 Pokablitev odseka in posodobitev TP

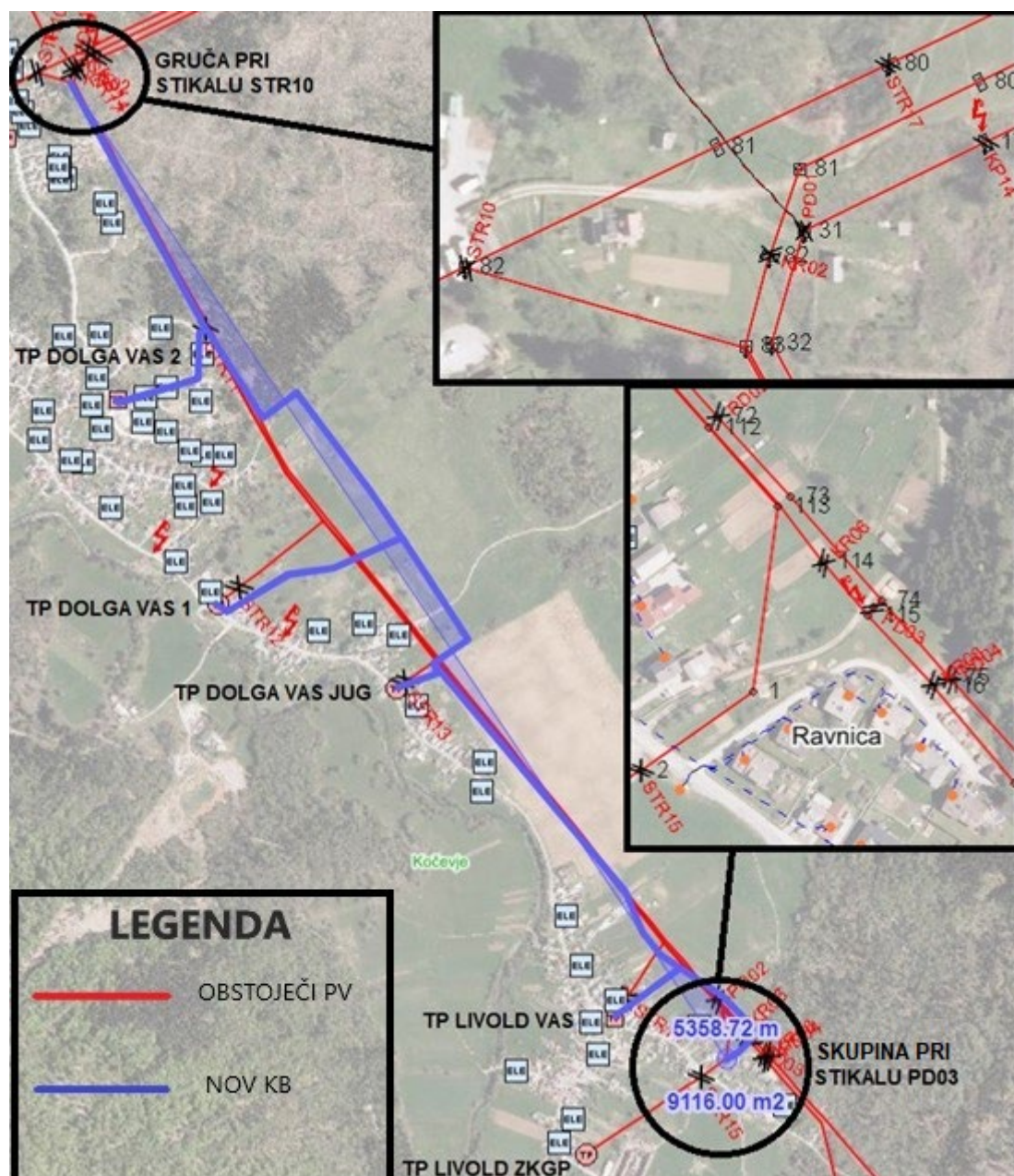
Kot najbolj smiselna in trajna rešitev problema napajanja primestnih naselij in širše okolice ugotavljamo, da je potrebno zamenjati sedanji dvosistemski DV z novim v kabelski izvedbi. Glede na paralelni potek treh DV bi bilo dolgoročno gledano smiselno pokablit vse tri DV istočasno (DV Strelišče, DV Kočevska Reka in DV Poljanska dolina). Pokablitev bo v večini potekala po parcelah v lasti občine in države. Pokablitev bo potekala od skupine stikal pri STR10 do SM 90 (STR11), kjer bomo spojili obstoječ dovodni kabel v TP Dolga vas 2. TP Dolga vas 2 se bo vzankala, saj ima kot rezervo že na voljo dodatno vodno celico. Uporabili bomo tudi obstoječo kabelsko kanalizacijo z obstoječimi cevmi.

Pokablitev nadaljujemo izven gozda po travniških površinah, kjer zavijemo proti TP Dolga vas 1. Jamborska TP Dolga vas 1 je bila zgrajena leta 1962 in se bo zamenjala z novo prehodno TP v kabelski izvedbi.

Trasa nadaljuje po travniških površinah do jamborske TP Dolga vas – jug zgrajena leta 1988 ter se tudi zamenja z novo prehodno TP v kabelski izvedbi.

Nadaljujemo po travniških površinah vse do TP Livold – vas, ki je bila zgrajena leta 1953 kot zidana. V TP Livold – vas se demontira obstoječa SN stikala in vgradi Siemens blok 8DJH.

Zadnji odsek nadaljujemo do PD03 in se skoraj na koncu vasi po gozdni poti približamo novi načrtovani TP Livold. Tu bomo namestili Siemens blok 8DJ20 s štirimi vodnimi celicami in eno celico za transformator. Na ta način bomo pridobili možnost prenapajanja vseh treh DV z vseh strani. V primeru, da se izgradnja nove načrtovane TP Livold opusti, se na tem mestu vgradi samo blok z zunanjim ohišjem. TP LIVOLD – ZKGP ostane radialno napajana in se poveže s SN kablom na prvem stojnem mestu.



Slika 16: Primer poteka pokablitve
(Vir: Interna aplikacija Elektro Ljubljana d. d. – Piselj, b. l.)

5.3 Ocena stroškov naložbe

Ocena stroškov obeh predstavljenih tehničnih rešitev zahteva celovit pristop, ki vključuje neposredne naložbene stroške, kakor tudi posredne. Med naložbene stroške bomo upoštevali gradbena dela, material in elektromontažna dela. Med posredne pa vzdrževanje in predvidena življenjska doba.

5.3.1 Obnova odseka, rezervno napajanje in vgradnja stikal

1	Splošno				2.600 €
	Opis postavke	Enota	Količina	Cena	Znesek
1.1	Izredni pregled odseka zaradi ugotavljanja stanja BD	ura	16	25,00 €	400 €
1.2	Soglasja	kpl	1	200,00 €	200 €
1.3	Nepredvidena dela	kpl	1	2.000,00 €	2.000 €
2	Gradbena dela				2.330 €
	Opis postavke	Enota	Količina	Cena	Znesek
2.1	Strojni izkop za N drog	kom	1	150,00 €	150 €
2.2	Strojni izkop za ozemljitveni obroč	kom	3	60,00 €	180 €
2.3	Nepredvidena dela	kpl	1	2.000,00 €	2.000 €
3	Elektromontažna dela				25.950 €
	Opis postavke	Enota	Količina	Cena	Znesek
3.1	Dobava/sestava in strojna postavitvev kostanjevega droga	gar	1	800,00 €	800 €
3.2	Dobava/montaža stikala LSZ 24/630 STR19	gar	1	3.500,00 €	3.500 €
3.3	Dobava/montaža predelanega stikala LSZ 24/630 STR20	gar	1	4.500,00 €	4.500 €
3.4	Dobava/montaža predelanega stikala LSZ 24/630 STR21	gar	1	4.500,00 €	4.500 €
3.5	Dobava vodnika in vgradnja PIV 70 mm ²	km	0,3	4.000,00 €	1.200 €
3.6	Zamenjava SKS zateznic z zateznimi sponkami	gar	51	150,00 €	7.650 €
3.7	Demontaža, dobava in montaža izolatorja 3 x z opornico	gar	5	200,00 €	1.000 €
3.8	Popravilo vodnikov PIV 70 na km	km	0,2	4.000,00 €	800 €
3.9	Nepredvidena dela	kpl	1	2.000,00 €	2.000 €
4	Prevozi				2.175 €
	Opis postavke	Enota	Količina	Cena	Znesek
4.1	Prevoz, nakladanje in razkladanje materiala	ur	40	50,00 €	2.000 €
4.2	Prevoz delavcev in drobnega materiala	km	350	0,50 €	175 €
5	Ostalo				4.000 €
	Opis postavke	Enota	Količina	Cena	Znesek
5.1	Izdelava projektne dokumentacije	kpl	1	2.000,00 €	2.000 €
5.2	Priprava in nadzor dela	kpl	1	1.500,00 €	1.500 €
5.3	Meritve	kpl	1	500,00 €	500 €
					<u>Skupaj 37.055 €</u>

Tabela 10: Ocena stroškov obnove odseka
(Lastni vir)

5.3.2 Pokablitev odseka

1	Splošno				14.400 €
	Opis postavke	Enota	Količina	Cena	Znesek
1.1	Soglasja	kpl	62	200,00 €	12.400 €
1.2	Nepredvidena dela	kpl	1	2.000,00 €	2.000 €
2	Gradbena dela				41.250 €
	Opis postavke	Enota	Količina	Cena	Znesek
2.1	Strojna odstranitev temelja JTP	kos	2	250,00 €	500 €
2.2	Strojna odstranitev N droga	kos	9	50,00 €	450 €
2.3	Strojna odstranitev BD	kos	30	150,00 €	4.500 €
2.4	Strojni izkop in izdelava temelja za BD	kos	2	900,00 €	1.800 €
2.5	Kombiniran strojno ročni izkop za NN kable	kpl	10	150,00 €	1.500 €
2.6	TP - Gradbena dela	kom	3	9.000,00 €	27.000 €
2.7	Delavec	ura	100	25,00 €	2.500 €
2.8	Nepredvidena dela	kom	1	3.000,00 €	3.000 €
3	Elektro kableska kanalizacija (EKK)				185.400 €
	Opis postavke				
3.1	Zakoličba	kos	1	1.500,00 €	1.500 €
3.2	Strojni izkop jarka	m3	4000	12,00 €	48.000 €
3.3	Obsip kabla	m3	900	10,00 €	9.000 €
3.4	Dobava in polaganje cevi za optiko	m1	5400	5,50 €	29.700 €
3.5	Dobava in polaganje ščitnikov	m1	5400	1,20 €	6.480 €
3.6	Dobava in polaganje FeZn ozemljitvenega valjanca	m1	5400	6,00 €	32.400 €
3.7	Dobava in polaganje opozorilnega traku (VN,optika)	m1	10800	0,40 €	4.320 €
3.8	Zasip jarka	m3	3500	5,00 €	17.500 €
3.9	Odvoz viška materiala	m3	500	3,00 €	1.500 €
3.10	Dobava kvalitetne zemlje za ureditev trase	m3	500	20,00 €	10.000 €
3.11	Ureditev vozišča, dostopnih poti in bankin	m3	200	25,00 €	5.000 €
3.12	Nepredvidena dela	kos	1	20.000,00 €	20.000 €
4	Elektromontažna dela				514.400 €
	Opis postavke	Enota	Količina	Cena	Znesek
4.1	Dobava in polaganje kabla (3x3 SN 150mm2)	m	16200	25,00 €	405.000 €
4.2	Dobava in montaža kableske spojke	kos	150	100,00 €	15.000 €
4.3	Dobava in montaža konektorjev za SN stikalne bloke	gar	24	300,00 €	7.200 €
4.4	Dobava in vgradnja ohišja TP	kpl	2	20.000,00 €	40.000 €
4.5	Dobava in vgradnja SN bloka 8DJH	kpl	4	6.000,00 €	24.000 €
4.6	Dobava in vgradnja varovalk	kpl	3	100,00 €	300 €
4.7	Dobava in vgradnja transformatorja 21/0,4 kV 250 kVA	kos	2	8.000,00 €	16.000 €
4.8	Dobava in postavitve BD 9m	kos	2	500,00 €	1.000 €
4.9	Spoj NN kabla	gar	10	150,00 €	1.500 €
4.10	Polaganje NN kabla	kpl	10	200,00 €	2.000 €
4.11	Kineta BD	kpl	2	200,00 €	400 €
4.12	Nepredvidena dela	kpl	1	2.000,00 €	2.000 €
5	Prevozi				16.000 €
	Opis postavke	Enota	Količina	Cena	Znesek
5.1	Prevoz, nakladanje in razkladanje materiala	ur	300	50,00 €	15.000 €
5.2	Prevoz delavcev in drobnega materiala	km	2000	0,50 €	1.000 €
6	Ostalo				24.500 €
	Opis postavke	Enota	Količina	Cena	Znesek
6.1	Izdelava projektne dokumentacije	kpl	1	15.000,00 €	15.000 €
6.2	Priprava in nadzor dela	kpl	1	5.000,00 €	5.000 €
6.3	Meritve	kpl	1	4.500,00 €	4.500 €

Skupaj 795.950 €

*Tabela 11: Ocena stroškov pokablitve odseka
(Lastni vir)*

5.3.3 Predvideni stroški vzdrževanja

Stroški vzdrževanja po investiciji	Pregled	Revizija	Zamenjava elementov	Strošek na leto
Obnova odseka	200,00 €	1.000,00 €	2.000,00 €	3.200,00 €
Upoštevanje treh DV	600,00 €	3.000,00 €	6.000,00 €	9.600,00 €
Pokablitev odseka	200,00 €	200,00 €	1.000,00 €	1.400,00 €

Tabela 12: Predvideni stroški vzdrževanja po investiciji
(Lastni vir)

Stroški vzdrževanja za dobo	5 let	10 let	20 let	30 let
Obnova odseka	16.000,00 €	32.000,00 €	64.000,00 €	96.000,00 €
Upoštevanje treh DV	48.000,00 €	96.000,00 €	192.000,00 €	288.000,00 €
Pokablitev odseka	7.000,00 €	14.000,00 €	28.000,00 €	42.000,00 €

Tabela 13: Predvideni stroški dolgoletnega vzdrževanja
(Lastni vir)

Pri oceni stroškov vzdrževanja smo upoštevali tudi vse DV-je, ki smo jih v tehnični rešitvi predvideli pokablit. Predvidevamo, da bodo betonski drogovci ob koncu zagotovljene življenjske dobe potrebni zamenjave, zato so predvideni stroški dokaj visoki. S kablovodi načeloma ne pričakujemo velikih stroškov vzdrževanja ob predvidevanju, da so vsa dela kakovostno izvedena.

5.4 Prednosti in slabosti tehničnih rešitev

	Obnova odseka, rezervno napajanje in vgradnja stikal	Pokablitev odseka
Stroški (v EUR)	Nižji začetni stroški , ker gre za manjše prilagoditve. Predvideni stroški so 37.055 EUR.	Visoki začetni stroški zaradi obsežnih posegov. Predvideni stroški so 795.950 EUR.
Čas izvedbe	Krajši čas izvedbe : 3–6 mesecev, ker gre za manjše posege in uporabo obstoječe infrastrukture.	Daljši čas izvedbe : 9–12 mesecev, ker vključuje obsežna gradbena in elektromontažna dela.
Izvedba	Enostavna izvedba z uporabo obstoječe infrastrukture, vendar so potrebne predelave konzol in zamenjava obesnega materiala. Prav tako je v času izvedbe napajanje začasno prekinjeno , kar pomeni izpad električne energije za uporabnike na tem odseku.	Zahtevnejša izvedba zaradi večjih gradbenih del, vendar se izvaja na zemljiščih v lasti države/občine, kar poenostavi pridobivanje dovoljenj. Po zaključku izvedbe bo napajanje stabilnejše in brez izpadov.
Zanesljivost napajanja	Povečana zanesljivost zaradi dodatnih stikal in možnosti preklopa napajanja, vendar se še vedno opira na nadzemne daljnovode, ki so izpostavljeni vremenskim vplivom (veter, drevesa, udari strel).	Visoka zanesljivost zaradi podzemnih kablov, ki niso izpostavljeni vremenskim vplivom. Po zaključku posega je omrežje bolj odporen na okvare.
Dolgoročni učinki	Kljub večji zanesljivosti na začetku bo sčasoma potrebno nadaljnje vzdrževanje stikal, izolatorjev, drogov in druge opreme. Potreba po obnovi stikal z dodatnimi prilagoditvami (npr. razdalje med vodniki) lahko pomeni višje stroške vzdrževanja v prihodnosti .	Bolj trajna rešitev , saj so kabli zaščiteni pred vremenskimi vplivi in bodo potrebovali manj vzdrževanja. Stroški vzdrževanja bodo nižji.
Vpliv na okolje	Obnova z dodatnimi stikali pomeni večjo motnjo med izvajanjem del (izpadi napajanja, potrebni posegi v okolici drogov).	Pokablitev bo vplivala na okolje predvsem zaradi gradbenih posegov (izkopi, delovišča), vendar bo dolgoročno izboljšala estetiko okolja, saj bo kablovod v zemlji.
Tveganja	Višja tveganja med izvedbo zaradi prekinitve napajanja. Možne napake pri vgradnji stikal, kar lahko povzroči dodatne težave.	Večjih tveganj pri izvedbi se ne pričakuje. Lahko se pojavijo težave z zemeljskimi plastmi in vgradnjo kablov na zahtevnem terenu. Po zaključku pa bo tveganje nizko , saj bodo kabli zaščiteni pred vremenskimi vplivi.

Tabela 14: Prednosti in slabosti tehničnih rešitev
(Lastni vir)

5.4.1 Obnova odseka, rezervno napajanje in vgradnja stikal

Prednosti: nižji začetni stroški, krajši čas izvedbe, manjši gradbeni posegi.

Slabosti: višji dolgoročni stroški vzdrževanja, odvisnost od vremenskih vplivov, daljši izpadi električne energije med izvedbo.

5.4.2 Pokablitev odseka

Prednosti: visoka zanesljivost, dolgoročna rešitev z manj vzdrževanja, zaščita pred vremenskimi vplivi, boljša estetika.

Slabosti: visoki začetni stroški, daljši čas izvedbe, večji vpliv na okolje med izvedbo.

Če je proračun omejen in so potrebni hitri rezultati, je rešitev z obnovo odseka primernejša, saj omogoča hitrejšo izvedbo in nižje začetne stroške. Če gledamo dolgoročne koristi in zanesljivost napajanja, je pokablitev bolj smiselna rešitev. Dolgoročno pokablitev zagotavlja nižje stroške vzdrževanja in večjo zanesljivost napajanja.

6 ZAKLJUČKI

Idejna zasnova te naloge se je oblikovala že pred začetkom izobraževanja, sprva kot pobuda za predstavitev težav nadrejenim, kasneje pa kot osnova za iskanje utemeljenih in tehnično izvedljivih rešitev. V letih, ki so sledila, se je ideja postopno razvijala skozi raziskovanje arhivskih podatkov, analiziranje letnih poročil in primerjanje kazalnikov zanesljivosti. Med analiziranimi podatki se je odsek za stikalom STR10 na DV Strelišče dosledno izkazoval kot problematičen.

Zbrani podatki in poglobljena analiza kazalnikov SAIDI in SAIFI so potrdili, da trenutna raven zanesljivosti napajanja na obravnavanem odseku ni ustrezna. Hkrati je bilo ugotovljeno, da omenjena kazalnika v določenih primerih ne zadoščata za celotno oceno dejanskega stanja, zato je bila potrebna nadgradnja obravnave s točnimi informacijami lokalnega značaja in sledenjem okvaram.

Za izboljšanje zanesljivosti oskrbe z električno energijo sta bili predstavljeni dve ključni rešitvi. Rešitev z delno obnovo, rezervnim napajanjem in vgradnjo dodatnih stikal, ki je stroškovno ugodna, vendar tehnično omejena in v nekaterih primerih težko izvedljiva zaradi konstrukcijskih značilnosti obstoječih konzol in betonskih drogov. Rešitev s pokablitvijo celotnega odseka, ki predstavlja dolgoročno in robustno rešitev, a zahteva visoko začetno naložbo, ki trenutno ni ekonomsko upravičena glede na energetske potrebe območja.

Ugotovljeno je bilo, da je najbolj verjetna prihodnja rešitev kombinacija obeh pristopov. Delna pokablitev, nadgradnja transformatorskih postaj in izvedba rezervnega napajanja. Taka rešitev bi omogočila pomembno izboljšanje zanesljivosti, obvladljive stroške in postopno modernizacijo infrastrukture.

Rečemo lahko, da je naloga dosegla svoj namen. Predstavila je realne tehnične in organizacijske izzive, podkrepila nujnost ukrepanja ter ponudila tehtne rešitve, ki bodo lahko osnova za nadaljnje načrtovanje v podjetju. Verjamemo, da bodo predlagani ukrepi prispevali k postopni modernizaciji DV Strelišče in izboljšanju kazalnikov zanesljivosti v prihodnje.

V okviru ugotavljanja stanja smo odsek preleteli z brezpilotnim letalnikom in tako dobili dober vpogled v stanje betonskih drogov, pripetij ter način improvizirane izvedbe pri treh zamenjanih drogovih. Pričakujemo, da se bodo pri posodobitvah in kablitvi še pojavljale določene težave pri izvedbi. Številnim nevšečnostim pa se je mogoče izogniti z ustrezno pripravo, ki jo danes omogoča tehnološki napredek. Potrebujemo le čas in sredstva.

7 LITERATURA IN VIRI

Altens d. o. o. (b. l.). RL27 – 25 kV odklopnik [JPEG]. Pridobljeno 15. 4. 2025 z naslova <https://www.altens.si/wp-content/gallery/rl27-galerija/rl27-gal-25.jpg>

Blažič, B., Papič, I. (2019). *Modeliranje elementov elektroenergetskega omrežja*. Ljubljana: Založba FE, Fakulteta za elektrotehniko.

Elektro Ljubljana, d. d. (2017). Poročilo o kakovosti oskrbe z električno energijo v letu 2017. Pridobljeno 6.10.2025 z naslova <https://www.elektro-ljubljana.si/Portals/0/Omrezje-dokumenti/2017krovnoporociloelj.pdf>

Elektro Ljubljana, d. d. (2018). Poročilo o kakovosti oskrbe z električno energijo v letu 2018. Pridobljeno 6.10.2025 z naslova <https://www.elektro-ljubljana.si/Portals/0/Omrezje-dokumenti/2018krovnoporociloelj.pdf>

Elektro Ljubljana, d. d. (2019). Poročilo o kakovosti oskrbe z električno energijo v letu 2019. Pridobljeno 6.10.2025 z naslova <https://www.elektro-ljubljana.si/Portals/0/Omrezje-dokumenti/2019krovnoporociloelj.pdf>

Elektro Ljubljana, d. d. (2020). Poročilo o kakovosti oskrbe z električno energijo v letu 2020. Pridobljeno 6.10.2025 z naslova https://www.elektro-ljubljana.si/Portals/0/Omrezje-dokumenti/Elektro_Ljubljana_Krovno_porocilo_o_kakovosti_oskrbe_z_elektricno_energijo_v_letu_2020.pdf

Elektro Ljubljana, d. d. (2021). Poročilo o kakovosti oskrbe z električno energijo v letu 2021. Pridobljeno 6.10.2025 z naslova <https://www.elektro-ljubljana.si/Portals/0/Omre%C5%BEje-Dokumenti/2021krovnoporocilokee.pdf>

Ensto. (b. l.). NXS560002 Switch Disconnecter. Pridobljeno 15. 4. 2025 z naslova <https://www.ensto.com/products/medium-voltage-distribution-and-automation/overhead-line-switch-disconnectors/nxs560002/>

Republika Slovenija. (2015). *Akt o pravilih monitoringa kakovosti oskrbe z električno energijo*. Uradni list RS, št. 59/2015. Pridobljeno 27. 9. 2022 z naslova <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2015-01-2458>

Republika Slovenija. (2018a). *Akt o spremembah in dopolnitvah akta o pravilih monitoringa kakovosti oskrbe z električno energijo*. Uradni list RS, št. 23/2018. Pridobljeno 27. 9. 2022 z naslova <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2018-01-0966>

Republika Slovenija. (2018b). *Akt o metodologiji za določitev regulativnega okvira operaterjev distribucijskega sistema električne energije*. Uradni list RS, št. 46/2018. Pridobljeno 27. 9. 2022 z naslova <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2018-01-2334>

Republika Slovenija. (2018c). *Akt o spremembah in dopolnitvah akta o metodologiji za določitev regulativnega okvira operaterjev distribucijskega sistema električne energije*. Uradni list RS, št. 47/2018. Pridobljeno 27. 9. 2022 z naslova <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2018-21-2441>

Republika Slovenija. (2019). *Akt o spremembah in dopolnitvah akta o pravilih monitoringa kakovosti oskrbe z električno energijo*. Uradni list RS, št. 69/2019. Pridobljeno 27. 9. 2022 z naslova <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2019-01-2763>

Republika Slovenija. (2021a). *Akt o spremembah in dopolnitvah akta o pravilih monitoringa kakovosti oskrbe z električno energijo*. Uradni list RS št. 90/2021. Pridobljeno 27. 9. 2022 z naslova <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2021-01-1956>

Republika Slovenija. (2021b). *Zakon o oskrbi z električno energijo (ZOOE)*. Uradni list RS, št. 172/2021. Pridobljeno 27. 9. 2022 z naslova <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/2021-01-3349>

Republika Slovenija. (2022a). *Uredba o kakovosti oskrbe z električno energijo (priloga: ciljne ravni neprekinjenosti)*. Uradni list RS, št. 123/2022, stran 8528. Pridobljeno 27. 9. 2022 z naslova https://www.uradni-list.si/files/RS_-2022-123-02907-OB~P008-0000.PDF

Republika Slovenija. (2022b). *Uredba o kakovosti oskrbe z električno energijo (priloga: zajamčeni standardi)*. Uradni list RS, št. 123/2022, stran 8534. Pridobljeno 27. 9. 2022 z naslova https://www.uradni-list.si/files/RS_-2022-123-02907-OB~P008-0000.PDF

Republika Slovenija. (2022c). *Uredba o kakovosti oskrbe z električno energijo (priloga: nadomestila)*. Uradni list RS, št. 123/2022, stran 8535. Pridobljeno 27. 9. 2022 z naslova https://www.uradni-list.si/files/RS_-2022-123-02907-OB~P008-0000.PDF

Republika Slovenija (2024). *Sistemska obratovalna navodila za distribucijski sistem električne energije (SONDSEE)*. Uradni list RS, št. 77/2024, str. 6968. Pridobljeno 6.10.2025 z naslova https://www.uradni-list.si/_pdf/2024/Ur/u2024077.pdf

S&C Electric Company. (n. d.). Alduti-Rupter® switches - outdoor distribution. Pridobljeno 15. 4. 2025 z naslova <https://www.sandc.com/en/products--services/products/alduti-rupter-switches-outdoor-distribution/>

TSN d. o. o. (2017). *LSZ – Ločilno stikalo za zunanjo montažo* [PDF]. Pridobljeno 20. 3. 2023 z naslova <http://www.tsn.si/wp-content/uploads/2017/05/LSZ.pdf>