

## STUDIJSKI ODBOR B2 – NADZEMNI VODOVI

Predsjednik: dr. sc. IGOR LUKAČEVIĆ, dipl. ing. el.  
Tajnica: SANJA VINTER, dipl. ing. el.

Stručni izvjestitelji: dr. sc. SREĆKO BOJIĆ, dipl. ing. el.  
ZVONIMIR ZEGNAL, dipl. ing. el.

## IZVJEŠĆE STRUČNIH IZVJESTITELJA

### 1. UVOD

Za 17. savjetovanje HRO CIGRÉ ukupno je prijavljeno 19 radova, od toga je u zadanom roku pristiglo ukupno 18 radova koji su i prihvaćeni.

Preferencijalne teme za 17. savjetovanje HRO CIGRÉ-a, za studijski odbor B2 su:

#### 1. Izazovi i nova rješenja u projektiranju i izgradnji nadzemnih vodova;

- Poboljšanje električnih i/ili mehaničkih značajki
- Specifičnosti u izvedbi i montaži,
- Upotreba novih tehničkih rješenja kod projektiranja i izgradnje dalekovoda

#### 2. Upravljanje imovinom, održavanje, sanacija, povećanje prijenosne moći nadzemnih vodova;

- Kvarovi uzrokovani ekstremnim vremenskim prilikama i drugim utjecajima, starenje komponenata nadzemnog voda, greške i nedostaci opreme,
- Održavanje nadzemnog voda
- Izazovi i tehnička rješenja pri projektiranju privremenih rješenja/spojeva, prilikom havarija i/ili rekonstrukcija.
- Povećanje prijenosne moći dalekovoda,

#### 3. Klimatski, okolišni i sigurnosni aspekti nadzemnih vodova;

- Nadzemni vodovi i utjecaj na okoliš i javnost, inovativni dizajn,
- Utjecaj mjera zaštite okoliša i prirode na projektna rješenja,
- Zdravstveni i sigurnosni (HSE) aspekti.

#### 4. Izazovi u integraciji obnovljivih izvora i utjecaj energetske tranzicije na nadzemne vodove;

- Utjecaj obnovljivih izvora na prijenosnu mrežu

#### 5. Zakonski i normativni okvir, ispitivanja i testiranja

- Tehnički propisi, norme, procedure,
- Ispitivanja i testiranja.

#### Podjela referata prema preferencijalnim temama:

Preferencijalna tema 1: B2-01, B2-02, B2-03, B2-04 (4 referata)

Preferencijalna tema 2: B2-05, B2-06, B2-07, B2-08, B2-09, B2-10, B2-11, B2-12, B2-13, B2-14, B2-15 (11 referata)

Preferencijalna tema 3: B2-16, B2-17, B2-18 (3 referata)

Preferencijalna tema 4: (0 referata)

Preferencijalna tema 5: (0 referata)

Vezano uz definiranje preferencijalnih tema za 17. savjetovanje HRO CIGRÉ, a uvažavajući aktualnost preferencijalnih tema s 16. savjetovanja u proteklom dvogodišnjem periodu, studijski odbor B2 odlučio je povećati njihov broj za jednu preferencijalnu temu pod nazivom: „**Izazovi u integraciji obnovljivih izvora i utjecaj energetske tranzicije na nadzemne vodove**“, što se sadržajno dobrim dijelom oslanja na tematiku iz prethodnog savjetovanja.

S obzirom na prijavljene, pristigle i prihvaćene radove za ovo savjetovanje, uvažavajući tematiku preferencijalnih tema, može se konstatirati slijedeće:

Prva preferencijalna tema: „**Izazovi i nova rješenja u projektiranju i izgradnji nadzemnih vodova**“ bila je namijenjena autorima s iskustvima u primjeni suvremenih tehnologija i novih tehničkih rješenja u projektiranju i izgradnji nadzemnih vodova. Ovom temom je pokriveno i široko područje razvoja i primjene novih tehnologija s ciljem unaprjeđenja procesa održavanja, nadzora i vođenja pogona nadzemnih vodova, a posljedično i praksa planiranja i projektiranja istih. U sklopu ove preferencijalne teme obuhvaćena su četiri referata.

Druga preferencijalna tema: „**Upravljanje imovinom, održavanje, sanacija, povećanje prijenosne moći nadzemnih vodova**“, što je i dalje izrazito aktualno i zastupljeno u domeni nadzemnih vodova, privukla je i najveći broj autora. Razlog tome je široki spektar zanimljivosti teme te činjenica da je protekli period od 16. savjetovanja bio buran u pogonskim događajima s većim brojem meteoroloških neprilika koje su uzrokovale značajnije kvarove i havarije na nadzemnim vodovima u raznim dijelovima prijenosne mreže. Dodatni značaj teme je i to što Hrvatski operator prijenosnog sustava (HOPS), u svojim planovima daje veći naglasak na održavanje nadzemnih vodova, uz sve veću potrebu za povećanjem prijenosne moći postojećih i novih dalekovoda.

Treća preferencijalna tema: „**Klimatski, okolišni i sigurnosni aspekti nadzemnih vodova**“ privukla je tri referata. Od toga se dva referata odnose na koridore nadzemnih vodova, a treći na utjecaj vremenskih prilika na elektroenergetsku mrežu. Razlog zašto nema više prijavljenih radova koji pripadaju ovoj preferencijalnoj temi, vjerojatno leži u većem broju istih na dosadašnjim savjetovanjima HRO CIGRE-a, s tom ili sličnom tematikom.

Nažalost, za preferencijalne teme 4 i 5, unatoč aktualnosti istih, nije bilo pristiglih radova.

## 2. IZVJEŠĆE O REFERATIMA

### PREFERENCIJALNA TEMA 1: IZAZOVI I NOVA RJEŠENJA U PROJEKTIRANJU I IZGRADNJI NADZEMNIH VODOVA

#### **B2-01 Toni Pavić, Stipe Lelas, Mateja Kaurlo, David Klapan, Petar Drmać HAVARIJE NA PRIJENOSNIM VODOVIMA U PRP ZAGREB I PRP OSIJEK USLIJED LJETNE OLUJE 2023. GODINE**

Tema kojom se bave autori u predmetnom referatu su havarije na prijenosnim vodovima u PrP Zagreb i PrP Osijek uslijed ljetne oluje 2023.god. Autori dobro vladaju tematikom te su navedeni osnovni tehnički i klimatski podaci o nadzemnim vodovima u nadležnosti Prijenosnog područja Zagreb i Osijek. Autori kroz određena poglavlja navode popis posljedica u prijenosnim područjima uslijed havarija. Dobro je dokumentirana i upotreba havarijskih modularnih stupova. U zaključku rada navode se sve učestaliji ekstremni vremenski uvjeti posljednjih godina, prilikom svakog novog projektiranja dalekovoda te se preporučuje korištenje ažurnih klimatoloških podataka, prilagođenih konkretnoj lokaciji. Također, imajući u vidu postojeće projektne parametre i klimatske izazove, iznimno je važno da Hrvatski operator prijenosnog sustava kontinuirano osigurava dovoljan broj modularnih havarijskih stupova.

#### **Pitanja za diskusiju:**

1. Dalekovodi na kojima su se dogodila oštećenja projektirani su za minimalne vremenske uvjete propisane važećim Pravilnikom, odnosno za djelovanje vjetera do  $600 \text{ N/m}^2$  ( $111 \text{ km/h}$ )? Je li možda potrebno prilikom projektiranja povećati te vrijednosti?
2. Jesu li privremene energetske veze uspostavljene pomoću modularnih havarijskih stupova bile zadovoljavajuće? Postoji li neka druga opcija/rješenje?
3. Postoji li uopće adekvatna zaštita od takvog olujnog vjetera (na pojedinim lokacijama zabilježene brzine vjetera bile su do  $180 \text{ km/h}$ .)?

#### **B2-02 Davorin Rusan, Sanja Vinter PRIPREMA I IZRADA IDEJNIH RJEŠENJA 400 KV DALEKOVODA IZ PROGRAMA LIKA**

Autori u referatu prezentiraju iskustva iz pripreme i izrade idejnih rješenja za dalekovode (DV) 2x400 kV Lika - Melina, DV 2x400 kV Lika - Tumbri/Veleševac i DV 2x400 kV Konjsko – Lika, koji su sastavni dio HOPS-ovog opsežnog investicijskog programa Lika. Kao značajniji iskorak u pristupu i izradi tehničke dokumentacije koja je predmet ovog referata, treba istaknuti da je ista koncipirana na svojoj razini razrade, detaljnostima, ali i sa sveobuhvatnim pristupom, istovremeno zadovoljava tri interesa investitora koji priprema investicijski projekt: Idejno rješenje, podloge za izradu Studije utjecaja na okoliš i Idejni projekt za lokacijsku dozvolu. Zapravo ima obilježje Studije izvodljivosti. Autori referata, kao neposredni sudionici, projektanti idejnih rješenja, iznose bitnu novost u pristupu koja je primijenjena prilikom kreiranja tehničkih rješenja. Ista se odnosi da se već sada, iako je još uvijek u primjeni (zastarjela) tehnička regulativa, u predmetnim Idejnim rješenjima definiraju rješenja koja će zadovoljavati hrvatsku normu (u donošenju) HRN EN 50341-1 "Nadzemni električni vodovi izmjenične struje iznad 1 kV" s pripadajućim Nacionalnim normativnim aspektima za Hrvatsku.

#### **Pitanja za diskusiju:**

1. Na nekoliko lokacija duž trasa predviđena su križanja novih dvosistemskih 400 kV dalekovoda preko postojećeg dalekovoda 400 kV. Postoji li mogućnost (tehničko rješenje) da se zaštitna užad (OPGW) na "Y" stupovima, u rasponu križanja, s vrhova stupa premjeste, niže, u konzolu stupa? Da li objavljena hrvatska norma HRN EN 50341-1 "Nadzemni električni vodovi izmjenične struje iznad 1 kV" odnosno Nacionalni normativni aspekti za Hrvatsku, donosi bitnije izmjene ili nove uvjete križanja nadzemnih vodova?
2. Postoji li mogućnost (tehničko rješenje) da se nekoliko stupova novih 400 kV dalekovoda koji bi se nalazili u zoni raspleta dalekovoda oko TS 400/220/110 kV Lika, TS 400/220/110 kV Konjsko ili TS 400/220/110 kV Melina izvede na način da im učvršćenje na temelje bude vijčano preko čelične ploče (stope) i ankera?

Da li bi bilo izvedivo da na tim stupovima, elementi čelične konstrukcije donje (temeljne) etaže, pored vijčanih spojeva, budu dodatno ukrućeni zavarenim spojevima? Da li najavljena hrvatska norma HRN EN 50341-1 "Nadzemni električni vodovi izmjenične struje iznad 1 kV" odnosno Nacionalni normativni aspekti za Hrvatsku, donose uvjete koji bi se odnosili na projektiranje konstrukcije stupova ili će ta problematika biti regulirana kroz druge posebne propise iz područja graditeljstva?

**B2-03      Tibor Dolenc, Petar Drmač, Mija Klasić, Lara Lončarić, Iva Suljuzović, Bruno Malbašić**  
**PROJEKTIRANJE PRIJENOSNIH NADZEMNIH VODOVA U ŠVEDSKOJ**

Referat u potpunosti prezentira specifičnosti u pripremi projekta u Švedskoj, odnosno u Republici Hrvatskoj, jasno ističući specifičnosti, ali i zajedničke ili vrlo slične zahtjeve u pogledu ispunjavanja uvjeta i zahtjeva za realizaciju usluge projektiranja i ishođenja dozvola za gradnju. Također, valja naglasiti da usporedba ovakve vrste bitno pomaže u sagledavanju mogućih pomaka u organizacijskom smislu u ovako složenom procesu pripreme izgradnje objekata energetske infrastrukture.

**Pitanja za diskusiju:**

3. Postoji li potreba za izradu dokumenta odnosno za izradom ovakvih tehničkih uputa/smjernica sličnog "Tekniska Riktlinjer" u mreži HOPS-a, i da li bi to bilo od koristi kako Naručitelju tako i isporučiteljima usluge (projektantima)?
4. Da li bi primjena AMA koda ili nekog sličnog oblika (Primavera kod HC) doprinijela definiranju zahvata u količinskom i financijskom smislu? Koje izazove pri korištenju sustava opreme i metoda su uočili autori kao ključne tijekom provođenja predmetnog pilot projekta?
5. Identifikacija BAS-P eksperta s voditeljem projekta, odnosno odgovornom osobom za realizaciju projekta na strani isporučitelja/izvođača i potrebitost istog u sličnim projektima u RH?

**B2-04      Marko Maras**  
**IZBOR I DIMENZIONIRANJE SUSTAVA PRIGUŠENJA AEOLSKIH VIBRACIJA KOD**  
**SNOPA OD DVA VODIČA POMOĆU RAČUNALNOG PROGRAMA**

Rad obrađuje tehnički i operativno važan izazov u području elektroenergetskih prijenosnih vodova viših naponskih razina (110 kV i više) – suzbijanje aeolskih vibracija u vodičima dvostrukog snopa. Tema je relevantna zbog izravnog utjecaja vibracija na mehanička oštećenja vodiča, smanjenje vijeka trajanja, te povećanje troškova održavanja. Cilj rada jasno je definiran i odnosi se na razvoj i validaciju računalnog alata za dimenzioniranje sustava prigušenja vibracija, temeljenog na modificiranoj metodi ravnoteže snaga. Autor koristi modificiranu metodu ravnoteže snaga s vlastitim vrijednostima (Energy Balance Method with Eigenvalue), implementiranu u MATLAB funkcijama. Time se omogućuje izračun odziva vodiča uz uzimanje u obzir različitih ulaznih aerodinamičkih uvjeta za privjetrinski i zavjetrinski vodič. Posebno je pohvalno što se modelom ne zanemaruje ni sekundarni prigušni doprinos rastojnika prigušivača, iako je jasno obrazloženo zašto on nije dovoljan bez dodatnih Stockbridge prigušivača. Model je validiran usporedbom s podacima iz terenskih mjerenja na više stvarnih raspona, što mu daje visoku vjerodostojnost. Prikazana je visoka razina podudarnosti između rezultata simulacija i izmjerenih vrijednosti, čime je potvrđena i praktična pouzdanost razvijenog softverskog rješenja. Rad ima izravnu primjenu u projektiranju i rekonstrukciji nadzemnih vodova, osobito u dijelovima mreže podložnima jakim vjetrovima. Razvijeni alat omogućuje optimizaciju broja, pozicije i vrste prigušivača, čime se smanjuju i troškovi te rizici oštećenja. Rad predstavlja kvalitetan inženjerski doprinos i donosi originalno računalno rješenje koje je validirano i praktično primjenjivo.

**Pitanja za diskusiju:**

1. Koje su osnovne pretpostavke primijenjene u modificiranoj metodi ravnoteže snaga i kako utječu na točnost modela
2. Koji je vremenski okvir potreban za provedbu kompletne analize za jedan dalekovodni raspon pomoću razvijenog alata?

## **PREFERENCIJALNA TEMA 2: UPRAVLJANJE IMOVINOM, ODRŽAVANJE, SANACIJA, POVEĆANJE PRIJENOSNE MOĆI NADZEMNIH VODOVA**

### **B2-05 Tomislav Šterc, Božidar Filipović-Grčić, Bojan Franc, Bruno Jurišić, Ante Ravlić, Mate Lasić PREGLED SUSTAVA ZA DINAMIČKO ODREĐIVANJE DOPUŠTENOG TERMIČKOG OPTEREĆENJA NADZEMNOG VODIČA**

Referat se bavi aktualnim izazovima u prijenosnoj elektroenergetskoj mreži uzrokovanim sve većom integracijom obnovljivih izvora energije, s posebnim naglaskom na zagušenja u mreži. Cilj rada je prikazati važnost i prednosti primjene sustava za dinamičko određivanje dopuštenog termičkog opterećenja nadzemnih vodiča. Autori daju pregled tehnologija koje omogućuju preciznije i prilagodljivije upravljanje mrežom temeljem stvarnih okolišnih uvjeta. Poseban naglasak stavljen je na mogućnosti mjerenja meteoroloških i mehaničkih parametara vodiča, čime se povećava sigurnost i efikasnost mreže. Rad također donosi korisna iskustva operatora prijenosnih sustava iz okruženja, što dodatno potvrđuje praktičnu vrijednost analizirane tematike. Ukupno gledano, referat doprinosi boljem razumijevanju suvremenih pristupa upravljanju kapacitetima prijenosne mreže u kontekstu energetske tranzicije.

#### **Pitanja za diskusiju:**

1. Kako se u praksi bira optimalna lokacija za postavljanje direktnih senzora na vodiču, s obzirom na raznolikost okolišnih i mrežnih uvjeta?
2. Koliko je integracija sustava za dinamički nadzor vodiča u SCADA sustave složena i postoje li ograničenja u kompatibilnosti među različitim tehnologijama?
3. Jesu li provedena mjerenja dugoročne pouzdanosti i održivosti pojedinih senzorskih sustava u specifičnim klimatskim uvjetima?

### **B2-06 Goran Vasiljević, Antun Ivanović, Stjepan Bogdan AUTONOMNE BESPILOTNE LETJELICE ZA NADZOR NADZEMNE PRIJENOSNE MREŽE**

Referat daje pregled razvoja naprednih rješenja Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu za autonomni nadzor prijenosne elektroenergetske mreže uz pomoć bespilotnih letjelica. Cilj rada je prikazati razvoj i primjenu autonomnih sustava koji omogućuju pregled nadzemnih vodova bez potrebe za ljudskim operaterima. Poseban fokus stavljen je na integraciju senzorskih tehnologija poput LiDAR-a, kamera, GNSS-a i magnetometara za precizno pozicioniranje i orijentaciju letjelica u blizini vodiča. Prikazan je i dizajn punionica za bespilotne letjelice koje crpe energiju iz same prijenosne mreže, čime se omogućuje dugotrajna autonomna operacija. Referat predstavlja primjer doprinosa digitalizaciji i modernizaciji nadzora elektroenergetske infrastrukture kroz primjenu novih tehnologija.

#### **Pitanja za diskusiju:**

1. Koji su glavni izazovi u preciznoj registraciji modela stupa u stvarnim uvjetima s obzirom na razlike u geometriji, okolišnim uvjetima i mogućim preprekama (vegetacija, tereni)?
2. Na koji način se planira integracija sustava za autonomno upravljanje temeljenog na magnetskom polju s postojećim navigacijskim sustavima u uvjetima niske GPS točnosti ili interferencije?
3. Postoje li planovi za razvoj sustava za automatsku detekciju oštećenja ili anomalija pomoću strojnog učenja na temelju snimljenih vizualnih i termalnih podataka?

### **B2-07 Matej Klemenc, Goran Vugrek, Željko Cerovečki, Sanja Vinter DALJINSKI NADZOR I NAPREDNA ANALIZA ODVODNIKA PRENAPONA**

Tematika rada vezana je za prikaz daljinskog nadzora stanja odvodnika prenapona primjenom integriranog ili priključnog mjernog strujnog senzora s komunikacijskim IoT uređajem, a u cilju pružanja operatoru sustava informaciju o stanju istog u realnom vremenu temeljem visine radne komponente „struje curenja“ te dodatnih informacija o temperaturi odvodnika i okoline. Iako je ugradnja takvih nadzornih uređaja principijelno primjenjiva na odvodnicima prenapona svih naponskih razina, autori se referiraju na

potrebu ugradnje i nekim iskustvima, uglavnom u distribucijskim mrežama, polazeći od postojeće dijagnostike stanja MO odvodnika koju ocjenjuju manjakavom i neprikladnom obzirom na raširenost i relativnu nedostupnost ugrađenih odvodnika, posebno u ruralnim mrežama. Kroz pregledni prikaz rada cijelog sustava za daljinski nadzor integriranih odvodnika u pilot projekt HEP-ODS-a, daje se i osvrt na troškovnu stranu, ali bez većih konkretnih pokazatelja, analiza i usporedbi s postojećim stanjem i mogućim uštedama u primjeni takovih sustava.

#### **Pitanja za diskusiju:**

1. U usporedbi s novim mogućnostima nadzora stanja odvodnika, da li je na ugroženim mjestima isplativije ugraditi kvalitetniji MO odvodnik više klase opteretivosti u cilju smanjenja/eliminacije kvarova istih?
2. Kakav je odnos cijene istog tipa odvodnika prenapona sa i bez ugrađenog/prigrađenog „naprednog“ senzora
3. Koji su tehnički i ekonomski kriteriji za izbor mjesta ugradnje odvodnika prenapona s „naprednim“ senzorom u pilot projektu HEP-ODS-a?

#### **B2-08      Antun Kraljevic, Domagoj Lagator, Igor Lukačević POBOLJŠANJE ALGORITMA KVANTIFICIRANJA STANJA NADZEMNOG VODA**

Rad pokazuje kako se tradicionalni Health Index može razviti u prediktivan i višenamjenski alat za upravljanje imovinom prijenosne mreže. Autori povezuju potrebu za pouzdanijim vodovima s ograničenjima prijenosne snage i planiraju algoritam implementirati on-line u HOPS-ovu sustavu, čime naglašavaju njegovu praktičnu vrijednost. Ključna je inovacija uvođenje zasebnog HI-ja za svaku aktivnost održavanja, što omogućuje precizno rangiranje prioriteta umjesto opće ocjene stanja. Algoritam dodatno uključuje pet dinamičkih čimbenika (učestalost i ozbiljnost oštećenja, linearnu degradaciju, učinak održavanja i “virtualna” oštećenja iz mjerenja), čime povećava točnost i transparentnost planiranja radova. Time HOPS dobiva robustan, podatkovno potkrijepljen sustav koji unapređuje pouzdanost mreže i optimizira troškove održavanja.

#### **Pitanja za diskusiju:**

1. Predlažete više novih faktora (učestalost oštećenja, vremenski ovisna degradacija, utjecaj održavanja, “virtualna” oštećenja iz mjerenja). Možete li kvantitativno prikazati koliko ti dodaci poboljšavaju prediktivnu moć u odnosu na postojeći, agregirani HI?
2. U poglavlju o vremenski ovisnom HI navodite da se degradacija aproksimira linearnom funkcijom između pregleda. Jeste li razmatrali alternativne funkcije obzirom na to da neke komponente mogu pokazivati i nelinearno starenje (npr. Weibullova raspodjela)?
3. Težinski faktori za vrste oštećenja ( $\alpha_j$ ) i za komponente ( $w_i$ ) određeni su stručnom procjenom. Postoji li plan za kasniju optimizaciju na temelju realnih podataka o kvarovima i troškovima?

#### **B2-09      Krešimir Vrdoljak, Ana Lovrenčić, Mario Križić, Franjo Tonković, Bojan Franc, Andrej Souvent, Krešimir Mesić MJERNA OPREMA I PRIPREMA PODATAKA ZA MODELIRANJE SUSTAVA ZA DINAMIČKO ODREĐIVANJE DOPUŠTENOG TERMIČKOG OPTEREĆENJA DALEKOVODA U HOPS-U**

Tematika rada vezana je za prikaz, implementaciju i praktičnu primjenu sustava za kontinuirana mjerenja u stvarnom vremenu kao suvremena ispomoć za dinamičko vođenje elektroenergetskog sustava u stvarnom vremenu. U radu je opisan dio projekta koji je vezan za izradu modela trasa dalekovoda primjenom LiDAR tehnologije, mjerne uređaje za relevantna meteorološka mjerenja, mjerenja struje i temperature vodiča te kuta provjesa vodiča za određivanje dinamičkih maksimalno dopuštenih opterećenja. Sustav je koncipiran po uzoru na već poznate sustava u svjetskoj praksi, a kao dopuna postojećim automatskim meteorološkim postajama u prijenosnim postrojenjima te specifičnim mjerenjima vezanih za problematiku dinamičkog vođenja opterećenja prijenosnih dalekovoda u realnim uvjetima okoliša. Glavni dio rada posvećen je opisu modeliranja dalekovoda za izračun graničnih temperatura vodiča, prikazu pojedinih segmenata sustava, vrste mjernih davača, procesnih i komunikacijskih jedinica, smještaja opreme te kratkog prikaza tijeka podataka do operativnog centra za finalne obrade. Uz naznaku faznosti izvedbe

cijelog projekta, u zaključnom dijelu rada naglašava se značaj cijelog sustava i primjenjenih tehnologija za precizno i pouzdano dinamičko određivanje maksimalno dopuštenih temperatura vodiča u cilju povećanja iskoristivosti postojećih prijenosnih kapaciteta, optimizaciju pogona te povećanja sigurnosti opskrbe krajnjih korisnika.

#### **Pitanja za diskusiju:**

1. U kojoj mjeri je očekivano prosječno godišnje povećanje prijenosne moći 400 kV i 220 kV dalekovoda primjenom takvog sustava?
2. Koja je prosječna komercijalna razina cijene opremanja dalekovodne trase takvim sustavom i koja je razina isplativosti istih?
3. Tko su sve potencijalni korisnici prikupljenih podataka iz meteoroloških postaja u okviru projektiranog sustava?

#### **B2-10 Domagoj Lagator, Sanja Vinter TEHNIČKO RJEŠENJE NAPAJANJA TS NIJEMCI NAKON HAVARIJE 2023. GODINE**

U srpnju 2023. godine, zbog jakog olujnog nevremena, s vrlo velikim brzinama vjetra, srušeno je više desetaka stupova na 400, 220 i 110 kV dalekovodima u nadležnosti HOPS-a, Prijenosno područje Osijek. TS 110/35 kV Nijemci napajana je s dva 110 kV dalekovoda, 110 kV Vukovar-Nijemci i 110 kV Nijemci-Šid. S obzirom da su oba dalekovoda stradali tijekom olujnog nevremena, TS Nijemci je ostala bez 110 kV napajanja. Iako je napajanje navedenog područja bilo osigurano putem 35 kV mreže u nadležnosti HEP ODS-a, bilo je potrebno u što kraćem roku osigurati i napajanje na 110 kV naponu. Referatom je opisana interventna sanacija srušenih stupova montažom tzv. havarijskih stupova, te je na taj način u roku tri tjedna od havarije, osigurano napajanje TS Nijemci i na 110 kV naponu.

#### **Pitanja za diskusiju:**

1. U sažetku referata navedeno je: „...moralo se pristupiti inovativnim metodama i racionalnom korištenju opreme.“ Koje su to inovativne metode i gdje su u referatu opisane?
2. Spominje se „ograničeni broj modularnih havarijskih stupova na raspolaganju“. Koliki broj havarijskih stupova u rezervi ima HOPS? Da li je eventualno potrebno osigurati veći broj havarijskih stupova? Što misle autori referata – koji je optimalan i razuman broj havarijskih stupova u rezervi za PrP Osijek?
3. Zaključno se navodi da je interventna sanacija havarijskim stupovima trajala 3 tjedna, te da je TS 110/35 kV Nijemci dobila 110 kV napon u iznimno kratkom roku. Kada je završena trajna, potpuna sanacija srušenih dalekovoda?

#### **B2-11 Domagoj Lagator, Kristijan Pavić TEHNIČKO RJEŠENJE TEMELJENJA STUPA 125 NA DALEKOVODU DV 400 KV ERNESTINOVO – ŽERJAVINEC**

Referat na zanimljiv, jednostavan i razumljiv način prezentira postupak sanacije stupnog mjesta 125, dalekovoda 400 kV Ernestinovo-Žerjavinec. Uzimajući u obzir da su mnogi dalekovodi u RH relativno stari, kada nije bila razvijena praksa izrade geotehničkih istražnih radova prije procesa projektiranja, realno je pretpostaviti da će ovakvih slučajeva i potreba za sanacijom temelja biti i u buduću. Autori daju kronološki prikaz projektantskih mjera i rješenja koje su poduzete kako bi se saniralo predmetno stupno mjesto. Duboko temeljenje na pilotima nije novo niti revolucionarno rješenje, i nije često u primjeni kod nadzemnih vodova te je bilo zanimljivo analizirati primijenjeno rješenje za ovo stupno mjesto. Ovaj rad ima praktičnu vrijednost jer daje primjer sanacije koji se može iskoristiti i za eventualne probleme s temeljenjem na drugim dalekovodima.

#### **Pitanja za diskusiju:**

1. Da li su analizirane i neke druge varijante rješenja ovog problema sa slijeganjem temelja, kao npr.: primjena čeličnih pilota, prefabriciranih betonskih mikro pilota, spajanje raščlanjenih temelja ab gredama i sl.?
2. Kakva je bila dostupnost izvođača radova obzirom na primijenjeno rješenje?



3. Koje je vaše mišljenje vezano za mogućnosti primjene rješenja obrađenih u ovom radu i sličnih rješenja sa korištenjem pilota/mikropilota u slučaju projektiranja novih dalekovoda?

**B2-12 Igor Lukačević, Ivan Rekić**  
**UČESTALA PUCANJA FAZNIH VODIČA NA DALEKOVODIMA U PRIJENOSNOM**  
**PODRUČJU OSIJEK**

Rad obrađuje izuzetno važan problem u prijenosnom elektroenergetskom sustavu: višestruka i učestala pucanja faznih vodiča na nadzemnim dalekovodima. Tema je aktualna i u skladu s izazovima sve starije infrastrukture, povećanih zahtjeva za raspoloživost mreže te potrebe za unapređenjem metodologije preventivnog održavanja. Analiza je provedena na temelju stvarnih kvarova u Prijenosnom području Osijek, što radu daje dodatnu težinu i praktičnu vrijednost. Tehnički pristup, pregled opterećenja, klimatskih uvjeta i fizičkih tragova na vodičima je stručan i sustavan. Ispravno su prepoznati ključni uzroci kvarova: zamor materijala (osobito uslijed eolskih vibracija), loša instalacija spojne opreme, prelazak struje na čeličnu jezgru zbog smanjenja presjeka aluminijskih adri. Grafički prikazi i fotografije dodatno pojačavaju uvjerljivost analize. Prijedlozi u zaključku su u skladu s dobrom inženjerskom praksom i jasno usmjereni na prevenciju.

**Pitanja za diskusiju:**

1. Rad više puta navodi da su dalekovodi bili pregledani prije kvarova, no nije navedeno koje konkretne metode su korištene (vizualna inspekcija, dron, termovizija, mjerenja eolskih vibracija). Ovaj podatak je ključan jer bi pomogao procijeniti jesu li tadašnje metode bile dovoljne za otkrivanje oštećenja prije havarije.
2. Koje metode pregleda su korištene prije havarija?

**B2-13 Goran Čubra, Neven Vujičić**  
**UTJECAJ NA POUZDANOST POGONA USLJED PREKIDA OPTIČKIH NITI U ZAŠTIMIM**  
**UŽADIMA (OPGW) NA DALEKOVODIMA 110 kV I 220 kV HOPS, PrP SPLIT**

Predmetni rad obrađuje specifične pogonske događaje na dijelu prijenosne mreže nazivne naponske razine 110 kV i 220 kV gdje su registrirana mehanička oštećenja dijela opreme zaštitne užadi, koji su uzrokovali prekid telekomunikacijskih veza. U konkretnom slučaju radilo se o DV 2x220 kV Orlovac-Konjsko i DV 110 kV Nin – Pag na kojima je primijenjena zaštitna užad s ugrađenim svjetlovodnim nitima u funkciji telekomunikacijskih veza (OPGW). U radu je opisan, za svaki slučaj posebno, način na koji je oštećenje detektirano, što ga je uzrokovalo i kako je provedena sanacija, te su date određene preporuke vezane uz prevenciju i moguća poboljšanja specifičnih tehničkih rješenja primijene OPGW-a.

**Pitanja za diskusiju:**

1. Obzirom na to da je od ugradnje OPGW-a do nastanka oštećenja protekao određeni vremenski period (dulje od 10 godina), jesu li tijekom redovnih pregleda DV 2x220 kV evidentirana određena oštećenja koja bi upozoravala na neadekvatnost rješenja zavješanja OPGW-a na nosivim stupovima?
2. Obzirom na to da je od ugradnje OPGW-a do nastanka oštećenja protekao određeni vremenski period (dulje od 10 godina), jesu li tijekom redovnih pregleda DV 2x220 kV evidentirana određena oštećenja koja bi upozoravala na neadekvatnost rješenja zavješanja OPGW-a na nosivim stupovima? 2. Razmišlja li se i postoje li tehničke pretpostavke da se oštećenja na zaštitnom užetu saniraju dok je vod pod naponom (rad u blizini napona)?
3. Je li do oštećenja svjetlovodnih niti OPGW-a na Pagu došlo uslijed direktnog mehaničkog oštećenja kao posljedica propucavanja ili je do oštećenja došlo naknadno kao posljedica oštećenja same spojnice koje je omogućavalo prodor vlage i nečistoća u samo tijelo spojnice?

**B2-14 Viktor Lovrenčić, Domen Oder, Aleš Vrbovšek, Igor Bartić, Matjaž Kerkoč, David Kališnik, Sašo Škorjanc, Ana Lovrenčić**  
**OSPOSABLJAVANJE TIMOVA ZA MONTAŽU MODULARNIH STUPOVA OSIGURAVA KOMPETENTNU I BRZU SANACIJU OŠTEĆENIH NADZEMNIH VODOVA**

U referatu se opisuju iskustva u primjeni havarijskih modularnih stupova te naglašava potreba za kvalitetnom i redovitom obukom osoblja. Opisuju se iskustva u osposobljavanju projekatara i montera u elektroprivrednim organizacijama u Republici Sloveniji. U izvanrednim situacijama, poput prirodnih nepogoda ili drugih havarija, vrijeme sanacije oštećenja mreže je od presudne važnosti. Obuka omogućuje intervenciju u što kraćem roku ali i da monteru budu svjesni sigurnosnih protokola i da ih dosljedno poštuju.

**Pitanja za diskusiju:**

1. Postavljanje modularnih stupova znatno se ubrzava i olakšava ako se koristi mehanizacija kao što su dizalice za visine preko 30 m i rovokopači za ugradnju sidra. Posjeduju li elektroprivredne organizacije u Republici Sloveniji vlastitu mehanizaciju ovakve vrste ili se oslanjaju na vanjske resurse?
2. U havarijskim i interventnim situacijama, osim postavljanja stupova, često je potrebno ugraditi i vodiče u jednom ili više raspona. Provođi li se obuka i za ovakvu vrstu radova unutar elektroprivrednih organizacija i jesu li monteru osposobljeni za rad s mehanizacijom za razvlačenje vodiča?
3. Slične modularne stupove posjeduju i države u okruženju. Imate li saznanja provode li njihovi projektanti i monteru ovakva ili slična osposobljavanja?

**B2-15 Ana Lovrenčić, Viktor Lovrenčić, Miha Bečan, Zoran Petrović, Vlastimir Tasić, Stefan Jovanović**  
**ISKUSTVA UPORABE ROBOTA KOD DIJAGNOSTIKE STANJA VODIČA U SLOVENIJI I SRBIJI**

Autori su već ranije prezentirani referat (15. savjetovanje HRO Cigre) dopunili novim iskustvima primjene robota pri dijagnostici stanja vodiča. Iskustva su prezentirana relativno šturo, ograničavajući se samo na krajnje rezultate snimanja vodiča, ne navodeći iskustva vezana uz montažu i demontažu robota, potrebna isključenja dalekovoda i slično. Također, iz referata nije vidljivo jesu li rezultati snimanja na bilo kakav način verificirani, odnosno jesu li zaključci o stanju vodiča doneseni na temelju snimanja potvrđeni laboratorijskim ispitivanjima.

**Pitanja za diskusiju:**

1. Prema dosadašnjim iskustvima, koliko u prosjeku traje isključenje dalekovoda za potrebe montaže i demontaže robota?
2. Jesu li nakon provedenih snimanja izuzeti uzorci snimljenih vodiča kako bi se napravila laboratorijska ispitivanja i usporedba s rezultatima snimanja - verifikacija (primjerice, usporedba stvarne prekidne sile sa procijenjenom)?
3. Da li je prilikom dosadašnjih ispitivanja vodiča na određeni način analizirano i stanje aluminijskog plašta kako bi se uvidjela korelacija u brzini propadanja ova dva elementa vodiča, a temeljem toga, donio zaključak je li za odluku o potrebi zamjene vodiča mjerodavnije stanje čelične jezgre ili aluminijskog plašta?

**PREFERENCIJALNA TEMA 3: TEHNIČKI I OKOLIŠNI ASPEKTI NADZEMNIH VODOVA**

**B2-16 Vlatko Ećimović, Zaviša Klobas**  
**ODRŽAVANJE VEGETACIJE U TRASAMA NADZEMNIH ELEKTROENERGETSKIH VODOVA**

Autori referata kao iskusni stručnjaci na poslovima održavanja visokonaponskih nadzemnih vodova, u referatu obrađuju problematiku održavanja prostora ispod dalekovoda, poglavito s aspekta uklanjanja raslinja koje prirodnim procesima klijanja, samoobnove ili rasta (stabla) nakon određenog

perioda može izrasti do visine veoma blizu vodičima dalekovoda i probojem električne čvrstoće zraka izazvati dozemni spoj ili, u slučaju stabala koji padom na vodiče dalekovoda, mogu vodiče deformirati ili fizički prekinuti, što isto u različitim slučajevima može izazvati dozemni spoj. Autori polaze od pretpostavki utemeljenih na mjerljivim i opažajnim podacima (prikupljenih tijekom dužeg niza godina) koji upućuju da je prirast i širenje vegetacije u porastu, pa stoga elektroprivredne tvrtke, u čijoj su nadležnosti nadzemni elektroenergetski vodovi, moraju ulagati sve veća sredstva u borbi protiv vegetacije kako bi priječile ispade te osigurale pouzdan pogon elektroenergetske mreže. Kao vrijednost ovog referata, treba istaknuti nastojanje da se stručnoj javnosti predstavi problematika i izazovi koje predstavlja uvođenje sustavnog upravljanja vegetacijom u trasama elektroenergetskih nadzemnih vodova u inozemstvu te svjetskih trendova. Iznimno korisnim iz referata treba ocijeniti zaključke i preporuke o održavanju vegetacije u trasama elektroenergetskih nadzemnih vodova u Hrvatskoj.

#### **Pitanja za diskusiju:**

1. Da li se prilikom izvođenja radova sječe ili neposredno po njihovom završetku obavlja geodetska kontrola (izmjera) površina na kojima su izvršeni radovi sječe i uklanjanja raslinja?
2. Koji uvjeti ili ograničenja određuju da li sječu ili uklanjanje raslinja u koridoru dalekovoda izvoditi na jednakoj udaljenosti od osi dalekovoda (ravna granica) ili na minimalnoj udaljenosti (izgled "trbušaste granice") koja je propisana "Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju nadzemnih elektroenergetskih vodova nazivnog napona od 1 kV do 400 kV" (Sl. list 65/88, NN 53/91, NN 24/97), u članku 130?

#### **B2-17 Goran Levačić, Igor Lukačević, Krešimir Mesić, Filip Grebenar, Igor Ivanković UTJECAJ EKSTREMNIH VREMENSKIH PRILIKA NA ELEKTROENERGETSKU MREŽU**

Referat na zanimljiv i razumljiv način obrađuje aktualnu temu ranjivosti elektroenergetskog sustava na ekstremne vremenske prilike na primjeru jakog olujnog nevremena iz srpnja 2023. godine. Oluja je zahvatila veliko područje kontinentalne Hrvatske i vrlo brzo je nanijela velike štete sustavu. Autori daju pregled vremenskih prilika s osvrtom na klimatske promjene, detaljnu analizu ispada dalekovoda i poduzetih mjera za ograničavanje posljedica, te zaključna razmatranja s preporukama za projektiranje i planiranje djelovanja u sličnim situacijama.

#### **Pitanja za diskusiju:**

1. Koristi li i na koji način HOPS dosadašnje dostupne klimatske projekcije za Hrvatsku, primjerice rezultate u Strategiji prilagodbe klimatskim promjenama u RH za razdoblje do 2024. s pogledom na 2070. ili same projekcije dostupne na repozitoriju? Opisana ispitivanja se primjenjuju u kojoj fazi? Kod rutinskih ispitivanja, kod tipskih?
2. Koje aktivnosti HOPS predlaže za novi Akcijski plan za Strategiju prilagodbe klimatskim promjenama, i hoće li trebati suradnju DHMZ-a?

#### **B2-18 Igor Lukačević, Ante Barišić TEHNIČKA RJEŠENJA ZA OPTIMIZACIJU ŠUMSKE PROSJEKE U KORIDORIMA NADZEMNIH VODOVA**

U maniri dobrog gospodara koji odgovorno raspolaže javnim resursima, autori u radu razmatraju nekoliko mogućih tehničkih rješenja za optimizaciju koridora šumske prosjeke iz aspekta finansijskih ušteda i utjecaja na okoliš. Naime, najveći udio u troškovima održavanja nadzemnih vodova kroz njihov životni vijek predstavlja upravo sječa raslinja. U radu su kroz pojednostavljenu ekonomsku računicu zorno prikazane potencijale uštede na održavanju šumskih koridora prosjeke uz primjenu nekog od predloženih tehničkih rješenja koje autori nude (povišenje stupova iznad šuma, nepravilan koridor sječe te regulatorno ublažavanje zahtjeva za potrebnom minimalnom sigurnosnom udaljenošću), kao i uz kombinaciju predloženih tehničkih rješenja. Analizom dolaze do zaključka o mogućim značajnim uštedama i benefitima za okoliš. Vrijednost ove analize je u potencijalu koji bi mogao imati na optimizaciju, uštede i modernizaciju vegetation managementa kod našeg operatora sustava.

#### **Pitanja za diskusiju:**

1. U slučaju tehničkog rješenja nadvišenja šume, je li potrebno održavati koridor takozvane radne prosjeke (direktno ispod vodiča) te koja je po vašem mišljenju njegova dovoljna širina koja bi omogućila nesmetan pristup trasi za potrebe održavanja?
2. S obzirom na visoke financijske izdatke koji se izdvajaju za održavanje šumske prosjeke te potencijale optimizacije troškova i ekološke aspekte, postoji li u HOPS-u potreba za formiranjem specijaliziranih odjela koji bi se bavili vegetation managementom?
3. Razmatra li se u HOPS-u primjena neka od modernih tehnologija održavanja šumske prosjeke dostupnih na tržištu (npr. LIDAR, proširena stvarnost, satelitske snimke, umjetna inteligencija)?

### 3. ZAKLJUČAK

Za ovo 17. Savjetovanje pristiglo je i prihvaćeno ukupno 18 radova koji pokrivaju tri preferencijalne teme, a sadržajno se dobrim dijelom naslanjaju i na zadanu tematiku iz prethodnog savjetovanja, i time ukazuju na njihov veći značaj i vremensku aktualnost. Dokaz tome je upravo relativno velik broj prijavljenih, pristiglih i prihvaćenih radova koji prezentiraju širok spektar stručnog i multidisciplinarnog djelovanja većeg broja autora i stručnjaka vezanih za široko područje i svakodnevnu problematiku iz domene nadzemnih elektroenergetskih vodova.

U radovima koji sadržajno pripadaju prvoj preferencijalnoj temi, zastupljenoj kroz četiri prihvaćena rada, autori su prezentirali nova iskustva i tehnička rješenja u primjeni suvremenih tehnologija u projektiranju i izgradnji, što također otvara nove poglede na moguća poboljšanja i u sustavu održavanja nadzemnih vodova.

Druga preferencijalna tema, radi zanimljivog, aktualnog i širokog spektra same teme, privukla je najveći broj autora, s ukupno jedanaest prispjelih i prihvaćenih radova. Nekolicina radova bavi se problematikom značajnih i neželjenih pogonskih događaja vezanih za kvarove i havarijska stanja na nadzemnim vodovima uslijed sve češćih olujnih i ekstremnih meteoroloških prilika u raznim dijelovima prijenosne mreže u proteklom dvogodišnjem periodu, s multidisciplinarnim pristupom analizi njihova uzroka, posljedica i opsega nastalih šteta. S tim u svezi, tretirana je problematika brze sanacije i uspostava pogonskog stanja havariranih vodova kroz primjenu novih tehnologija, tehničkih rješenja i alata kao i novih organizacijskih pristupa u rješavanju izvanrednih pogonskih događaja.

Obzirom na širinu tematike, aktualnost i značaj preferencijalne teme, usku povezanost pogona vodova prijenosne mreže s događajima i parametrima okoline, dio radova naglašava potrebu primjene suvremenih sustava trajnog mjerenja i praćenja meteoroloških parametara, termičkog opterećenja i provjesa vodiča na zadanim mjestima duž trasa dalekovoda, s ciljem optimalnog vođenja pogona prijenosne mreže i povećanja prijenosnih mogućnosti, a uz zadanu pouzdanost i sigurnost istih. To ujedno čini dopunu, odnosno proširenje već postojećem dijelu sustava dinamičkog pristupa vođenju pogona mreže u realnom vremenu kroz nastavak započetih razvojnih projekata.

Problematika održavanja, direktno ili indirektno, zastupljena je kroz veću grupu radova, s naglaskom na problematiku zabilježenih događaja vezanih za mehaničko i vibracijsko stanja vodiča i stupova, kroz mogućnost primjene novih alata i robotike u sustavu pregleda i preventivnog održavanja, novih iskoraka u metodološkom i organizacijskom segmentu dinamičkog pristupa utvrđivanja stanja i prioriteta u strategiji održavanja prijenosnih nadzemnih vodova.

Treća preferencijalna tema zastupljena je s tri prispjela i prihvaćena rada, od čega se dva rada bave problematikom održavanja vegetacije u koridoru dalekovoda, s mogućnostima i prijedlozima za optimiranje šumske prosjeke, a u cilju većeg očuvanja raslinja u zoni nadzemnih vodova.

Naglasak preostalog rada iz grupe stavljen je na aktualnu temu klimatskih promjena i ranjivost pogona prijenosne mreže pri ekstremnim vremenskim prilikama, uz osvrt na moguće posljedice i štete te preporuke za projektiranje i planiranje djelovanja u takvim i sličnim situacijama.

Za preferencijalne teme 4 i 5, unatoč aktualnosti i značaju istih, nije bilo pristiglih radova.

Zaključno, može se naglasiti značaj broja pristiglih, prihvaćenih i dobro ocjenjenih radova, unatoč nepokrivenosti svih zadanih preferencijalnih tema. Aktualnost tematike, kvaliteta i širina obrada u okviru pristiglih i prihvaćenih radova te prezentacija istih, sadržajno značajno nadmašuje formalne okvire zadanih preferencijalnih tema te čini neospornu podlogu za iskaz zadovoljstva s cjelokupnim dvogodišnjem radom Studijskog odbora. Također, treba pohvaliti kontinuiranu aktivnost i dobru međusobnu suradnju svih članova, značajnog broja uključenih priznatih stručnjaka, a posebno veću prisutnost i angažman mlađih kolega i novih članova.