

Pero Radoš  
HEP ODS, Elektra Sisak  
[pero.rados@hep.hr](mailto:pero.rados@hep.hr)

Matija Karas  
HEP ODS, Elektra Sisak  
[matija.karas@hep.hr](mailto:matija.karas@hep.hr)

Robert Brdarić  
HEP ODS, Elektra Sisak  
[robert.brdaric@hep.hr](mailto:robert.brdaric@hep.hr)

## POSTUPAK OTKLANJANJA KVAROVA NAKON POTRESA 29.12.2020. NA PODRUČJU ELEKTRE SISAK

### SAŽETAK

Razorni potres koji se dogodio 29.12.2020. godine u 12.20 minuta je u razdoblju od približno 12 sekundi nakon potresa je za cca 85% svih korisnika mreže Elektre Sisak (51.274 obračunska mjerna mjesta prema podacima HEP ODS Elektre Sisak) uzrokovao prekid napajanja električnom energijom. Fokus ovog referata je prikazati poduzete mjere i aktivnosti na organizaciji rada i upravljanju resursima u izvanrednim okolnostima prirodne katastrofe s ciljem što bržeg otklanjanja kvarova prouzrokovanih potresom. U referatu su istaknuti najbitniji činioci za uspješno otklanjanje kvarova u situaciji izazvanoj prirodnom katastrofom poput potresa, poplava, požara temeljem iskustva uspješno otklonjenih brojnih kvarova i izuzetno brze ponovne uspostave isporuke električne energije za sve korisnike mreže Elektre Sisak.

**Ključne riječi:** potres, Elektra Sisak, kvarovi

## TROUBLESHOOTING PROCEDURE AFTER THE EARTHQUAKE 29.12.2020 IN THE AREA OF ELEKTRA SISAK

### ABSTRACT

The devastating earthquake that happened on December 29, 2020. year at 12.20 minutes, in a period of approximately 12 seconds after the earthquake, for approximately 85% of all users of the Elektra Sisak network (51,274 billing metering points according to the data of HEP ODS Elektra Sisak), it caused the interruption of the electricity supply. The focus of the work is on the actual presentation of the measures and activities undertaken on the organization of work and resource management in the extraordinary circumstances of a natural disaster with the aim of eliminating faults caused by the earthquake as quickly as possible. The work highlighted the most important factors for successful elimination of faults in situations caused by natural disasters such as earthquakes, floods, fires, from the experience of successfully averting numerous faults and fast re-establishment of electricity supply for all users of the Elektra Sisak network.

**Keywords:** earthquake, Elektra Sisak, faults

## 1. UVOD

Navedeni potres dogodio se u vrijeme kada je većina radnika Elektre Sisak bila na kolektivnom godišnjem odmoru, te je samo oko 25% radnika iz Službe za terenske aktivnosti i Službe vođenja radilo u vrijeme nastanka potresa.

Distribucijsko područje Elektre Sisak je teritorijalno i funkcionalno podijeljeno na pet terenskih jedinica (TJ): TJ Sisak 1, TJ Sisak 2 koje pokrivaju područje grada Siska i općina Lekenik i Martinska Ves, TJ Petrinja koja pokriva područje Grada Petrinja, TJ Hrvatska Kostajnica koja pokriva područje Grada Hrvatska Kostajnice i općina Sunje, Dubice, Majura, Donjih Kukuruzara i Dvora na Uni, te TJ Glina koja pokriva grad Glinu i općine Topusko i Gvozd.

Razorni potres magnitude 6,2 M<sub>L</sub> prema Richterovoj ljestvici s epicentrom 3 km jugozapadno od grada Petrinje, na dubini od 6 km, pogodio je središnju Hrvatsku u 12:19 CET, 29.12.2020. godine. Navedenom potresu su prethodila 2 slabija potresa jačine 5,0 i 5,2 M<sub>L</sub>. U iduća tri dana, zabilježeno je gotovo 2000 slabijih potresa. Potresima je pogođeno cijelo distribucijsko područje Elektre Sisak, a štetu su pretrpjela postrojenja na području gradova: Sisak, Petrinja, Glina i Hrvatska Kostajnica te postrojenja na području općina: Lekenik, Martinska Ves, Topusko, Gvozd, Sunja, Kukuruzari, Majur i Dvor.

Potres jačine 6,2 M<sub>L</sub> je za posljedicu imalo prekid napajanja za više od 50.000 korisnika mreže na području Elektre Sisak.

Potres je uzrokovao ljudske žrtve i ogromno uništenje imovine tako da su se radnici odmah nakon provje stanja svojih obitelji i imovine odazvali i maksimalno posvetili otklanjanju kvarova i uspostavi napajanja korisnika električnom energijom.

## 2. DEFEKTAŽA KVAROVA

S obzirom da je potres iznenadna pojava bez mogućnosti prognoze nastanka, u to vrijeme poslovi u Elektri Sisak su se obavljali rutinski i sa smanjenim brojem radnika, jer je tada bio kolektivni godišnjodmor te je tek oko 25% radnika u to vrijeme bilo na svojim radnim mjestima. Neposredno nakon potresa bile su prekinute sve komunikacije te su se prvi telefonski pozivi mogli obavljati tek nakon cca 45 minuta od trenutka nastanka potresa.

Nakon uspostave komunikacije, voditelj Službe za terenske aktivnosti je od dispečera Elektre Sisak dobio informacije o utjecaju potresa na distributivnu mrežu Elektre Sisak te prve podatke o broju pojmih točaka Elektre Sisak koje su ostale bez napajanja, odnosno koje su isključene s mreže proradom određenih vrsta zaštite. Sve pojne TS (TS 110/20 kV Petrinja, TS 110/20 kV Siscia, TS 110/35 kV Pračno, TS 110/35 kV Rafinerija, TS 35/20 kV Sisak 2, TS 35/20 H. Kostajnica, RS 20 kV Sunja i RS 20 kV Dvor) ispale su iz sustava, osim TS 110/20 kV Glina.

Odmah po dobivenim informacijama o broju pojmih transformatorskih i rasklopnih stanica koje su ostale bez napajanja električnom energijom Služba za terenske aktivnosti pokrenula je aktivnosti oko otkrivanja uzroka kvarova na svakoj od pojmih točaka, ali i na uspostavi komunikacije sa dežurnim uklopničarom HOPS-a, a zbog uvida u štete na elektroenergetskim objektima HOPS-a, bitnim za napajanje distributivne mreže Elektre Sisak. Od dežurnog uklopničara HOPS-a dobivene su informacije da su kvarovi na TS 110/35 kV Pračno i TS 110/20 kV Siscia manjeg značaja i da su pozvane dežurne ekipe na popravak utvrđenih kvarova te je dobivena procjena da će se za nekoliko sati moći uključiti 1 (jedan) transformator 110/35 kV u TS Pračno, čime će se ostvariti preduvjeti za napajanje TS 35/20 Hrvatska Kostajnica i 1 (jedan) transformator u TS 110/20 kV Siscia.

Voditelj Službe za terenske aktivnosti, nakon konzultacija s direktorom Elektre Sisak, pozvao je sve Voditelje terenskih jedinica i dao im upute da pozovu sve radnike koji su na godišnjem odmoru da odmah dođu na posao. Radnici Službe za terenske aktivnosti su organizirani u grupe i u najkraćem mogućem roku su izvršili defektažu svih pojmih točki Elektre Sisak, kao i pregled svih izvoda iz tih pojmih točaka sa svim distributivnim transformatorskim stanicama te utvrdili trenutnu situaciju u predmetnim transformatorskim i rasklopnim stanicama opisanim u nastavku.

### 2.1 TS 110/35 kV Pračno

Došlo je do ispada oba transformatora 110/35 kV, 20 MVA koji su u nadležnosti HOPS-a, što je rezultiralo ispadom 35 kV postrojenja iz kojeg se napaja TS 35/20 kV Hrvatska Kostajnica, a posredno i RS 20 kV Sunja i RS 20 kV Dvor te su svi korisnici mreže napajani iz predmetnih TS i RS ostali bez napajanja električnom energijom.

Na HOPS-ovom dijelu postrojenja je bio manji kvar koji su otklonili radnici PrP-a Zagreb.

## 2.2 TS 110/20 kV Siscia

Došlo je do ispada oba transformatora 110/10/20 kV, 20 MVA što je rezultiralo ispadom cijele TS i svi korisnici mreže napajani iz TS 110/20 kV Siscia ostali su bez napajanja električnom energijom, a to je obuhvatilo korisnike mreže većeg dijela Grada Siska s okolicom.

Uzrok ovog kvara bila je oštećena strujna stezaljka na jednom trafo polju. Kako se radilo o kvaru na HOPS-ovom dijelu postrojenja, taj su kvar otklonili radnici PrP-a Zagreb. Zbog potresa, oba su transformatora pomanuta sa svojih pozicija, a iscurila je mala količina trafo ulja preko brtvi na provodnim izolatorima (Kvar na dijelu postrojenja u nadležnosti Elektre Sisak).

Na 20 kV srednjenaponskim izvodima i distributivnim transformatorskim stanicama su utvrđeni sljedeći kvarovi: TS 20/0,4 kV TS Žažina Ciglana, tip tornjić, uništena u cijelosti bez mogućnosti uključivanja, sa četiri stupne rešetkaste transformatorske stanice, TS 20/0,4 kV Greda Jug, TS 20/0,4 kV Vurot 2, TS 20/0,4 kV Hrastelnica 1 i TS 20/0,4 kV Tišina Lijeva sjever, pali su transformatori i uništeni su pri padu.

Na DV 20 kV Letovanić, nagnuli su se stupovi i popucali su vezovi na magistralnom dijelu voda iza odcjepa za TS 20/0,4 kV Stara Drenčina.

### 2.2.1 TS 110/35 kV Rafinerija

Došlo je do ispada sva tri transformatora 110/10/20 kV, 31,5 MVA što je rezultiralo ispadom cijele TS i svi korisnici mreže napajani iz TS 110/35 kV Rafinerija su ostali bez napajanja električnom energijom, odnosno južni dio Grada Siska s okolicom, koji je bio napojen iz TS 35/20 kV Sisak 2, koja se u redovnom uklopnom stanju napaja preko transformatora 3 u TS 110/35 kV Rafinerija.

Kod ovog kvara također je došlo do pomicanja transformatora temelja i curenja ulja na provodnim izolatorima.

Nakon brzog pregleda TR 3 31,5 MVA u TS 110/35/6 kV Rafinerija od strane osoblja INA Rafinerije nafte Sisak, potvrđena je spremnost navedenog transformatora za pogon te je u 12:36, nakon malo više od 17 minuta od ispada, ponovno osigurano napajanje električnom energijom distribucijske transformatorske stanice TS 35/20 kV Sisak 2.

### 2.2.2 TS 110/20 kV Petrinja

Došlo je do ispada oba transformatora 110/10/20 kV, 20 MVA što je rezultiralo time da su svi korisnici mreže napajani iz TS 110/20 kV Petrinja ostali bez napajanja električnom energijom (cijeli Grad Petrinja sa okolicom bez naselja Mošćenica).

Opis kvarova:

Oštećena sva tri naponska transformatora na jednom trafo polju iz kojih je iscurilo ulje i koje je bilo neophodno zamijeniti (Kvar na HOPS-ovom dijelu postrojenja i kvar su otklonili radnici PrP-a Zagreb).

Pomaknuta su oba energetska transformatora 110/20 kV sa svojih pozicija, iscurila veća količina transformatorskog ulja na provodnim izolatorima u uljnu jamu. Svih 8 (osam) provodnih izolatori na oba transformatora na 20 kv strani su bili polomljeni, 1 (jedan) provodni izolator na primarnoj 110 kv strani Tr 1, te 3 (tri) potporna izolatora na prihvat 20 kv kabela na 20 kv strani Tr 1. Oštećena je nosiva konstrukcija zgrade 20 kv postrojenja te je postala neupotrebljiva i prijeti urušavanjem na 20 kv postrojenje.

Na 20 kV srednjenaponskim izvodima i distributivnim transformatorskim stanicama utvrđeni su sljedeći kvarovi: u cijelosti je uništeno 16 (šesnaest) distributivnih TS 20/0,4 kV, koje su bile srušene (TS 20/0,4 kV Park, TS 20/0,4 kV Novi Farkašić, TS 20/0,4 kV Nebojan, TS 20/0,4 kV Župić, TS 20/0,4 kV Strašnik, TS 20/0,4 kV Gora 2, TS 20/0,4 kV Glinsko Novo Selo, TS 20/0,4 kV Križ Hrastovački, TS 20/0,4 kV Cepeliš, TS 20/0,4 kV Pecki, TS 20/0,4 kV Luščani 1, TS 20/0,4 kV Luščani 2, TS 20/0,4 kV Donja Bačuga, TS 20/0,4 kV Gornja Bačuga, TS 20/0,4 kV Donja Pastuša, TS 20/0,4 kV Tremušnjak), te je na jednoj stupno rešetkastoj transformatorskoj stanici pao transformator i uništio se (TS Križ 20/0,4 kV vodovod). Svi transformatori ukupne instalirane snage 2.530 kVA su uništeni.



Sl. 1.: Prikaz oštećenja Tr 2 , 20 MVA u TS 110/20 kV Petrinja

### 2.2.3 TS 110/20 kV Glina

U TS 110/20 kV, 20 MVA Glina došlo je do ispada 20 kV DV Gradac zbog većeg broja trajnih kvarova na više različitih mjesta na predmetnom dalekovodu.

Na 20 kV srednjenaponskim izvodima i distributivnim transformatorskim stanicama utvrđeni su sljedeći kvarovi: U cijelosti su uništene 2 TS 20/0,4 kV tipa tornjić (TS 20/0,4 kV Majske Poljane Jaružani i TS 20/0,4 kV Majske Poljane Lončari), sa tri stupne rešetkaste transformatorske stanice je pao transformator i uništio se (TS 20/0,4 kV Majske Poljane Zlonoge, TS 20/0,4 kV Ravno Rašće 3 i TS 20/0,4 kV Roviška). Na DV 20 kV Gradac je palo više stupova i prekinuti su Al Če vodiči.

### 2.2.4 TS 35/20 kV Hrvatska Kostajnica

Ispad TS 110/35 kV Pračno uzrokovao je prekid napajanja TS 35/20 kV Hrvatska Kostajnica, što je rezultiralo ispadom cijele TS te su svi korisnici mreže napajani iz TS 35/20 kV Hrvatska Kostajnica ostali bez napajanja električnom energijom (cijeli Grad Hrvatska Kostajnica s okolicom, općine Majur, Donji Kukuruzari, Dubica, Dvor i Sunja).

Opis kvarova: Na 20 kV srednjenaponskim izvodima i distributivnim transformatorskim stanicama utvrđeni su sljedeći kvarovi: U cijelosti su uništene 2 (dvije) distributivne transformatorske stanice tipa tornjić (TS 20/0,4 kV Donji Kukuruzari 1 i TS 20/0,4 kV Knezovljani 1). Na DV 20 kV Komogovina je palo više stupova i prekinuti su Al Če vodiči u odcjepu za Babinu Rijeku i Gornju Velešnju.

## 2.2.5 TS 35/20 kV Sisak 2

Ispad TS 110/35 kV, 3x31,5 MVA Rafinerija uzrokovao je prekid napajanja TS 35/20 kV Sisak 2, što je rezultiralo ispadom cijele TS te su svi korisnici mreže napajani iz TS 35/20 kV Sisak 2 ostali bez napajanja električnom energijom (južni dio Grada Siska s okolicom).

Opis kvarova: Pomaknuta su oba energetska transformatora 35/20 kV, 16 MVA sa svojih pozicija, iscurila je manja količina transformatorskog ulja te je Tr 2 ispao sa tračnice.

Na 20 kV srednjenaponskim izvodima i distributivnim transformatorskim stanicama utvrđeni su sljedeći kvarovi: U transformatorskim stanicama TS 20/0,4 kV Štrosmajerova 2 i TS 20/0,4 kV Viktorovac prevrnuti SN blokovi.



Sl. 2.: Prikaz pomaka Tr 2 35/20 kV, 16 MVA s tračnica u TS 35/20 kV Sisak 2

## 3. OTKLANJANJE KVAROVA

Nakon izvršene defektaže kvarova i prikupljanja detaljnijih informacija o šteti na elektronenergetskim postrojenjima te u dogovoru s direktorom Elektre Sisak, voditelj Službe za terenske aktivnosti organizirao je sve raspoložive materijalne i ljudske resurse, kako Službe za terenske aktivnosti Elektre Sisak, tako i radnike iz drugih DP-a koji su već 30.12.2020. g. došli na ispomoć u Elektru Sisak, na poslove otklanjanja kvarova, s ciljem što brže uspostave napajanja električnom energijom za sve korisnike mreže.

S obzirom na razmjor štete i broj korisnika mreže koji su bili bez napajanja električnom energijom direktor HEP ODS d.o.o., imenovao je Tim na čelu sa pomoćnikom direktora koji je Elektri Sisak omogućio korištenje resursa svih ostalih DP-a. Osigurana je ispomoć u ljudstvu te u vozilima i materijalu drugih DP-a. Sva operativna komunikacija i dogovor za korištenje radnika iz drugih DP-a, kao i dobavu materijala neophodnih za otklanjanje kvarova ostvarivala se na razini voditelja Službi za terenske aktivnosti.

Izvršen je detaljan uvid u sve kvarove te je pokrenuta aktivnost otklanjanja kvarova na svim pojnim stanicama koje su bile u kvaru. Utvrđena je i potreba za hitnom izgradnjom niza distributivnih transformatorskih stanica bili kao trajno ili kao privremeno rješenje.

### **3.1 Pregled operativnih aktivnosti na otklanjanju kvarova iz TS 110/20 kV Siscia**

Svi raspoloživi radnici iz terenskih jedinica Sisak 1 i 2 su organizirani u radne timove te su raspoređeni na utvrđivanje uzroka kvarova. Dana im je uputa da izvrše vizualni pregled svake distributivne transformatorske stanice. Ako se utvrdi da transformatorskoj stanici ne prijete rušenja, premda ima vidljivih oštećenja građevinske konstrukcije, ali ako su svi elementi postrojenja (transformator, izolator, odvodnici prenapona i ostala oprema TS) bez vidljivih oštećenja, upućeni su da ostave uključen rastavljač ispred takve TS te da se na taj način omogući njeno uključivanje nakon popravka TS 110/20 kV Siscia. Za sve uništene TS dana je uputa da isključe rastavljače ispred tih TS kako ne bi pri njihovom uključivanju došlo do dodatnih kvarova.

#### **3.1.1 Operativne aktivnosti 29.12.2020.**

Nakon dolaska dežurne ekipe PrP-a Zagreb izvršen je popravak i zamjena polomljne strujne stezaljke u transformatorskom polju TR 1 u TS 110/20 kV Siscia, te je nakon vizualnog pregleda svih dijelova postojanje i vraćanja pomaknutih transformatora na polazno mjesto u 16:27 h je izvršeno uključivanje transformatora TR 1 u prazan hod u TS 110/20 kV Siscia. Predmetna TS je vraćena u pogon nakon nešto malo više od 4 sata od razornog potresa. Nakon uključivanja TR 1 u prazan hod u TS 110/20 kV Siscia, dispečer Elektre Sisak uključio je sve SN izvode do prve distributivne TS. Radnici terenskih aktivnosti organizirani u radne timove su nakon izvršenog pregleda građevinske konstrukcije i stanja opreme svake pojedine TS, uključivali jednu po jednu distributivnu TS i o tome izvještavali dispečera koji je vodio pogonski dnevnik trenutnog uklopnoga stanja.

Zračni 20 kV dalekovodi uključivani su jedan za drugim od strane dispečera, jer se već kod defektaže utvrdilo koje TS su bile oštećene, odnosno koje TS ne treba uključivati. Te transformatorske stanice uključene su nakon izvršenih popravaka. Svi dalekovodi (DV 20 kV Mahovo, DV 20 kV Martinska Ves, DV 20 kV Gušće, DV 20 kV Bukovica, DV 20 kV Lekenik) su nakon uključivanja od strane dispečera Elektre Sisak ostali u pogonu, osim DV 20 kV Letovanić koji je nakon uključivanja ponovno ispao proradom dozemne zaštite.

Radni tim koji je vršio defektažu DV 20 kV Letovanić pristupio je pronalasku kvara te su utvrđeni popucani vodiči na magistralnom dijelu voda, iza odcjeka za TS 20/0,4 kV Stara Drenčina. Nakon popravka oštećenih vodiča izvršeno je ponovno uključivanje DV Letovanić i svi korisnici mreže na predmetnom dalekovodu su dobili električnu energiju u 19:31 h, osim TS 20/0,4 kV Vurot 2 na kojoj je pao transformator sa stupno rešetkaste transformatorske stanice i TS 20/0,4 kV Žažina Ciglana, tipa tornjić, koji je imao oštećenje građevinske konstrukcije do te mjere da se nije moglo izvršiti uključivanje.

Radni tim koji je utvrđivao uzroke i obim kvarova na DV 20 kV Lekenik je nakon uključivanja DV-a, izvršio popravak kvara na stupno rešetkastoj transformatorskoj stanici TS 20/0,4 kV Greda Jug, ugradnjom novog transformatora, jer je na toj TS od potresa pao transformator. Popravkom TS 20/0,4 kV Greda Jug su svi korisnici mreže na predmetnom dalekovodu još isti dan dobili električnu energiju.

Osim aktivnosti na popravku SN mreže organizirane su brojne ekipe radnika koji su vršili popravke na niskonaponskoj električnoj mreži i kućnim priključcima.

#### **3.1.2 Operativne aktivnosti 30.12.2020.**

Ogromnu pomoć i podršku Elektri Sisak su pružile susjedne Elektre Zagreb, Križ i Karlovac koje su ni 24 sata od potresa, poslali 50 radnika u ispomoć. Svi radnici iz susjednih elektri su organizirani u

radne timove i raspoređeni na područje Petrinje i Siska i uz svaki tim je bio bar po jedan radnik iz Elektre Sisak zbog poznavanja distributivne mreže i terena na kojem se radilo.

Organizirana su tri radna tima za ugradnju transformatora na stupno rešetkastim transformatorskim stanicama TS 20/0,4 kV Vurot 2, TS 20/0,4 kV Tišina Lijeva sjever i TS 20/0,4 kV Hrastelnica 1 te su sve TS popravljene tijekom dana i svi korisnici mreže su dobili električnu energiju.

Također je organiziran radni tim za uspostavu ponovnog napajaja korisnika mreže iz TS 20/0,4 kV Žažina ciglana. Radni tim je sastavljen od radnika Elektre Sisak i radnika Elektre Zagreb koji su došli u pomoć. S obzirom da nije bilo moguće popraviti TS tipa tornjić koja je prijetila urušavanjem, organizirano je napajanje korisnika iz susjedne TS 20/0,4 kV Žažina vikend naselje na način da su se svi niskonaponski strujni krugovi iz TS 20/0,4 kV Žažina ciglana prespojili na najbliži strujni krug iz TS 20/0,4 kV Žažina vikend naselje. Na ovaj način su svi korisnici mreže dobili električnu energiju, ali uz lošiju kvalitetu napona zbog dužine niskonaponskog stujnog kruga.

Osim aktivnosti na popravku SN mreže organizirane su brojne ekipe koje su otklanjale kvarove na niskonaponskoj električnoj mreži i kućnim priključcima.

### **3.2 Pregled operativnih aktivnosti na otklanjanju kvarova iz TS 110/20 kV Petrinja**

#### **3.2.1 Operativne aktivnosti 29.12.2020.**

Nakon izvršenog uvida u uzroke i obim kvarova na TS 110/20 kV Petrinja, donesena je odluka da se korisnici mreže napojeni iz TS pokušaju napojiti preko postojeće SN veze iz TS 35/20 kV Sisak 2, jer iako je zgrada TS 110/20 kV Petrinja bila oštećena u potresu i nesigurna za uporabu, na postrojenju i opremi nisu uočena veća oštećenja te se procijenilo da je treba uključiti.

S obzirom da je TS 35/20 kV Sisak 2 bila uključena već 15-ak minuta nakon potresa pristupilo se pregledu svih TS na SN izvodu =J16 KB Novi Gavrilović 2 i postupnom uključanju pojedinih TS. Radnici terenske jedinice Petrinja su nakon izvršenog pregleda građevinske konstrukcije i stanja opreme svake pojedine TS, uključivali jednu po jednu distributivnu TS i o tome izvještavali dispečera. Oko 19:00 h su uključene 20 kV sabirnice u TS 110/20 kV Petrinja preko SN veze iz TS 35/20 kV Sisak 2 te su nakon toga pokrenute aktivnosti na uključanju svih ostali kabelskih izvoda iz TS 110/20 kV Petrinja.

Poseban naglasak je dan na izvod =J17 KB TS Regionalni vodovod, jer se preko istog napaja tvornica vode koja opskrbljuje vodom cijeli Grad Sisak i veći dio Grada Petrinje. Upravo je u TS 20/0,4 kV Regionalni vodovod došlo do većeg kvara u TS na način da se prevrnuo transformator iz kojeg je iscurilo ulje. Radnici Elektre Sisak, terenske jedinice Petrinja, izvršili su popravak oštećene TS te je ona puštena u rad nakon uključanja 20 kV sabirnica u TS 110/20 kV Petrinja i svih distributivnih TS na izlazu =J17 KB Regionalni vodovod.

S obzirom da su sabirnice u TS 110/20 kV Petrinja uključene oko 19:00 h, odlučeno je da se sa raspoloživim radnicima koji su organizirani u tri grupe izvrši pregled ostalih kabelskih SN izvoda iz TS 110/20 kV Petrinja i da se ti kabeli nakon pregleda građevinske konstrukcije i stanja opreme svake pojedine TS uključuju, jedna po jedna. Na taj način su uključene sve TS na području grada Petrinje i iz njih pripadajuće niskonaponske mreže, osim iz TS 20/0,4 kV Park koja je bila građevinski oštećena i nije se moglo niti ući u nju, te TS 20/0,4 kV Centar, jer je ta TS iako neoštećena, napajala niskonaponsku kabelsku mrežu koja je bila jako oštećena u potresu, zbog brojnih urušenih građevina u centru grada Petrinje, a također su bili oštećeni i uništeni brojni razvodni i priključni ormari.

Također je bitno istaknuti da je operativna grupa iz TJ Sisak 1 zadužena za održavanje TS 110, 35 i 20 kV rasklopnih stanica već istu noć izvršila defektažu oštećenja na transformatorima 110 kV u TS 110/20 kV Petrinja te je voditelj Službe za terenske Elektre Sisak u dogovoru sa kolegama iz Centra za terenske aktivnosti Elektre Zagreb organizirao za 30.12.2020. g. dolazak ekipe iz transformatorske radionice Elektre Zagreb zbog popravka oštećenih transformatora.

U kasnim noćnim satima izvršen je pregled i uključanje dijela TS na DV 20 kV Bjelnik, čime se omogućilo napajanje TS 20/0,4 kV Hrastovica vodovod iz koje se napaja i repetitor Cepeliš, neophodan za komunikaciju s većim djelom daljinski upravljivih sklopnih uređaja u Elektri Sisak.

### 3.2.2 Operativne aktivnosti 30.12.2020.

Tijekom dana je radna skupina HOPS-a, PrP-a Zagreb izvršila popravke u 110 kV trafo polju kao i radnici iz transformatorske radionice Elektre Zagreb koji su izvršili zamjenu oštećene opreme na 110 kV Tr 2 u TS 110/20 kV Petrinja te je Tr 2 u 18:46 uključen u prazan hod.

S obzirom da se prethodni dan nisu stigli izvršiti pregledi i defektaže opreme i postrojenja na 20 kV zračnim dalekovodima svi raspoloživi radnici iz terenskih jedinice Petrinja, kao i radnici iz Elektre Zagreb, Križ i Karlovac koji su došli na ispomoć, organizirani su u radne timove, te su raspoređeni na defektaže i otklanjanje kvarova. Voditeljima radnih timova je dana uputa da izvrše vizualni pregled svake distributivne transformatorske stanice, pregledaju stanje svih elemenata postrojenja (transformator, izolatore, odvodnike prenapona i SN i NN razvoda te ostale oprema TS), kao i stanje građevinske konstrukcije TS. Ako oprema nema vidljivih oštećenja i ako TS ne prijete rušenje, iako ima vidljivih oštećenja građevinske konstrukcije, da nakon obavijesti dežurnom dispečeru pokušaju uključiti TS.

Posao je organiziran na način da u svakom radnom timu bude bar jedan radnik iz terenske jedinice Petrinja ili iz TJ Sisak 1 i 2, a koji su u prethodnom razdoblju radili u TJ Petrinja, te su poznavali distributivnu mrežu TJ Petrinja. Također je jedan broj radnika zbog velikog broja kvarova i obima posla na njihovom otklanjanju došao iz TJ Sisak 1 i 2 u ispomoć u TJ Petrinja,.

Nakon pregleda utvrđeno je 16 (šesnaest) u cijelosti uništenih transformatorskih stanica, donesena je odluka da se sve uništene TS za koje je to izvedivo privremeno prespoje na susjedne TS, prespajanjem svih strujnih krugova iz uništene TS. Na taj način su tijekom dana prespojene TS 20/0,4 kV Park, TS 20/0,4 kV Gora 2, TS 20/0,4 kV Župić, TS 20/0,4 kV Nebojan i TS 20/0,4 kV Strašnik.

Za one TS koje nije bilo moguće napojiti iz susjednih TS (TS 20/0,4 kV Novi Farkašić, TS 20/0,4 kV Cepeliš, TS 20/0,4 kV Luščani 1, TS 20/0,4 kV Luščani 2, TS 20/0,4 kV Tremušnjak i TS 20/0,4 kV Donja Pastuša), pokrenute su aktivnosti izgradnje novih privremenih, odnosno trajnih TS. Na temelju informacija o tome koja distribucijska područja imaju na raspolaganju transformatorske stanice, pronađena je odgovarajuća lokacija za izgradnju, te je organizirana izrada temelja za TS, isporuka i montaža TS.

Bitno je istaknuti da su sve novoizgrađene TS riješeni imovinsko pravni odnosi, na način da su ili građene na istoj lokaciji gdje je bila srušena TS ili je s vlasnikom zemljišta sklopljen ugovor o kupnji, odnosno ishodovano je pravo služnosti.

U naselju Glinsko novo selo je ugrađen veliki mobilni agregat instalirane snage 70 kW i spojen na niskonaponsku mrežu umjesto uništene TS 20/0,4 kV Glinsko novo selo. Tijekom dana izvršena je ugradnja transformatora na stupno-rešetkastoj transformatorskoj stanici TS 20/0,4 kV Križ vodovod, te su na taj način i svi korisnici mreže napojeni iz ove TS dobili električnu energiju.

### 3.2.3 Operativne aktivnosti 31.12.2020.

U jutarnjim satima je TR 2 110/10(20) kV, 20 MVA opterećen, te je sav konzum TS 110/20 kV Petrinja prebačen na normalno uklopno stanje, a tijekom dana su radnici iz transformatorske radionice Elektre Zagreb izvršili zamjenu oštećene opreme i na 110/10(20) kV, 20 MVA TR 1 u TS 110/20 kV Petrinja te je TR 1 tijekom popodneva pušten u prazan hod.

Nastavljena je aktivnost privremenog prespajanja uništenih TS na način da se svi niskonaponski strujni krugovi iz uništene TS spajaju na strujne krugove iz susjednih TS. Na taj način su tijekom dana prespojene TS 20/0,4 kV Križ Hrastovački, TS 20/0,4 kV Pecki, TS 20/0,4 kV Gornja Bačuga i TS 20/0,4 kV Donja Bačuga.

Tijekom dana su radnici TJ Sisak 1 izgradili temelje i podignuli betonske stupne TS 20/0,4 kV Luščani 1 i Luščani 2 u naselju Luščani.

Organizirana je isporuka i spajanje mobilne TS 20/0,4 kV iz Elektre Križ u naselju Novi Farkašić umjesto uništene TS 20/0,4 kV Novi Farkašić. Spajanje i montažu predmetne TS izvršili su radnici Elektre Križ i TJ Sisak 1.

Organizirana je isporuka, montaža i spajanje jednostavne kabelaške (JKTS) TS 20/0,4 kV iz Elektre Zabok u naselje Glinsko novo selo, jer mobilni agregat koji je bio spojen dan ranije nije imao odgovarajuću snagu, te je često ispadao iz pogona, pa je ugrađena JKTS u funkciji privremene TS, do izgradnje trajne TS.



Bitno je istaknuti da su brojni radovi ugradnje i polaganja kako SN tako i NN kabela izvedeni suprotno tehničkim propisima, na način da su kabele polagani bez ukapanja u zemlju, ili je izvedeno ovješeno SKS-a po stablima i pomoćnim objektima, bez označavanja kabela oznakama opasnosti od električnog udara, samo s ciljem da se u što kraćem roku omogući ponovna opskrba električnom energijom.

### 3.2.4 Operativne aktivnosti 01.01.2021.

Organizirana je isporuka, montaža i spajanje jednostavne kabelaške TS 20/0,4 kV iz Elektroprimorja Rijeka u naselje Cepeliš koja je u izvedbi radnika TJ Sisak 1 i 2 izgrađena kao trajna TS. Svi radovi su izvedeni u jednom danu, uključujući izradu temelja za TS od nabijenog drobljenog kamena, iskop, polaganje, zatrpavanje i spajanje SN priključnog kabela i NN kabelaških izlaza, montaža opreme u TS sa svim spajanjima i puštanje u rad.



Sl. 3.: Izgradnja JKTS 20/0,4 kV, 160 kVA Cepeliš 01.01.2021.

Izgrađene su i puštene u rad stupne betonske transformatorske stanice TS 20/0,4 kV Luščani 1 i Luščani 2 u suradnji radnika iz TJ Sisak 1 i kolega iz Elektre Karlovac.

Izgradnjom ove tri TS 20/0,4 kV svi su korisnici mreže napajani iz TS 110/20 kV Petrinja ponovno dobili električnu energiju, osim 6 korisnika iz naselja Donja Pastuša i Tremušnjak kojima su dodijeljeni mobilni agregati, a transformatorske stanice u tim naseljima su izgrađene 7. i 8. siječnja 2021. g.

U isto vrijeme radnici terenske jedinice Petrinja su otklanjali brojne kvarove na niskonaponskoj mreži, te izrađivali privremene priključke za ustanove i objekte od posebnog značaja poput Stožera CZ, Doma zdravlja i dr.

### 3.3 Operativne aktivnosti na otklanjanju kvarova iz TS 110/20 kV Glina

Iako je veliki dio kozuma koji se napajao iz TS 110/20 kV Glina cijelo vrijeme imao napon te je trajni kvar zabilježen samo na dalekovodu 20 kV DV Gradac na kojem došlo do puknuća većeg broja stupova, postupak sanacije kvarova kao i uključivanje svih korisnika mreže je trajao 4 dana. Naime, prvo se pristupilo otklanjanju kvarova na dalekovodu, međutim zbog složenosti kvarova i potreba za ugradnjom novih stupova na izrazito teškom i nepristupačnom terenu popravak dalekovoda je trajao dva dana.

Paralelno sa popravkom dalekovoda DV 20 kV Gradac, radnici TJ Glina su izvršili i ugradnju novih transformatora na tri stupne čelično rešetkaste transformatorske stanice (TS 20/0,4 kV Majske Poljane Zlonoge, TS 20/0,4 kV Ravno Rašće 3 i TS 20/0,4 kV Roviška) s kojih su bili pali transformatori.

Najdulji i najzahtjevniji posao bio je privremeno prespojiti niskonaponske mreže iz dvije srušene TS tipa tornjić (TS 20/0,4 kV Majske Poljane Jaružani i TS 20/0,4 kV Majske Poljane Lončari) na susjedne transformatorske stanice. Naime, do naselja Majske Poljane vodi uska lokalna cesta, a kako je u potresu u predmetnom naselju poginulo 5 osoba, do naselja je bilo skoro nemoguće doći od kolona vozila. Put koji je obično trajao 10 minuta se pretvorio u višesatno čekanje u kolonama.

Produljenje NNM iz porušenih TS prema mrežama iz susjednih transformatorskih stanica je zahtijevalo izgradnju NNM u duljini od 500 m, za što je bilo neophodno podignuti 15 stupova, montirati ovjesnu i spojnu opremu, te razvući i zategnuti SKS. Ovi su radovi završeni 02.01.2021.g. te su taj dan svi korisnici mreže napojeni iz TS 110/20 kV Glina ponovno dobili opskrbu električnom energijom.

### 3.4 Operativne aktivnosti na otklanjanju kvarova iz TS 35/20 kV Hrvatska Kostajnica

Neposredno nakon potresa, za vrijeme dok su kolege iz HOPS-a, PrP-a Zagreb popravljale TS 110/35 kV Pračno, radnici TJ Hrvatska Kostajnica su izvršili pregled i defektažu kvarova na svim distributivnim transformatorskim stanicama i utvrdili da je moguće uključenje svih TS osim TS 20/0,4 kV Donji Kukuruzari 1 i TS 20/0,4 kV Knezovljani 1 koje su bile tipa tornjić i koje su se srušile u potresu.

Nakon popravka TS 110/35 kV Pračno od strane kolega iz HOPS-a, PrP-a Zagreb izvršeno je uključenje TS 35/20 kV Hrvatska Kostajnica sa svim distributivnim TS 20/0,4 kV osim TS 20/0,4 kV Donji Kukuruzari 1 i TS 20/0,4 kV Knezovljani 1.

Drugi dan nakon potresa, 30.12.2020. g. su radnici TJ Hrvatska Kostajnica izvršili privremeno prespajanje niskonaponske mreže iz dvije srušene TS tipa tornjić na susjedne TS i na taj način su svi korisnici mreže napojeni iz TS 35/20 kV Hrvatska Kostajnica ponovno dobili opskrbu električnom energijom.

Na slici 4. su prikazane 2 (dvije) transformatorske stanice u terenskoj jedinici Hrvatska Kostajnica koje su nakon pregleda puštene u pogon, dok se nisu izgradile nove TS, unatoč kritičnom oštećenju građevinske konstrukcije.



Sl. 4.: TS 20/0,4 kV, Staro selo i TS 20/0,4 kV Vukoševac u TJ Hrvatska Kostajnica.

#### 4. NATURALNI I FINANCIJSKI PRIKAZ ULAGANJA U OBNOVU

U manje od 2 godine je obnovljeno više od 95 % uništenih elektonergetskih objekata i postrojenja. U tabeli 1 su prikazani naturalni pokazatelji o broju uništenih i obnovljenih elektonergetskih VN, SN i NN objekata na dan 31.12.2022. g, kao i prikaz utrošenih sredstava na izgradnji novih elektonergetskih objekata kao zamjena za objekte uništene u potresu.

Broj uništenih (u tijeku obnova) TS 110/20 kV	Broj igradenih TS 20/0,4 kV	Duljina obnovljivih SN vodova		Duljina obnovljivih NN vodova		Broj izgrađenih privremenih KPR	Financijska vrijednost ulaganja u obnovu na dan 31.12.2022. g (€)
		DV 20 kV (m)	KB 20 kV (m)	Zračna NNM (m)	Podzemna NNM (m)		
1	216	55.190	17.730	93.270	4.500	1.653	<b>15.279.516</b>

Tabela 1 – Prikaz naturalnih pokazatelja obnovljenih EE objekata

Svi provizoriji i privremeno izgrađeni SN i NN vodovi su uklonjeni, a umjesto njih su u najkraćem mogućem roku izgrađeni tehnički ispravni vodovi. Za sve izgrađene transformatorske stanice 20/0,4 kV te SN i NN vodove sukladno članku 129 Zakona o gradnji je retroaktivno pokrenuta izrada projektne tehničke dokumentacije i ishodovanje odgovarajućeg akta o gradnji.

#### 5. ZAKLJUČAK

Razorni potres koji je 29.12.2020. g. pogodio područje Elektre Sisak je ukazao na ugroženost elektroenergetskih postrojenja i objekata kod velikih prirodnih katastrofa i havarija.

Kod takvih pojava najbitnije je uspostaviti jasnu organizaciju rada, precizno definirati nadležnosti u uloge svih sudionika, angažirati sve raspoložive radnike te u najkraćem mogućem roku izvršiti preglede elektonergetskih postrojenja i napraviti defektažu kvarova.

Nakon izvršenih pregleda i defektaže kvarova bitno je određivanje prioriteta u popravljanju uništenih i oštećenih elektroenergetskih objekata i postrojenja te spremnost rukovodećeg kadra na pravodobno donošenje ispravnih odluka. Brzo i uspješno otklanjanje kvarova moguće je isključivo s vlastitim radnicima, koji dobro poznaju postrojenje i konfiguraciju mreže. Također je nužno i da rukovodeći kadar dobro poznaje mrežu i postrojenja te radne sposobnosti i vještine svakog od radnika kao preduvjet za kvalitetnu organizaciju rada i formiranje radnih timova.

Ogromna uloga u brzom i uspješnom otklanjanju kvarova je pomoć u ljudskim i materijalnim resursima od strane ostalih distributivnih područja. U prva 3 mjeseca nakon potresa, na području Elektre Sisak svakodnevno je na poslovima otklanjanja kvarova i izradi privremenih priključaka radilo između 30-50 radnika iz ostalih DP-a.

## 6. LITERATURA

- [1] F. Relić, D. Briševac, K. Špicnagel, G. Vidmar : Utjecaj potresa na distribucijsku mrežu HEP ODS Elektre Sisak, 15. savjetovanje HRO CIGRE, 11.2021.
- [2] I. Đurić, Ž. Pavičić, K. Špicnagel, M. Antolić HEP ODS : Učinak potresa magnitude 6,2 po Richterovoj ljestvici na transformatorske stanice TS 110/20 kV HEP ODS Elektre Sisak, 15. savjetovanje HRO CIGRE, 11.2021.
- [3] Markušić, S.; Stanko, D.; Penava, D.; Ivančić, I.; Bjelotomić Oršulić, O.; Korbar, T.; Sarhosis, V. Destructive M6.2 Petrinja Earthquake (Croatia) in 2020—Preliminary Multidisciplinary Research. *Remote Sens.* 2021, 13, 1095. <https://doi.org/10.3390/rs13061095>