



ICES
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

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

**SANACIJA POŠKODOVANEGA
DALJNOVODA DV 110 KV BRESTANICA–
HUDO PO UDARU HELIKOPTERJA**

Mentor: dr. Viktor Lovrenčič, univ. dipl. inž. el.
Lektorica: mag. Gordana Rodinger, prof. slov. j.

Kandidat: Matej Smogavc

Bukovec, maj 2022

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, dr. Viktorju Lovrenčiču, za nasvete in strokovno pomoč pri izdelavi diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi lektorici mag. Gordani Rodinger.

Posebej bi se zahvalil svoji družini za pomoč in spodbudo v času študija.

IZJAVA

Študent Matej Smogavc izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom dr. Viktorja Lovrenčiča, 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

Neprekinjeni prenos električne energije je za državo in nas, končne uporabnike, ključnega pomena, zato morajo infrastruktura, prenos, distribucija in elektroenergetske naprave delovati brezhibno. Prenosna in distribucijska podjetja morajo za zagotovitev tega nenehno skrbeti za usposabljanje svojega kadra in skrbeti za prenosne in distribucijske poti. Prenašanje energije in ohranjanje ravnovesja je ključni namen dela. Ko pride do napak v prenosu energije, moramo hitro ukrepati in v najkrajšem možnem času ponovno vzpostaviti nemoten pretok energije. Delo mora potekati nemoteno in predvsem varno, kar pa zagotovimo z upoštevanjem zakona varnosti in zdravja pri delu in upoštevanjem pravilnika o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka.

V diplomskem delu smo obravnavali varno delo vzdrževalca pri delu na višini in pri nepredvidenih situacijah, kot je bila nesreča na daljnovodu DV 110 kV Brestanica–Hudo zaradi nesreče pilota helikopterja, ki je prekinil prenos električne energije. Končni porabniki pričakujejo in zahtevajo nemoteno delovanje in oskrbo z električno energijo, zato smo v minimalnem časovnem okvirju odpravili napake na nadzemnih vodih in vzpostavili ponovni pretok električne energije. Pri tem smo upoštevali vsa pravila varnosti in zdravja pri delu. Ker tovrstne akcije zahtevajo veliko znanja, specifično orodje in pripomočke, s katerimi je potrebno pravilno in pazljivo ravnati ter se zavedati nevarnosti ob nepravilni uporabi, je nenehno dopolnjevanje znanja in usposabljanj kadra ključnega pomena. Predstavili smo delovne postopke čez celotno sanacijo in opisali specialno orodje, katerega uporaba je namenjena zgolj za vzdrževanje in sanacije vodov.

KLJUČNE BESEDE

- sanacija DV 110 kV Brestanica–Hudo
- vzdrževanje
- delo na višini
- dokumenti za delo
- postopki dela pri sanaciji
- specialno orodje za dela na DV
- varnost in zdravje pri delu

ABSTRACT

Uninterrupted supply of electrical energy is of key importance to the country and to us, the end users. That is why the infrastructure, transfer, distribution and the electroenergetical devices have to function flawlessly. Transfer and distribution companies have to constantly train their employees and maintain their transfer and distribution routes. Transfer of energy and maintaining the balance is our main purpose. When the energy transfer encounters an error, we have to act quickly and establish an uninterrupted energy flow as soon as possible. The work itself has to be undisturbed and most importantly, safe – we achieve this by obeying the law of workplace safety and health and the policy of workplace safety when working with electrical currents.

This Bachelor's thesis discusses workplace safety of a maintenance worker when working at height and during unpredictable situations, such as the accident on the Brestanica: Hudo power line, when a helicopter pilot's accident caused a power outage. End users expect and demand an undisturbed activity and supply of electrical energy, that is why we have corrected the mistakes on surface lines and restored the energy flow in the shortest timespan possible. During the process we have followed all the rules of workplace safety and health. Because such actions require a lot of knowledge, specific tools and gadgets that require the right way and care of handling and also knowledge of risk when misusing them, constant training of employees is of key importance. We have introduced work procedures during the whole process of restoration and described special tools, the use of which is meant solely for maintenance and restoration of power lines.

KEY WORDS

- Restoration of the 110 kV power line Brestanica – Hudo
- Maintenance
- Work at height
- Work documents
- Work procedures of restoration
- Special tools for power line work
- Workspace safety and health

KAZALO

| | | |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | UVOD | 1 |
| 1.1 | Predstavitev problema..... | 1 |
| 1.2 | Cilji naloge | 1 |
| 1.3 | Predstavitev okolja | 1 |
| 1.4 | Predpostavke in omejitve | 2 |
| 1.5 | Metode dela | 3 |
| 2 | PODROČJE VARNOSTI IN ZDRAVJA PRI DELU | 3 |
| 2.1 | Pet (5) varnostnih pravil | 4 |
| 2.1.1 | Izklop in vidna ločitev naprave pred napetostjo z vseh strani | 5 |
| 2.1.2 | Preprečitev ponovnega vklopa | 7 |
| 2.1.3 | Preverjanje breznapetostnega stanja | 8 |
| 2.1.4 | Ozemljevanje in kratkostičenje povezav naprav | 9 |
| 2.1.5 | Ograditev in označitev mesta dela od delov, ki so pod napetostjo | 11 |
| 2.2 | RAZDELITEV ELEKTROENERGETSKIH OBJEKTOV IN POSTROJEV NA OBMOČJA NEVARNOSTI | 11 |
| 2.2.1 | Prvo nevarnostno območje..... | 12 |
| 2.2.2 | Drugo nevarnostno območje | 12 |
| 2.2.3 | Tretje nevarnostno območje | 12 |
| 2.3 | DOKUMENTI ZA VARNO DELO | 12 |
| 2.3.1 | Delovni program..... | 13 |
| 2.3.2 | Delovni nalog | 16 |
| 2.3.3 | Dovoljenje za delo..... | 18 |
| 2.3.4 | Obvestilo o prenehanju dela..... | 19 |
| 2.3.5 | Fonogram (depeša)..... | 20 |
| 3 | DELO NA NADZEMNIH VODIH | 22 |
| 3.1 | Nevarnostna območja nadzemnih vodov..... | 22 |
| 3.2 | Dela v nevarnostnih območjih | 23 |
| 3.3 | Delo na višini | 24 |
| 3.3.1 | Obvezna varovalna oprema za delo na višini: | 24 |
| 3.3.2 | Vzpenjanje na DV po FVS..... | 26 |
| 3.3.3 | Vzpenjanje na DV s pomočjo varovalnega kompleta..... | 27 |
| 3.3.4 | Delo na obešalni lestvi | 28 |
| 3.3.5 | Delo v delovni košari | 29 |
| 4 | DV 110 KV BRESTANICA–HUDO | 31 |
| 4.1 | Splošno o daljnovodu | 31 |
| 4.2 | Opis udara helikopterja | 31 |
| 4.3 | Namenski cilji sanacije | 32 |
| 4.4 | Gradbena dela | 32 |
| 4.5 | Križanje železnice Zidani Most–Dobova..... | 33 |

| | | |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.6 | Križanje reke Save | 34 |
| 4.7 | Križanje javnih cest | 34 |
| 5 | POMEMBNI DELOVNI POSTOPKI PRI SANACIJI PO POŠKODBI | 35 |
| 5.1 | Razvlek novega vodnika | 36 |
| 5.2 | Navodila za končno in nadaljevalno kompresijsko sponko za večplastne vodnike | 37 |
| 5.2.1 | Končne kompresijske sponke za večplastne vodnike | 39 |
| 5.2.2 | Nadaljevalne kompresijske sponke za večplastne vodnike | 40 |
| 6 | UPORABLJENO ORODJE IN MEHANIZACIJA | 42 |
| 6.1 | Opis uporabljenih specialnih naprav in orodij | 43 |
| | – Vitel Tesmec Cantamessa | 44 |
| | – Hidravlični napenjalec Tesmec AFS 404 | 44 |
| | – Hidravlične škarje HT-TC041 | 45 |
| | – Hidravlična stiskalnica in namenski nož | 46 |
| | – Verižno dvigalo | 46 |
| | – Vrtljivi spojni elementi | 47 |
| | – Jeklana pletena nogavička | 48 |
| | – Jeklana pletenica | 48 |
| | – Hidravlična bobnasta dvigala | 49 |
| | – Navijalec kolutov | 49 |
| 7 | ZAKLJUČEK | 50 |
| 8. | LITERATURA IN VIRI | 52 |

KAZALO SLIK

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1: Vloga družbe ELES v elektroenergetskem sistemu..... | 2 |
| Slika 2: Pet temeljnih varnostnih pravil | 5 |
| Slika 3: Izklop – vidna ločitev..... | 6 |
| Slika 4: Primer zaklepanja stikala z uporabo škarij | 7 |
| Slika 5: Preverjanje breznapetostnega stanja z indikatorjem prisotnosti napetosti.... | 8 |
| Slika 6: Ozemljevanje z ozemljitvenimi noži 110kV..... | 9 |
| Slika 7: Prenosna delovna ozemljitev za delo na nadzemnih vodih | 10 |
| Slika 8: Opozorilna vrv z zastavicami za ograditev mesta dela..... | 11 |
| Slika 9 : Delovni program | 15 |
| Slika 10: Delovni nalog | 17 |
| Slika 11: Dovoljenje za delo | 19 |
| Slika 12: Obvestilo o prenehanju dela | 20 |
| Slika 13: Fonogram oziroma depeša | 21 |
| Slika 14: Nevarnostna območja nadzemnih vodov | 22 |
| Slika 15: DV vzdrževalec z OVO za delo na nadzemnih vodih | 25 |
| Slika 16: OVO | 26 |
| Slika 17: Vzpenjanje vzdrževalca po FVS | 27 |
| Slika 18: FVS in drsnik za varovanje | 27 |
| Slika 19: Vzpenjanje na DV s pomočjo varovalnega kompleta in varovalni komplet | 28 |
| Slika 20: Delo vzdrževalca na obešalni lestvi | 29 |
| Slika 21: Delo v delovni košari..... | 30 |
| Slika 22: Urejeni delovni plato za potrebno delovno mehanizacijo..... | 33 |
| Slika 23: Lovilna mreža nad železniško progo | 33 |
| Slika 24: Križanje reke Save in prenos vodilne vrvi s čolnom | 34 |
| Slika 25: Križanje DV z magistralno cesto Sevnica–Krško in varovanje..... | 35 |
| Slika 26: Vitel pri SM 7 | 36 |
| Slika 27: Mehanizacija za razvlek vodnika pri SM 8..... | 37 |
| Slika 28: Podatki za kompresijske sponke Al/Fe..... | 37 |
| Slika 29: Hidravlična stiskalnica in orodje za stiskanje kompresijskih sponk..... | 38 |
| Slika 30: Končna kompresijska sponka | 39 |
| Slika 31: Postopek stiskanja končne kompresijske sponke za večplastne vodnike . | 40 |
| Slika 32: Nadaljevalna kompresijska sponka | 40 |
| Slika 33: Postopek stiskanja nadaljevalne kompresijske sponke za večplastne vodnike..... | 41 |
| Slika 34: Transport mehanizacije in orodja za Sanacijo DV Brestanica–Hudo..... | 42 |
| Slika 35: Vitel Tesmec Cantamessa | 44 |
| Slika 36: Hidravlični napenjalec Tesmec AFS 404..... | 45 |
| Slika 37: Hidravlične škarje HT-TC041 | 45 |
| Slika 38: Hidravlična stiskalnica in orodje za stiskanje kompresijskih sponk..... | 46 |
| Slika 39: Ročno verižno dvigalo | 47 |

| | |
|----------------------------------------------|----|
| Slika 40: Vrtljivi spojni element | 47 |
| Slika 41: Jeklena pletena nogavička..... | 48 |
| Slika 42: Jeklena pletenica | 49 |
| Slika 43: Hidravlično bobnasto dvigalo | 49 |
| Slika 44: Navijalec kolutov | 50 |

KAZALO TABEL

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1: Najmanjša varnostna razdalja približevanja delom pod napetostjo, glede na nazivno napetost pri delih na vodih..... | 22 |
| Tabela 2: Najmanjša varnostna razdalja približevanja delom pod napetostjo, glede na nazivno napetost pri gradbenih in drugih ne elektrotehniških delih | 23 |

KRATICE IN AKRONIMI

| | |
|-------|-------------------------------------|
| ELES: | Elektro Slovenija |
| DV: | daljnovod |
| SM: | stojno mesto |
| kV: | kilovolt |
| RTP: | razdelilna transformatorska postaja |
| EEN: | elektroenergetske naprave |
| VZD: | varnost zdravja pri delu |
| OVO: | osebna varovalna oprema |
| FVS: | fiksni varovalni sistem |
| TE: | termoelektrarna |
| EES: | elektroenergetski sistem |

1 UVOD

1.1 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Dne 20. 05. 2021 je vojaški helikopter trčil v daljnovod DV 110 kV Brestanica–Hudo. Pri nesreči so bili potrgani vsi trije fazni vodniki. Daljnovod je zaradi trifaznega kratkega stika izpadel, pretrgani vodniki pa so padli v reko Savo, na električno omrežje glavne železniške proge Zidani Most–Dobova in na njej povzročili kratek stik, na magistralno cesto Sevnica–Krško in na dve lokalni cesti. Poškodovani helikopter je zasilno pristal nekaj sto metrov nižje, na polju, zraven reke Save. V diplomskem delu so najprej splošno opisani postopki del, ki jih moramo upoštevati pri vsakdanjem vzdrževanju daljnovodov in pri nepredvidenih situacijah, kot je ta primer. V nadaljevanju naloge smo se osredotočili na primer, pri katerem je avtor diplomskega dela kot vzdrževalec tudi sam sodeloval. Opisan je postopek del, ki so bila potrebna, da je daljnovod spet neprekinjeno obratoval, uporabljeno orodje ter stroji, ki so pri tovrstnih delih nepogrešljivi.

1.2 CILJI NALOGE

Glavni cilj diplomskega dela je prikazati področje varstva in zdravja pri delu. Poskušali smo predstaviti upoštevanje le tega na konkretnem primeru iz terena. Na terenu je potrebno upoštevati tudi druga pravila in navodila, ki so za varno delo vzdrževalcev in prisotnih na delovišču nujno potrebna. Pri neupoštevanju teh pravil in navodil lahko pride do materialne škode delovne opreme in strojev, do resnih poškodb ljudi ter v najslabšem primeru tudi do smrti.

1.3 PREDSTAVITEV OKOLJA

Diplomsko delo se nanaša na vzdrževanje daljnovoda v podjetju ELES d. o. o.

Eles je sistemski operater prenosnega elektroenergetskega omrežja Republike Slovenije. Družba skrbi za neprekinjen prenos električne energije po Sloveniji in tudi izven meja. Podjetje povezuje ljudi in zagotavlja kakovostnejša življenja, hkrati pa taktično, odgovorno in dolgoročno načrtuje, gradi in vzdržuje slovensko mrežo visokonapetostnega prenosnega omrežja na sledečih napetostnih nivojih:

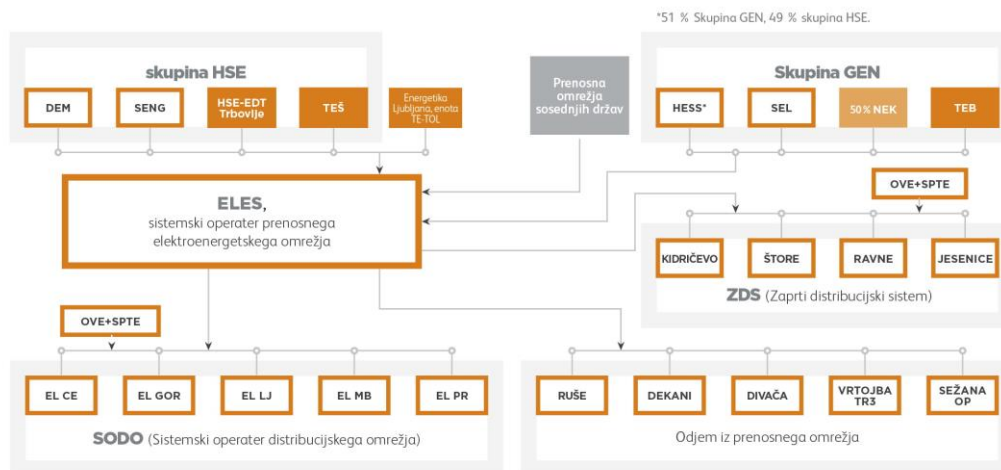
- 400 kV,
- 220 k V in
- 110 kV.

Eles je pomemben del slovenskega elektrogospodarstva ter zaščitnik elektroenergetskega sistema. Temeljna naloga in skrb podjetja je varno in zanesljivo obratovanje elektroenergetskega sistema.

Povezuje vse glavne udeležence v slovenskem elektroenergetskem prenosnem omrežju:

- elektrarne, ki v prenosno omrežje oddajajo električno energijo;
- pet distribucijskih podjetij;
- pet večjih porabnikov, t. i. neposrednih odjemalcev, ki električno energijo prevzemajo iz omrežja, ter pet večjih porabnikov (3x železarne, Cementarna Anhovo in Talum), s statusom zaprtega distribucijskega sistema.

Ustanovitelj in edini lastnik podjetja je država (ELES d. o. o., 2022).



Slika 1: Vloga družbe ELES v elektroenergetskem sistemu
(Vir: ELES, d. o. o., 2022)

1.4 PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE

Pri zahtevnih delih, kot so takšne sanacije poškodb na daljnovodih, moramo še posebej upoštevati navodila in pravila. Spoštovati in izvajati moramo ukrepe za zagotavljanje varnosti in zdravja pri delu, Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo udara električnega toka. Upoštevati moramo vsa navodila za varno uporabo orodij, strojev in osebne varovalne opreme. Dela izvedemo prilagojeno na dejansko stanje in teren, na katerem delamo, ter upoštevamo vse omejitve in faktorje.

1.5 METODE DELA

Pri izdelavi diplomskega dela smo uporabili različne metode dela. Metodo združevanja smo uporabili pri teoretičnem delu naloge. Raziskovalne naloge različnih avtorjev smo združili z zahtevami posameznih predpisov in standardov. S povzemanjem različnih informacij iz internetnih virov smo uporabili metodo povzemanja. Pri opisovanju postopka odprave nepravilnosti smo v diplomskem delu uporabili opisno metodo dela.

2 PODROČJE VARNOSTI IN ZDRAVJA PRI DELU

»Izredni dogodki so lahko realnosti zgodijo v vsakem podjetju. Na žalost je lahko cena, ki nastane zaradi podcenjevanja, zanemarjanja ali pomanjkanja ozaveščenosti o pomenu preventivnega delovanja, včasih zelo visoka. Prav zato je potrebno nameniti varnosti in zdravju pri delu ter varstvu pred požari veliko pozornost in nenehno bdeti nad ustreznim izvajanjem vseh določil ter aktivnosti v povezavi s tem, saj se le tako lahko učinkovito preprečuje nastanke izrednih dogodkov.

Posledice izrednih dogodkov imajo več razsežnosti, izpostavimo lahko poškodbe, invalidnost in smrt ljudi, materialno škodo, škodljive vplive na okolje itd. Za ilustracijo si natančneje oglejmo ekonomski vidik posledic takih dogodkov, ki jih lahko razčlenimo na naslednje skupine:

- neposredna materialna škoda na objektih, opremi, izdelkih itd.;
- stroški zaradi izpada delovnih procesov (zmanjšani prihodki, izguba naročnikov itd.);
- stroški, povezani z bolniškim staležem delavcev (zamenjave odsotnih, regresni zahtevki ZZZS);
- odškodninski zahtevki oz. tožbe delavcev in drugih oškodovanih subjektov (višine le-teh danes dosegajo že vrtooglave višine, privedejo lahko celo do zaprtja podjetja);
- višje zavarovalne premije itd.«

(Pomen področij varnosti in zdravja pri delu ter varstva pred požari za uspešno delovanje podjetja, 2022).

Delavec, ki dela samostojno, vodi dela ali dela nadzoruje, mora izpolnjevati pogoje:

- star mora biti vsaj 18 let;
- imeti mora predpisano strokovno izobrazbo in delovne izkušnje za področje, kjer bo opravljal delo;
- uspešno mora zaključiti preizkus znanja iz varnosti in zdravja pri delu;
- biti mora zdravstveno sposoben za opravljanje del;
- dobro mora poznati varnostne ukrepe in nevarnosti pri delu;
- imeti mora pooblastilo za delo.

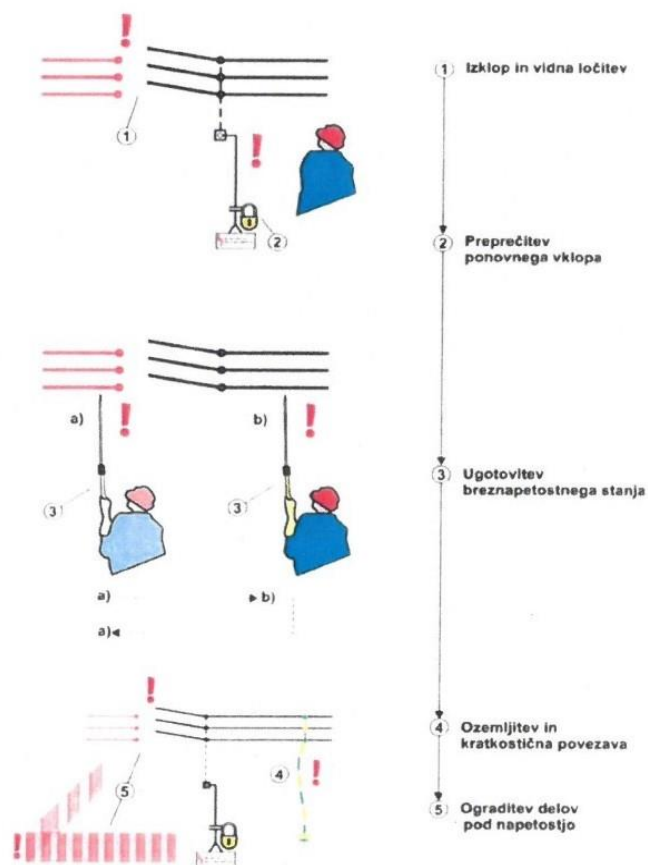
Pri nastopu na delovno mesto se delavec usposobi za izvajanje del in se pri vsaki spremembi oziroma novostjo v delovnem procesu dodatno izobražuje. Pred nastopom v službi mora delavec pridobiti dokazilo o zdravstveni sposobnosti za delo na EEN. To sposobnost potem periodično dokazuje na zdravstvenih pregledih. Zahteve, ki jih ima delodajalec do delavca, morajo biti zanj brezplačne in so strošek delodajalca. Evidenco o zdravniških pregledih mora voditi delodajalec oziroma strokovni delavec iz VZD. Ta skrbi tudi, da se ti pregledi redno in pravočasno obnavljajo. Če pride na delovnem mestu do novega tveganja za varnost in zdravje pri delu, je potrebno v izjavi o varnosti z oceno tveganja te spremembe primerno oceniti in sprejeti nove ukrepe za odstranitev nevarnosti oziroma jo zmanjšati na najnižjo možno raven (ELES d. o. o., 2022).

2.1 PET (5) VARNOSTNIH PRAVIL

»Pred začetkom dela se mora mesto dela zavarovati z uporabo petih (5) varnostnih pravil. Pravila je treba izvajati po točno določenem vrstnem redu:

1. izklop in vidna ločitev naprave pred napetostjo z vseh strani;
2. preprečitev ponovnega vklopa;
3. preverjanje breznapetostnega stanja;
4. ozemljevanje in kratkostičenje povezav naprav;
5. ograditev, označitev mesta dela od delov, ki so pod napetostjo.«

(ELES, d. o. o., 2019, str. 14)



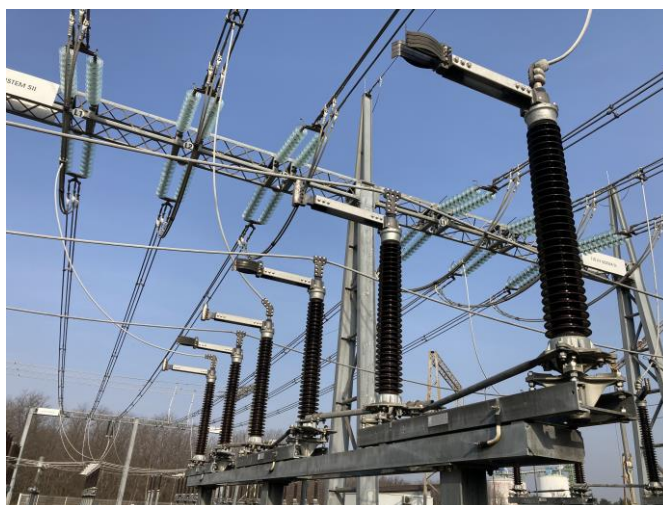
Slika 2: Pet temeljnih varnostnih pravil
(Vir: ELES, d. o. o., 2020)

2.1.1 IZKLOP IN VIDNA LOČITEV NAPRAVE PRED NAPETOSTJO Z VSEH STRANI

Elektroenergetski objekti in postroji ter električne naprave in oprema, glede na to, na katerih se bodo izvajala vzdrževalna dela, morajo biti izklopljeni in vidno ločeni od napetosti z vseh strani, od koder bi napetost lahko prišla. Pri tem morajo biti vzpostavljene varnostne razdalje od delov, ki so ostali pod napetostjo. (ELES d. o. o., 2022).

Izklop – vidna ločitev se izvede z:

- ločilnikom,
- odklopnim ločilnikom,
- odstranitvijo vložkov varovalk,
- ločevanjem vodnikom – odvitjem priključkov.



*Slika 3: Izklop – vidna ločitev
(Lastni vir)*

Po izklopu je nujno potrebno preveriti, če so vsi noži ločilnika v izklopnem položaju, pri odklopnih ločilnikih pa je potrebno preveriti tudi pomožne nože. Pri kontaktnih stikalnih blokih (SF₆) je treba preveriti pravilen položaj indikatorja stanja stikala. Pri daljinsko krmiljenih elektroenergetskih postrojih mora biti zagotovljen zanesljiv prenos stanj vklopa in izklopa stikalnih naprav, ozemljitvenih nožev ter meritev na kraj krmiljenja.

Kadar so ločilniki daljinsko krmiljeni, se je treba prepričati, da so naprave resnično ločene v vseh polih napajanja.

Dogovarjanje izklopa na določen ali za določen čas je prepovedano. Izostanek napetosti še ni zanesljiv znak, da je naprava resnično odklopljena.

Na postrojih ali napravah oziroma opremi, pri katerih na stikalnih napravah ni mogoče doseči vidne prekinitve (kompaktna, SF₆ stikala), se mora potrditev prekinitve doseči skladno z obratovalnimi navodili (ELES d. o. o., 2022).

2.1.2 PREPREČITEV PONOVNEGA VKLOPA

»Na vseh izklopnih mestih mora biti na napravah za izklop vidna ločitev izvedene preprečitve ponovnega vklopa z namenom, da se prepreči njihov nehoteni ponovni vklop.

Preprečitev ponovnega vklopa se praviloma izvaja na najnižjem krmilnem nivoju elektroenergetskega postroja oziroma njegovega dela.« (ELES, d. o. o., 2019, str. 15)

Na vseh izklopnih mestih mora biti izvedena preprečitev ponovnega vklopa s/z:

- zaklepanjem ali blokiranjem pogonskih mehanizmov,
- izklopitvijo krmilne napetosti,
- blokiranjem vira energije za pogon stikala,
- odstranitvijo vložkov varovalk ali izklopom avtomatskih varovalk,
- odstranitvijo vzvodov in ročic za upravljanje,
- postavitvijo izolacijskih vložkov,
- postavljanjem prekrivalnih kap,
- postavitvijo zaščitnih pokrovov na elemente, s katerimi je možno upravljati krmiljenje stikal ipd.

Opozorilni tablice z napisi "NE VKLAPLAJ – DELO NA NAPRAVI" se namestijo na :

- mesta krmiljenja z napravami za izklop in vidno ločitev,
- vrata VN celic,
- kraje, kjer so bili vodniki voda namerno ločeni – odviti.



Slika 4: Primer zaklepanja stikala z uporabo škarij

(Vir: https://sl.wikipedia.org/wiki/Slika:Zaklepanje_stikala_s_%C5%A1karjami.jpg)

V daljinsko krmiljenih elektroenergetskih objektih in postrojih z računalniškimi sistemi se prepreči ponovni vklop z:

- zaporo določenih računalniških komand;
- z označevanjem izklopljenih mest z opozorilnimi simboli.

2.1.3 PREVERJANJE BREZNAPETOSTNEGA STANJA

»Breznapetostno stanje vedno preverimo pred pričetkom ozemljevanja in kratkostičnega povezovanja na vseh mestih, kjer je potrebno ozemljiti in kratkostičiti z namestitvijo prenosne naprave za ozemljitev in kratkostično povezavo.

Breznapetostno stanje se preveri s/z:

- indikatorjem pristnosti napetosti za ustreznosti razred,
- merilnim instrumentom za ustreznosti napetost,
- ali drugimi ustreznimi postopki.«

(ELES, d. o. o., 2019, str. 15)



Slika 5: Preverjanje breznapetostnega stanja z indikatorjem prisotnosti napetosti
(Lastni vir)

Indikator prisotnosti napetosti je pred uporabo potrebno preizkusiti in pri tem je potrebno nujno upoštevati navodila proizvajalca. Indikator zaradi kontrole delovanja indikatorja preizkusimo tudi po končanem ugotavljanju prisotnosti napetosti. (ELES d. o. o., 2022)

2.1.4 OZEMLJEVANJE IN KRATKOSTIČENJE POVEZAV NAPRAV

Kratkostična povezava in ozemljevanje se izvede:

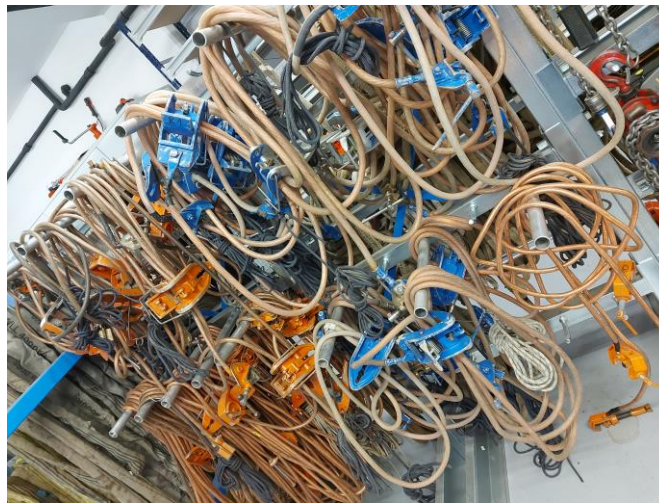
- na mestu dela;
- na vseh mestih, kjer ločujemo dele pod napetostjo;
- na vsakem galvanskem členu, kjer se lahko inducira napetost oz. lahko nastopi pod napetost.



*Slika 6: Ozemljevanje z ozemljitvenimi noži 110kV
(Lastni vir)*

Vrvi prenosnih ozemljil morajo biti izdelane iz bakrenih ali aluminijastih žic in iz zaščite pred mehanskimi poškodbami s prozorno izolacijo. Na obeh koncih ozemljila mora biti nameščena ustrezna priključna sponka z vijačnim ali kompresijskim spojem.

Prezezi vrvi ozemljil morajo biti izbrani tako, da zdržijo pričakovane termične in dinamične obremenitve toka kratkega stika. Za ozemljevanje in kratkostično povezavo v ali na elektroenergetskih postrojih in objektih visoke napetosti nad 1 kV se uporabljajo vrvi bakra, prereza najmanj 70 mm² ali aluminija, najmanj 120 mm² (ELES d. o. o., 2022).



Slika 7: Prenosna delovna ozemljitev za delo na nadzemnih vodih
(Lastni vir)

Za ozemljevanje in kratkostično povezavo vodnikov na nadzemnih vodih se uporabljajo prenosne ozemljitvene vrvi za ozemljevanje in kratkostičenje preseka, najmanj 70 mm² baker ali 120 mm² aluminij za 110 kV ter najmanj 95 mm² baker in 150 mm² aluminij za 220 kV ali 400 kV nadzemne vode. Zaradi lažje montaže lahko uporabimo tudi dve vzporedni povezavi, ampak moramo upoštevati, da sta preseka vrvi enaka (npr. baker 2 x 50 mm²) in da sta nameščeni čim bližje ena drugi.

Kratkostična povezava in ozemljitev morata biti vidna.

Ozemljitev in kratkostična povezava se pri delih na nadzemnih vodih izvede:

- čim bližje mestu dela, na enem mestu, če se delo opravlja na enem stebru;
- z vseh strani stebra, če se delo opravlja na enem stebru in se vodniki ločujejo v več galvansko ločenimi odseki;
- z vseh strani odseka, na katerem se opravlja delo, če se dela na več stebrih, vendar oddaljenost med napravami za ozemljitev ne sme presegati dolžine 2 km;
- glede na križanje z vodi, ki so pod napetostjo, se izvede na prvih stebrih voda, na katerih se dela.

Ko odstranimo ozemljitve, moramo ravnati z napravo, kot da je pod napetostjo (ELES d. o. o., 2022).

2.1.5 OGRADITEV IN OZNAČITEV MESTA DELA OD DELOV, KI SO POD NAPETOSTJO

Ograditev in označitev mesta, kjer delamo, od delov, ki so pod napetostjo, izvedemo, kadar so v neposredni bližini izvajanja del nahajajo električne naprave in oprema, ki so pod napetostjo zaradi:

- preprečitev nevarnega nehotenega dotika delavca ali približevanja delavca s telesom ali orodjem do delov, ki so pod napetostjo;
- preprečitev zmete vstopa in zamenjavo dela naprave pod napetostjo z delom naprave, ki ni pod napetostjo.

Ogradimo in označimo jo od delov pod napetostjo z:

- izolacijskimi zaščitnimi ploščami, pregradnimi prekrivali ipd.,
- ogradami, opozorilnimi znaki in napisi,
- z opozorilnimi trakovi, vrvicami, verigami ipd. (ELES d. o. o., 2022)



Slika 8: Opozorilna vrv z zastavicami za ograditev mesta dela
(Lastni vir)

2.2 RAZDELITEV ELEKTROENERGETSKIH OBJEKTOV IN POSTROJEV NA OBMOČJA NEVARNOSTI

»Da se zagotovi varen vstop v/na elektroenergetske objekte in postroje, v električna obratovališča, do električnih postrojov in na stebre nadzemnih vodov ter v bližino električnih naprav in opreme, se določijo, glede na stopnjo nevarnosti električnega toka, tri območja nevarnosti.« (ELES, d. o. o., 2019, str. 9)

2.2.1 PRVO NEVARNOSTNO OBMOČJE

»Je območje prostega gibanja, v katerem niso potrebna posebna opozorila delavcev in niso izvedeni posebni varnostni ukrepi.

V prvo nevarnostno območje spadajo prostori in kraji, v katerih oseba z neustreznim postopkom ne more povzročiti izpada ali izklopa postroja, niti če pride z orodjem ali dolgim predmetom v bližino delom pod napetostjo.« (ELES, d. o. o., 2019, str.9)

2.2.2 DRUGO NEVARNOSTNO OBMOČJE

»Je območje posluževanja in kontrole. Za prostore in kraje v drugem nevarnostnem območju je značilno, da je za zadrževanje in delo v tem območju nujna strokovna usposobljenost in poznavanje nevarnost, da ne pride do nezaželenih dogodkov, kot so:

- nehoten dotik delov pod napetostjo;
- nehoten izklop ali vklop delov postroja zaradi dotikanja elementov za proženje postroja;
- nedopustno približevanje delom postroja pod napetostjo nad 1kV z dolgimi predmeti in orodjem.

V drugem nevarnostnem območju je dovoljeno gibanje tistim delavcem, ki opravljajo v njem določena dela oziroma naloge. Za ostale delavce je potrebno oceniti, glede na stopnjo nevarnosti in njihovo usposobljenost za varno delo, v katerem primeru je potrebno spremstvo, nadzor in uporaba ustreznih varnostnih ukrepov.«

(ELES, d. o. o., 2019, str. 9)

2.2.3 TRETJE NEVARNOSTNO OBMOČJE

»Je območje okoli delov pod napetostjo na razdalji, ki je manjša od varnostne razdalje.

Vstop v tretje nevarnostno območje je dovoljen v breznepetostnem stanju samo zaposlenim, ki:

- opravljajo zavarovanje mesta dela;
- izvajajo dela po zavarovanju mesta dela;
- izvajajo notranji in zunanji nadzor.

V tem območju je gibanje in delo posebej urejeno z dokumenti za varno delo.«

(ELES, d. o. o., 2019, str. 9)

2.3 DOKUMENTI ZA VARNO DELO

»Dela na elektroenergetskih objektih in elektroenergetskih postrojih ter na električnih napravah in opremi, napajani z napetostjo nad 1 kV, se izvajajo samo na osnovi predhodno izdanih dokumentov za varno delo.

Dokumenti za varno delo so pisni akti, ki določajo pripravo ali izvedbo del. Vsak dokument za varno delo mora vsebovati vse zahtevane podatke. Izpolnjen mora biti tako, da je skupini ali posamezniku, ki ga prejme, razumljiv. Prav tako morajo biti iz dokumentov razvidne odgovornosti v zvezi z delom.« (ELES, d. o. o., 2019, str. 11)

Dokumenti za varno delo so:

- delovni program,
- delovni nalog,
- dovoljenje za delo,
- obvestilo o prenehanju dela,
- fonogram (depeša).

Dokumenti za varno delo se izdajajo v potrebnem številu izvodov na zato namenjenih obrazcih ali kot računalniški izpis predpisanega besedila.

Dokumenti za varno delo se lahko predajajo:

- osebno;
- ustno preko govornih telekomunikacijskih zvez z vpisovanjem predpisane vsebine v določen obrazec in s preverjanjem besedila;
- v elektronski obliki z ustrezno programsko opremo, ki zagotavlja verodostojnost.

Vsebino dokumentov za varno delo sme spreminjati samo oseba, ki jih je izdala. Pri zahtevah za spremembo ukrepov za zavarovanje mesta dela in spremembah vodij del – vodij delovnih skupin – je potrebno za varno delo izdati nove dokumente.

V primeru izrednih dogodkov, kadar bi postopek izdaje delovnega programa in delovnega naloga predstavljal oviro za sicer nujni takojšni pričetek odprave posledic izrednega dogodka, je izjemoma dovoljeno opustiti izdajo delovnega programa in delovnega naloga. Obvezno pa se mora izdati dovoljenje za delo in obvestilo o prenehanju dela (ELES d. o. o., 2022).


2.3.1 DELOVNI PROGRAM

»Delovni program je dokument, s katerim se ureja celotna organizacija dela in se izdaja za vsa dela na elektroenergetskih postrojih, elektroenergetskih objektih, električnih napravah in opremi, pri kateri v istem časovnem terminu sodeluje več delovnih skupin.« (ELES, d. o. o., 2019, str. 11)

Delovni program mora vsebovati:

- naziv organizacijske enote družbe, kjer je izdan delovni program in datum izdaje delovnega programa;
- številko delovnega programa;
- predvideno trajanje del;
- navedbo postrojev, naprav, opreme, kjer se bodo dela izvajala, in kratek opis dela;
- priimke in imena odgovornih oseb za izdajo delovnih nalogov;
- priimke in imena vodij del – vodij delovnih skupin;
- priimek in ime koordinatorja del – odgovornega vodjo vseh programskih del;
- navedbo izklopnih mest;
- priimek in ime ali delovno mesto odgovorne osebe za izklop in vidno ločitev od napetosti ter ozemljitev;
- koordinatorja stikalnih manipulacij;
- priimek in ime ali delovno skupino ene ali več odgovornih oseb za preprečitev nehotenega ponovnega vklopa naprav za izklop in vidno ločitev od napetosti;
- navedbo, s kom je doseženo soglasje o delih;
- navedbo zunanjih sodelavcev, ki bodo sodelovali pri delih;
- navedbo posebnih določil v zvezi z deli;
- navedbo prejemnikov delovnega programa;
- podpise odgovornih oseb za sestavo in pregled ter odobritev delovnega programa.

Delovni program ne predstavlja samostojnega dokumenta za varno organizacijo dela, zato mu morajo obvezno slediti delovni nalogi (ELES d. o. o., 2022).



Organizacijska enota:

Datum:

DELOVNI PROGRAM št.:

V času od dne: ura predvidoma do dne: ura

je potrebno opraviti naslednja dela:

1. Postroj, naprava, oprema:
- Opis dela:
- Delovni nalog izda : Vodja del-vodja delovne skupine je:
2. Postroj, naprava, oprema:
- Opis dela:
- Delovni nalog izda : Vodja del-vodja delovne skupine je:
3. Postroj, naprava, oprema:
- Opis dela:
- Delovni nalog izda : Vodja del-vodja delovne skupine je:
4. Postroj, naprava, oprema:
- Opis dela:
- Delovni nalog izda : Vodja del-vodja delovne skupine je:
- Koordinator del - odgovorni vodja vseh programskih del je :

Za predvidena dela je postroj, napravo, opremo potrebno izklopiti in vidno ločiti od napetosti ter ozemljiti na naslednjih mestih:

.....

.....

In preprečiti nehoten ponovni vklop naprav za izklop in vidno ločitev od napetosti na vseh mestih ločitve od napetosti.

Odgovorna oseba za izklop in vidno ločitev od napetosti ter ozemljitev - koordinator strojalnih manipulacij je:

Odgovorne osebe za preprečitev nehotenega ponovnega vklopa naprav za izklop in vidno ločitev od napetosti so:

Soglasje je doseženo z:

Pri delu bodo sodelovali zunanji sodelavci:

Posebna določila :

Delovni program prejmejo :

Podrobnejši opis del je - ni priloga tega programa (ustrezno obkroži).

Program sestavi:

Program pregledal in odobril:

OBR K 7.5.P1_6

Slika 9 : Delovni program
(Vir: ELES, d. o. o., 2022)

2.3.2 DELOVNI NALOG


»Delovni nalog je dokument, ki podrobno določa organizacijo varnega dela posamezne delovne skupine in se izda vodji del – vodji delovne skupine.

Delovni nalog se izdaja za vsa dela na elektroenergetskih objektih, postrojih in električnih napravah, opremi in instalacijah visoke in nizke napetosti.«
(ELES, d. o. o., 2019, str. 12)

Delovni nalog mora vsebovati:

- naziv organizacijske enote družbe, kjer je bil izdan delovni nalog in datum izdaje delovnega naloga;
- številko delovnega naloga;
- predvideno trajanje dela;
- navedbo postroja, naprave, opreme, kjer se bodo dela izvajala, in opis dela;
- številko in datum delovnega programa (če je bil le-ta izdan);
- priimek in ime koordinatorja del – odgovornega vodje vseh programskih del (če je bil le-ta izdan);
- priimek in ime odgovorne osebe za izdajo dovoljenja za delo;
- priimek in ime vodje del – vodje delovne skupine;
- navedbo izklopnih mest;
- priimek in ime ali delovno mesto odgovorne osebe za izklop in vidno ločitev od napetosti ter ozemljitev;
- koordinatorja stikalnih manipulacij;
- priimek in ime ali delovno mesto ene ali več odgovornih oseb za preprečitev nehotenega ponovnega vklopa naprav za izklop in vidno ločitev od napetosti;
- navedbo zavarovalnih ukrepov na mestu dela ter dodatnih varnostnih ukrepov v zvezi z delom, ki jih mora izvesti pred začetkom dela vodja del – vodja delovne skupine;
- navedbo zunanjih sodelavcev, ki bodo sodelovali pri delih;
- navedbo posebnih določil v zvezi z deli;
- navedbo prejemnikov delovnega naloga;
- navedbo, ali je podrobnejši opis del priložen ali ne;
- podpise odgovornih oseb, ki so delovni nalog izdale, pregledale in prejele.

Delovni nalog izda pooblaščen osebja in mora biti podan tako, da je izvajalcu naloge razumljivo, kje in kaj mora opraviti in katera opravila vsebuje (ELES d. o. o., 2022).



Organizacijska enota: Datum:

DELOVNI NALOG št.:

V času od dne ura predvidoma do dne ura
 je na postroju, napravi, opremi

potrebno opraviti naslednje delo:

V zvezi z delovno nalogo je bil izdan Delovni program št.: z dne

Koordinator del – odgovorni vodja vseh programskih del je:

Vodja del – vodja delovne skupine je:

Koordinator manipulacij in zavarovalnih ukrepov je:

Za predvidena dela so obvezne naslednje manipulacije in zavarovalni ukrepi:

- izklop in vidna ločitev naprav od napetosti z vseh strani in ozemljitev naprav:
- preprečitev ponovne vklopitve naprav za izklop in vidno ločitev:

ter dodatni zavarovalni ukrepi na mestu dela:

- ugotovitev breznapetostnega stanja;
- ozemljitev in kratkostičenje naprav;
- ograditev mesta dela od delov, ki so pod napetostjo.

Dovoljenje za delo izda:

Obvestilo o prenehanju dela izda:

Dodatni varstveni ukrepi v zvezi z delom:

Pri delu bodo sodelovali zunanji sodelavci:

Posebna določila:

Delovni nalog prejme:

Podrobnejši opis del je – ni priloga tega naloga

Delovni nalog izdal: Delovni nalog pregledal: Delovni nalog prejel:

OBR 09.04.01_07

Slika 10: Delovni nalog
 (Vir: ELES, d. o. o., 2022)

2.3.3 DOVOLJENJE ZA DELO

»Dovoljenje za delo je dokument, ki se izda za vsa dela v breznapetostnem stanju in za vsa dela v bližini delov pod napetostjo, kadar se izvedejo kateri koli od petih varnostnih ukrepov (pet varnostnih pravil). Dovoljenje za delo izda pooblaščen osebni vodja del – vodja delovne skupine pred pričetkom dela, potem ko so izvedene stikalne manipulacije in zavarovalni ukrepi na mestih ločitve od napetosti.«

(ELES, d. o. o., 2019, str. 12)

Dovoljenje za delo mora vsebovati:

- naziv organizacijske enote družbe, kjer je bilo izdano dovoljenje za delo;
- navedbo postroja, naprave, opreme, kjer se bodo dela izvajala;
- številko in datum delovnega naloga, s katerim je delo določeno;
- izvedene stikalne manipulacije in zavarovalni ukrepi na mestih ločitve od napetosti (izklop in vidna ločitev naprav od napetosti z vseh strani, preprečitev ponovne vklopitve naprav za odklop in vidno ločitev, ugotovitev napetostnega stanja in ozemljitev naprav);
- posebna opozorila pooblaščen osebni za izdajo dovoljenja za delo v zvezi z deli, ki so pomembna za zagotavljanje varnosti pri delu pred nevarnostjo električnega toka na delovišču;
- navedbo zavarovalnih ukrepov na mestu dela ter dodatnih varnostnih ukrepov v zvezi z delom, določenih z delovnim nalogom, ki jih mora izvesti pred začetkom dela vodja del – vodja delovne skupine;
- opozorilo, da so ostali deli postroja v obratovalnem stanju in da je dotikanje ali prihajanje v njihovo bližino življenjsko nevarno;
- kraj, datum in uro izdaje dovoljenja za delo;
- način izdaje dovoljenja za delo (osebno, telefon, faks, e-pošta, radio zveza);
- podpis pooblaščen osebni, ki je dovoljenje za delo izdala in podpis pooblaščen osebni (vodje del – vodje delovne skupine), ki je dovoljenje za delo prejela (ELES d. o. o., 2022).

Organizacijska enota:

DOVOLJENJE ZA DELO št.: 01079 /

na postroju, napravi, opremi

Delo je določeno z delovnim nalogom št.: z dne

Izvedene stikalne manipulacije in zavarovalni ukrepi na mestih ločitve od napetosti:

1. izklop in vidna ločitev naprav od napetosti z vseh strani,
2. preprečitev ponovne vklopitve naprav za odklop in vidno ločitev,
3. ugotovitev breznapetostnega stanja,
4. ozemljitev naprav na mestih ločitve od napetosti;

Posebna opozorila:

Pred začetkom dela vodja del – vodja delovne skupine zagotovi izvedbo naslednjih zavarovalnih ukrepov na mestu dela:

- ugotovitev breznapetostnega stanja,
- ozemljitev in kratkostičenje naprav,
- ograditev mesta dela od sosednjih delov, ki so ostali pod napetostjo,

in dodatnih varstvenih ukrepov v zvezi z delom, določenih z delovnim nalogom.

OSTALI DELI POSTROJA SO V OBRATOVALNEM STANJU! DOTIKANJE ALI PRIHAJANJE V NJIHOVO BLIŽINO JE ŽIVLJENJSKO NEVARNO!

Dovoljenje izdano v dne ob uri

Način izdaje (ustrezno označi): osebno - telefon - telefax - radiozveze

Dovoljenje za delo izdal:
(ime in priimek)
.....
(podpis)

Dovoljenje za delo prejel:
(ime in priimek)
.....
(podpis)

*Slika 11: Dovoljenje za delo
(Vir: ELES, d. o. o., 2022)*

2.3.4 OBVESTILO O PRENEHANJU DELA

Vodja del oziroma vodja delovne skupine izda obvestilo o prenehanju dela. Obvestilo vodja del izda pooblaščenim osebam za izdajo dovoljenja za delo po končanem delu ali prekinitvi dela.

Obvestilo o prenehanju dela mora vsebovati:

- izjavo vodje del – vodje delovne skupine, da so dela na postroju, opremi oziroma napravi, za katera je bilo izdano dovoljenje za delo, končana;
- izjavo vodje del – vodje delovne skupine, da je material, orodje in drugi predmeti, prenosne naprave za ozemljitev in kratkostično povezavo naprav na mestu dela ter ostala sredstva in oprema za zavarovanje mesta dela odstranjeni iz postroja, opreme, naprave, da so iz nevarne bližine postroja, naprave, opreme odstranjeni tudi vsi delavci, ki so dela opravljali pod njegovim vodstvom ter da so delavci opozorjeni, da morajo ravnati z njimi, kot da so pod napetostjo;
- kraj, datum in uro izdaje obvestila o prenehanju dela;
- način izdaje obvestila o prenehanju dela (osebno, telefon, e-pošta, faks, radio zveza);
- podpis pooblaščenega osebe, ki je obvestilo o prenehanju dela prejela.

Obvestilo o prenehanju dela se nahaja na istem listu kot dovoljenje za delo (ELES d.o.o., 2022).

Obvestilo o prenehanju dela

Delo na postroju, opremi, napravi, za katero je bilo izdano dovoljenje za delo št.: 01079 /
(št. nasprotnega dokumenta)

je končano.

Material, orodje in drugi predmeti, prenosne naprave za ozemljevanje in kratkostično povezavo naprav na mestu dela ter ostala sredstva in oprema za zavarovanje mesta dela so odstranjeni iz postroja, opreme, naprave. Iz nevarne bližine postroja, opreme, naprave so se odstranili tudi vsi delavci, ki so opravljali delo pod mojim vodstvom. Opozorjeni so, da morajo ravnati z njimi, kot da so pod napetostjo!

Obvestilo izdano v dne ob uri

Način izdaje (ustrezno označi): osebno - telefon - telefax - radiozveze

Obvestilo o prenehanju dela izdal:
.....
(ime in priimek)
.....
(podpis)

Obvestilo o prenehanju dela prejel:
.....
(ime in priimek)
.....
(podpis)

Slika 12: Obvestilo o prenehanju dela
(Vir: ELES, d. o. o., 2022)

2.3.5 FONOGRAM (DEPEŠA)


»Fonogram (depeša) je dokument, ki služi za dajanje pisnih zahtevkov, potrditev in sporočil v zvezi z organizacijo varnega dela med zato pooblaščenimi osebami, preko govornih telekomunikacijskih zvez z obojestranskim preverjanjem teksta, vpisnega v fonogramski blok oziroma depešno knjigo.

S fonogramom oz. depešo pooblaščene osebe zahtevajo ali potrdijo izvedbo stikalnih manipulacij in zavarovalnih ukrepov, predvidenih z dokumenti za varno delo, sporočijo konec z dokumenti za varno delo določenih del ter stanje postroja, naprave oz. opreme.«

(ELES, d. o. o., 2019, str. 13)

Fonogram oz. depeša mora vsebovati:

- številko oddajalca in sprejemalca;
- datum in točen čas oddaje in sprejema;
- ime družbe (organizacijske enote družbe), ki oddaja in prevzema fonogram (depešo);
- kratko in jasno vsebino fonograma (depeše);
- priimek in ime osebe, ki je fonogram oz. depešo oddala ter priimek in ime osebe, ki je fonogram (depešo) sprejela (ELES d. o. o., 2022).



FONOGRAM št. N° 007144 / (št. nasprotnega)

Fonogram Priimek in

Fonogram Priimek in

Datum: Ura

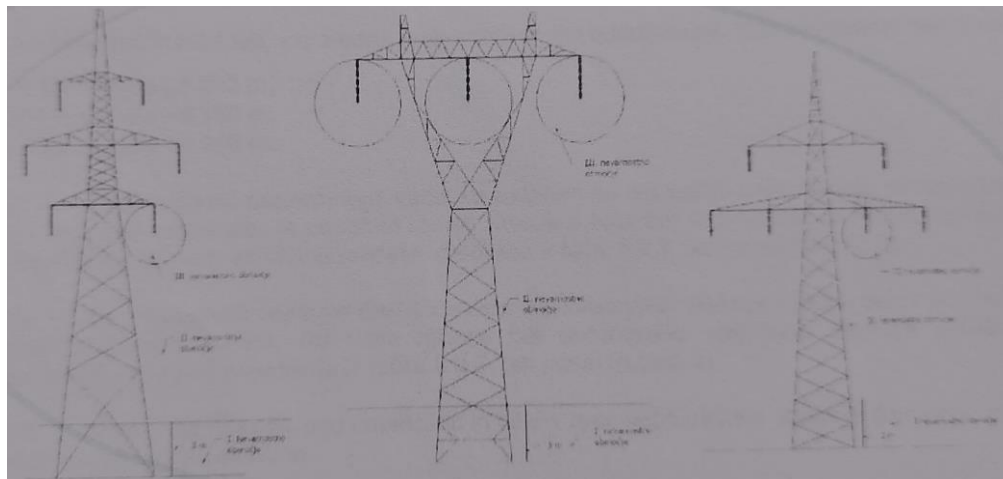
Vsebina:

Podpis:

Slika 13: Fonogram oziroma depeša
(Vir: ELES, d. o. o., 2022)

3 DELO NA NADZEMNIH VODIH

3.1 NEVARNOSTNA OBMOČJA NADZEMNIH VODOV



Slika 14: Nevarnostna območja nadzemnih vodov
(Vir: ELES, d. o. o., 2022)

1. **(prvo)** nevarnostno območje obsega del oziroma območje nadzemnega voda (konstrukcije stebra), do višine 3 m od tal. (ELES d. o. o., 2022)
2. **(drugo)** nevarnostno območje obsega del oziroma območje nadzemnega voda (konstrukcije stebra) nad 3 m od tal do varnostne razdalje približevanja delom nadzemnega voda pod napetostjo. Pri delu mora biti, glede na nazivno napetost, upoštevana najmanjša varnostna razdalja približevanja delom pod napetostjo (ELES d. o. o., 2022)

Tabela 1: Najmanjša varnostna razdalja približevanja delom pod napetostjo, glede na nazivno napetost pri delih na vodih

| Nazivna napetost | Varnostna razdalja |
|-------------------|--------------------|
| Do 1000 V | 800 mm |
| Nad 1 do 10 kV | 1200 mm |
| Nad 10 do 35 kV | 1500 mm |
| Nad 35 do 110 kV | 2000 mm |
| Nad 110 do 220 kV | 3000 mm |
| Nad 220 do 400 kV | 4000 mm |

(Vir: ELES, d. o. o., 2022)

3. (tretje) nevarnostno območje obsega del oziroma območje nadzemnega voda v bližini delov pod napetostjo na razdalji, ki je enaka ali manjša od razdalje od delov pod napetostjo. Pri delu mora biti upoštevana najmanjša varnostna razdalja približevanja delom pod napetostjo, glede na nazivno napetost. Glej tabelo 1. (ELES d. o. o., 2022).

3.2 DELA V NEVARNOSTNIH OBMOČJIH

Prvo nevarnostno območje: V prvem nevarnostnem območju nadzemnega voda, ko je pod napetostjo, se lahko ob upoštevanju splošnih varnostnih ukrepov izvaja privijanje matic na spojnih elementih stebra, zamenjava spojnih elementov, napenjanje sider, ravnanje zemlje okrog temelja stebra z ročnim orodjem, čiščenje trave in grmovja ob temelju stebra, ugotavljanje stopnje korozije in sanacije ozemljil, nameščanje opozorilnih tablic, oštevilčenje stebrov, popravila betonskih temeljev, premazi in barvanje stebrov in podobno.

Pri sekanju vej in drevja v bližini nadzemnega voda, ki je pod napetostjo, morajo biti med drevesom in vodniki zagotovljene varnostne razdalje.

Tabela 2: Najmanjša varnostna razdalja približevanja delom pod napetostjo, glede na nazivno napetost pri gradbenih in drugih ne elektrotehniških delih

| Nazivna napetost | Varnostna razdalja |
|-------------------------|---------------------------|
| Do 1000 V | 1000 mm |
| Nad 1 do 110 kV | 3000 mm |
| Nad 110 do 220 kV | 4000 mm |
| Nad 220 do 400 kV | 5000 mm |

(Vir: ELES, d. o. o., 2022)

Veje in drevje se sekajo na način, ki je določen s predpisi, ki urejajo varno delo v gozdarstvu.

Drugo nevarnostno območje: V drugem nevarnostnem območju nadzemnega voda je z vzpenjanjem po konstrukciji stebra nadzemnega voda (do meje s tretjim nevarnostnim območjem) dovoljeno izvajati naslednja dela z uporabo ročnega orodja:

- barvanje kovinskih delov konstrukcije trupa stebra,
- privijanje matic na spojnih elementih konstrukcije trupa stebra,
- zamenjavo spojnih elementov konstrukcije trupa stebra.

Pri delih, ki jih v drugem nevarnostnem območju nadzemnega voda izvajajo delavci zunanjih izvajalcev, mora biti jasno označena meja med drugim in tretjim

nevarnostnim območjem. Med delom označene meje z deli telesa ali orodjem ni dovoljeno presegati.

Tretje nevarnostno območje: Kadar je nadzemni vod pod napetostjo, je z vzpenjanjem po konstrukciji stebra nadzemnega voda v drugem nevarnostnem območju dovoljeno izvajati:

- vizualni pregled stanja nadzemnega voda in
- pregled držal zaščitne vrvi.

Pri tem morajo biti zagotovljene varnostne razdalje približevanja delom nadzemnega voda pod napetostjo, delavec pa mora biti vpet v fiksni varovalni sistem stebra nadzemnega voda. Glej tabelo 1.

3.3 DELO NA VIŠINI

Višinsko delo je resno nevarno in hitro se lahko pripeti huda delovna nesreča. Če se delavci, ki so izpostavljeni delu na višini pravilno varujejo in uporabljajo predpisano opremo, lahko to nevarnost bistveno zmanjšajo. Uporaba predpisane opreme in varovanje sta obvezna. Osebno varovalno opremo letno pregledujejo pooblašene institucije.

3.3.1 OBVEZNA VAROVALNA OPREMA ZA DELO NA VIŠINI:

Obvezno varovalno opremo za delo na višini sestavljajo:

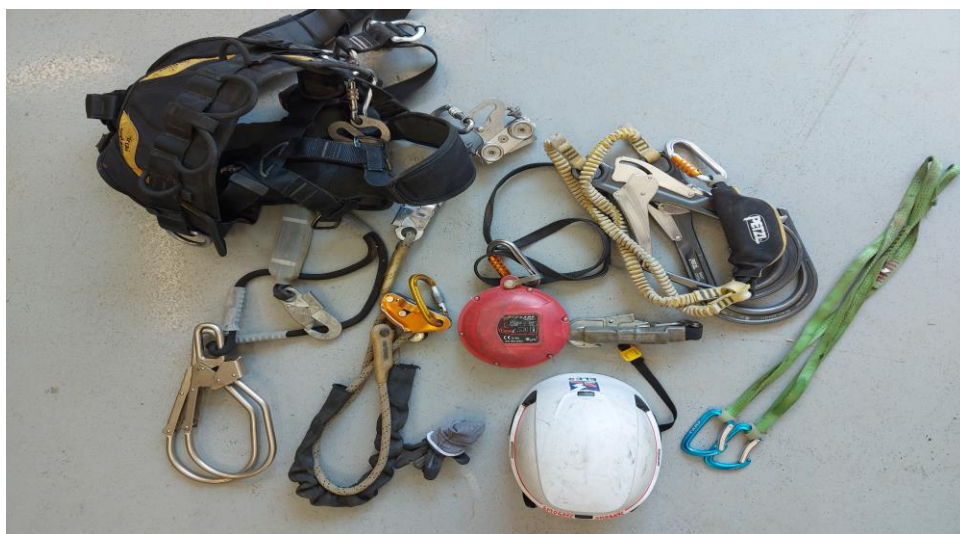
- čelada,
- plezalni pas,
- Y vrv z jeklenimi vponkami,
- samo-navijalna naprava,
- pozicijska vrv,
- drsnik za FVS.



*Slika 15: DV vzdrževalec z OVO za delo na nadzemnih vodih
(Lastni vir)*

Čelada vzdrževalce daljnovodov varuje pred morebitnimi udarci v glavo. S plezalnim pasom in Y-vrvjo se vzdrževalci daljnovodov varujejo pred morebitnim padcem. Z Y-vrvjo so na eni strani vpeti na plezalni pas, na drugi strani pa so z obema vponkama pripeti na konstrukcijo stebra. Z uporabo plezalnega pasu in Y-vrvi so vzdrževalci daljnovodov pri delu na višini ves čas varovani, saj jih ob pripenjanju z enega dela konstrukcije na drugega vedno varuje ena od vponk (ELES d. o. o., 2022).

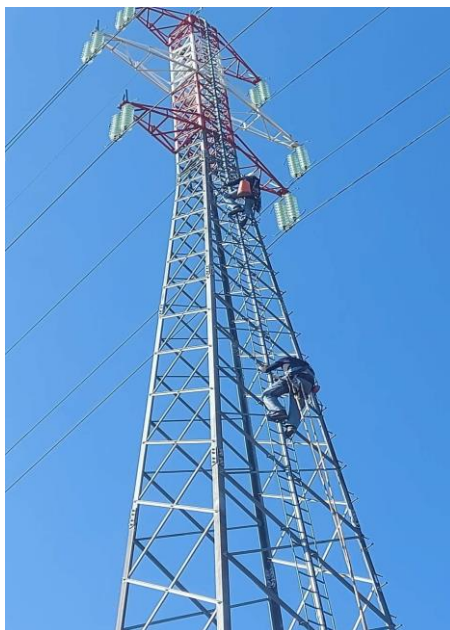
Samo-navijalna varovalna naprava je namenjena delu na višini, saj vzdrževalca kljub gibanju v območju 6 metrov varuje pred padcem. En del samo-navijalne naprave je vpet na plezalni pas vzdrževalca, drugi del pa na konstrukcijo stebra. Deluje tako, da se v primeru padca zablokira kot varnostni pas v avtomobilu, s čimer prepreči padec (ELES d. o. o., 2022).



Slika 16: OVO
(Lastni vir)

3.3.2 VZPENJANJE NA DV PO FVS

Fiksni varovalni sistem na stojnih mestih daljnovoda monterjem zagotavlja varovanje pri vzpenjanju na mesto dela, pregleda ali reševanja v primeru nezgod pri delu na višini. Preden se monter povzpne po FVS, mora odstraniti obežanko in varnostni zapah na vratih fiksnega varovalnega sistema. Vsa stojna mesta so tako zavarovana pred nepooblaščenim dostopom na steber. Monter nato v lestev z ustreznim utorom vstavi drsnik, ki je namenjen drsenju po utoru lestve. V primeru zdrsa monterja se le-ta zaskoči in varuje delavca pred padcem iz višine. Ko delavec prispe do mesta, kjer se je potrebno ločiti od drsnika, ga pusti v plezalnem sistemu. Delavec pri premikih in delih na višini v nobenem trenutku ni brez varovanja. Ko delavec zapušča stojno mesto, postopek ponovi v obratnem vrstnem redu.



Slika 17: Vzpenjanje vzdrževalca po FVS
(Lastni vir)



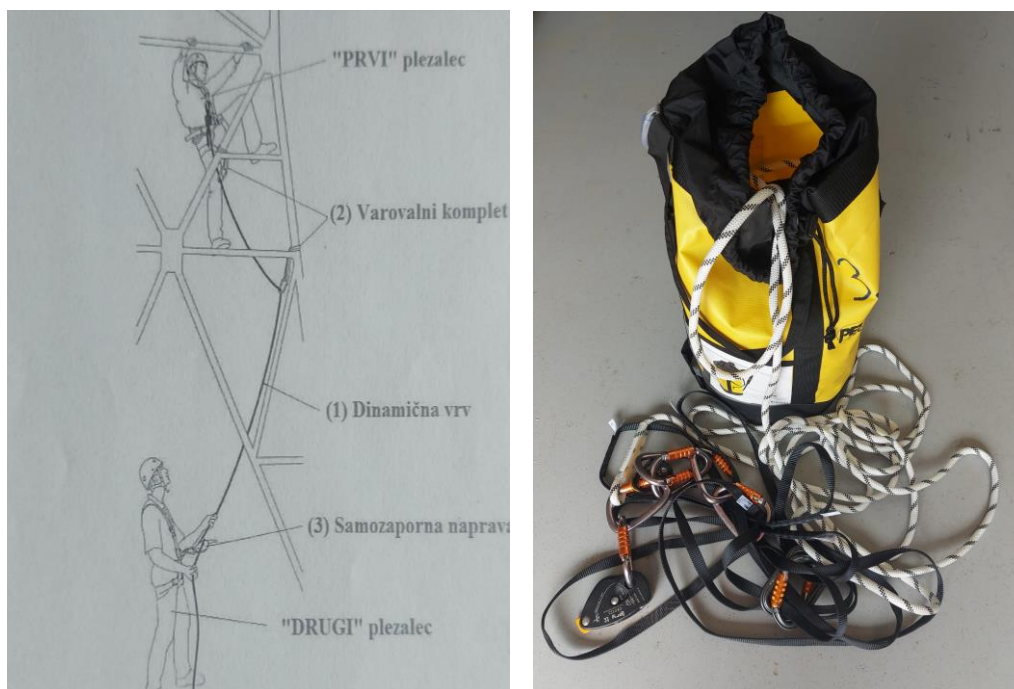
Slika 18: FVS in drsnik za varovanje
(Vir: Endal katalog pdf, 2020)

3.3.3 VZPENJANJE NA DV S POMOČJO VAROVALNEGA KOMPLETA

Za ta način vzpona na stojno mesto sta potrebna dva delavca. Oba morata imeti na sebi osebno varovalno opremo. Prvi plezalec vzame dinamično vrv, ki si jo pritrdi v prsni del delovnega pasu. Drugi plezalec varuje prvega preko samozaporne naprave, ki jo vpne na svoj pas ali pa jo pripne na konstrukcijo stebra, približno na višini enega metra. Ko se prvi vzpenja po konstrukciji, na približno vsake tri metre pripne komplet na konstrukcijo in vanjo vstavi dinamično vrv. Drugi počasi popušča

dinamično vrv in pazi, da je skozi rahlo napeta, saj tako v primeru padca takoj aktivira samozaporno varovalo. Komplet je primeren za varovanje pri vzpenjanju na steber in pri sestopu iz njega. Na samem mestu dela pa se mora delavec varovati s pozicijsko vrvo, ki je sestavni del vsakega kompleta osebne varovalne opreme.

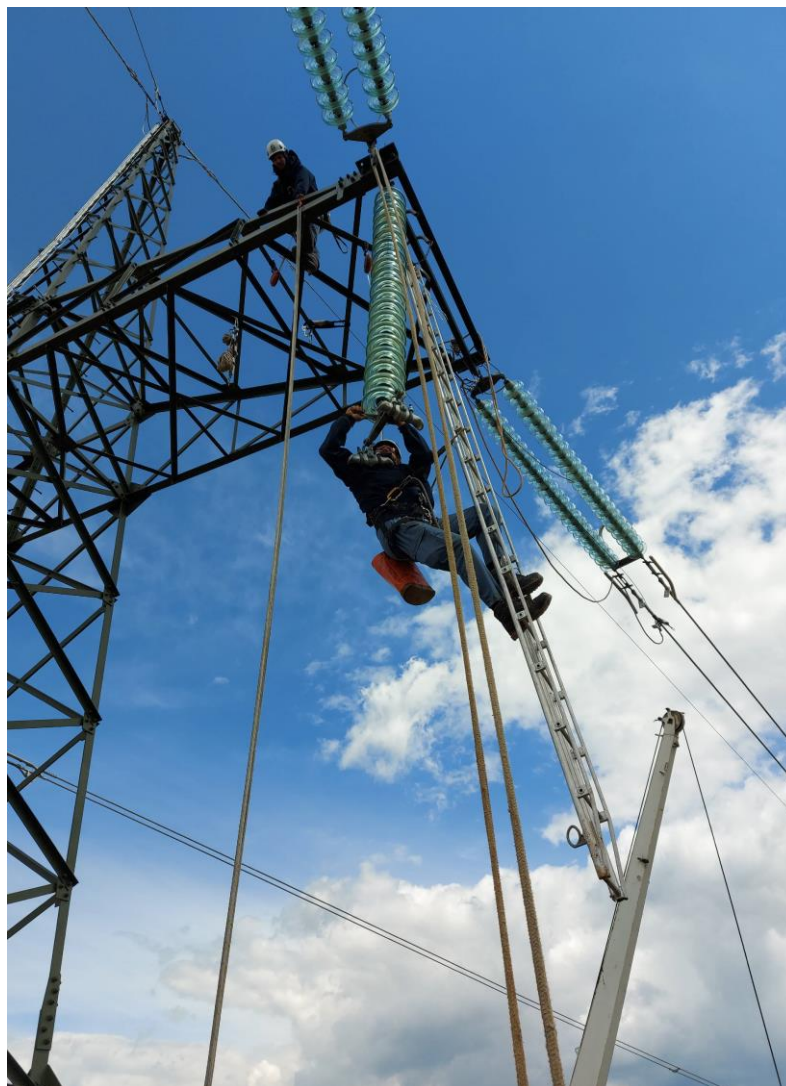
Če gre nato na konstrukcijo še en delavec, mora prvi spustiti dinamično vrv na tla preko najvišjega sidrišča. Tako je delavec varovan od tal pa do vrha konstrukcije oziroma do najvišjega sidrišča. Pri sestopu prvi od vrha navzdol pobira sidriščne zanke in je tako varovan enako kot pri vzpenjanju.



Slika 19: Vzpenjanje na DV s pomočjo varovalnega kompleta in varovalni komplet
(Vir: ELES, d. o. o., 2022; Lastni vir)

3.3.4 DELO NA OBEŠALNI LESTVI

Zaradi specifik del na daljnovodnih stojnih mestih se za nekatere operacije uporabljajo tudi za to posebej narejene obešalne lestve. Uporabljamo jih lahko le na način, kot to zahtevajo navodila za njihovo uporabo. Delavci, ki delajo na obešalni lestvi, se morajo vedno varovati s privezom na konstrukcijo stebra. Najlažji način varovanja, in pogosto uporabljen v praksi pri delu na daljnovodnem stebri, je varovanje monterja s samo-navijalno varovalno napravo. Lestev mora biti izdelana v skladu s predpisi in biti predhodno testirana in redno pregledana, delodajalec pa mora o tem hraniti dokumentacijo.



*Slika 20: Delo vzdrževalca na obešalni lestvi
(Lastni vir)*

3.3.5 DELO V DELOVNI KOŠARI

Pri delu na nadzemnih vodih je narava dela takšna, da si lahko delo v veliko primerih olajšamo z delovno košaro. Pri delu v košari moramo vedno uporabljati osebno varovalno opremo. Košara mora biti namensko narejena za prevoz oseb. Košaro vedno upravlja za to usposobljena oseba. Pri dviganju ali spuščanju košare v njej ne sme biti ostrih ali šilastih predmetov. Pri vstopu v košaro mora biti poskrbljeno za varen vstop in sestop. Košaro moramo postaviti na stabilno, dovolj veliko in zavarovano površino. Delavcem je delo iz košare dovoljeno izvajati samo tako, da je delavec vedno privezan z varnostnim pasom na stabilni del košare in v zato zagotovljen kavelj za varovanje. V košari mora biti, za primer nepredvidene ustavitve dvigala, vedno prisotna vrv za dvig vrvne lestve ali reševalnega kompleta.

Dolžina vrvi mora biti tolikšna, da pri maksimalnem raztegu dvigala doseže tla. Košara mora biti izdelana v skladu s predpisi in biti predhodno testirana in redno pregledana, delodajalec pa mora o tem hraniti dokumentacijo (ELES d. o. o., 2022).



*Slika 21: Delo v delovni košari
(Lastni vir)*

Za pravilno in varno delo s transportnimi napravami si je potrebno pridobiti ustrezno tehnično znanje, spoznati je potrebno vse nevarnosti, ki pretijo pri delu, in to za vsako transportno napravo posebej. Še pomembneje pa je, da vemo, kako se nevarnostim izognemo.

Transportne naprave so stroji, ki dvigajo, predstavljajo, prenašajo in prevažajo kosovni, sipki ali kakršen koli drugi material ter osebe oziroma ljudi. Oblika in konstrukcija transportnih naprav sta zmeraj odvisna od materiala, ki ga želimo prevažati. Tako je v razvoju tehnike nastala vrsta transportnih naprav, ki jih redno uporabljamo tako v notranjem kot tudi v zunanjem transportu.

Cilj sodobne transportne tehnike je v nenehnem izpopolnjevanju transportnih naprav in v prenosu čim večjega števila človekovih opravil na razne stroje, stremenje za čim krajšim in čim varnejšim prenosom različnega blaga.

4 DV 110 KV BRESTANICA–HUDO

Po udaru helikopterja 20. 5. 2021 smo vzdrževalci ELES-a morali hitro ukrepati in vzpostaviti ponovno povezavo električne energije. V čim krajšem roku smo želeli vzpostaviti in zagotoviti obratovanje DV 110 kV Brestanica–Hudo in zagotoviti zanesljivo napajanje EES iz TE Brestanica.

4.1 SPLOŠNO O DALJNOVODU

Daljnovid TE Brestanica–RTP Hudo je bil zgrajen leta 1959. DV se usmeri od TE Brestanica proti jugozahodu. DV na svoji poti križa različne objekte, kot so zgradbe, ceste drugega, tretjega in četrtega reda, daljnovode nizke napetosti, železniško progo in industrijski tir.

DV je zgrajen z železnimi enosistemskimi drogovi, iz profilov kotnega železa in prenapetih diagonal, oblika glave drogov je jelka. Drogovi so nameščeni v razčlenjene betonske temelje. Drogovi so narejeni po načrtih podjetja Energoinvest iz Sarajeva. Na daljnovodu so montirani tokovodniki Al Fe 150/25 mm², maksimalni nateg je 88 N/mm².

Zaščitna vrv je Fe 50 mm² in je montirana na drogovih od SM 1 do 50. Maksimalni nateg zaščitne vrvi je 235 N/mm². Ozemljena je preko konstrukcije drogov, s pocinkanim valjancem. Ozemljitev je površinska, narejena s pocinkanim valjancem. Tokovodniki so obešeni na izolatorske verige, ki so sestavljene iz izolatorjev U-120. Izolatorske verige so pred prenapetostmi zavarovane z rogljiči.

Daljnovid ima na vsakem stojnem mestu opozorilno tablico. Opozorilne tablice so nameščene na vseh drogovih v višini 2,5 m (ELES d. o. o., 2022).

4.2 OPIS UDARA HELIKOPTERJA

Dne 20. 05. 2021 je ob 11.27 uri prišlo do naleta španskega vojaškega helikopterja v daljnovid DV 110 kV Brestanica–Hudo, ki je utrpel hude mehanske poškodbe, in sicer pretrg vseh treh faznih vodnikov. Daljnovid je zaradi trifaznega kratkega stika na ohišju helikopterja izpadel. Vodniki, ki jih je helikopter pretrgal, so padli v reko Savo in tudi na električno omrežje glavne železniške proge Zidani Most–Dobava, kjer je bil povzročena kratek stik na omrežju železnice. Pretrgani vodniki so poleg železnice in reke Save padli še na dve lokalni cesti in na magistralno cesto Sevnica–Krško. Poškodovani helikopter je zasilno pristal nižje na polju ob reki Savi. Takoj po obvestilu o okvari na daljnovodu iz OCV Beričevo se je na teren odšlo z namenom, da se čimprej vzpostavijo zavarovalni ukrepi in da se sprosti promet po

železniški progi ter magistralni cesti. Ob prihodu na kraj poškodbe daljnovoda se je šele videla razsežnost okvare in po dovoljenju policije in preiskovalcev letalske nesreče so vzdrževalci lahko začeli odstranjevanje pretrganih vodnikov iz območja ceste in železniške proge.

Takoj se je pristopilo k sanaciji stanja. Z načrtovanjem varovanja železnice in ceste na kratke zapore se je sam čas sanacije skrajšal. Angažirani so bili gradbeniki, ki so nemudoma pričeli z urejanjem dostopne poti in delovnega platoja za potrebe delovne mehanizacije, potrebne za namestitev novih vodnikov. Organiziral se je prevoz in montaža betonskih kock in lesenih drogov za varovanje ceste in železnico ter napetja varovalne mreže čez železniško progo. Takoj po dogodku se je izvedel tudi strokovni pregled kovinskih delov konstrukcije daljnovodnih stebrov na stojnih mestih 7 in 8. Na pregledu je bilo ugotovljeno, da konstrukcija daljnovoda na stojnih mestih 7 in 8 ni poškodovana. Namestitev novih vodnikov se je s sodelovanjem delavcev in združitvijo mehanizacije iz vseh centrov za infrastrukturo prenosnega omrežja izvedla v lastni režiji. Izvedba del je bila kljub številnim varnostnim ukrepom izjemno zahtevna, saj je bilo prisotno tveganje, da vodnik med nameščanjem po nesreči ponovno pade na cesto ali železnico. Daljnovodna razpetina, kjer so se izvajala sanacijska dela, je dolga 480 m, križa reko Savo, glavno dvotirno elektrificirano železniško progo Zidani Most–Dobova, magistralno cesto in dve lokalni cesti. Za pomoč pri prevozu z motornim čolnom so bili angažirani tudi gasilci iz Krškega. (ELES d. o. o., 2022)

4.3 NAMENSKI CILJI SANACIJE

Namenski cilji projekta so bili v čim krajšem možnem času ponovno vzpostaviti neprekinjeni prenos električne energije. Da se je lahko to zagotovilo, je bilo potrebno zamenjati vodnike med stojnim mestom 7 in stojnim mestom 8.

Namenski cilji:

- sanacija DV 110 kV Hudo–Brestanica med SM 7 in SM 8;
- zagotoviti obratovanje DV 110 kV Hudo-Brestanica;
- zagotoviti zanesljivo napajanje EES iz TE Brestanica.

4.4 GRADBENA DELA

Pri sanaciji poškodovanega daljnovoda so bili nepogrešljiv člen verige tudi gradbeniki, ki so uredili vozni dostop za potrebno mehanizacijo, ki smo jo potrebovali pri montaži novega vodnika. Zraven prometne magistralne ceste so naredili uvoz pod traso in dobro utrdili podlago, ki je bila nujno potrebna za postavitve kamiona, na katerem je bila nameščena delovna košara. Cesto smo izkoristili tudi za postavitve vlečne naprave, s katero smo razvlekli novi vodnik čez

traso

daljnovoda.



Slika 22: Urejeni delovni plato za potrebno delovno mehanizacijo
(Lastni vir)

4.5 KRIŽANJE ŽELEZNICE ZIDANI MOST-DOBOVA

Pri delih, ki zahtevajo spuščanje ali dvigovanje vodnika v razpetini, ki prečka železniško progo, je treba predhodno doseči pisni dogovor s pristojnim železniškim transportnim podjetjem o začasni ustavitvi železniškega prometa. Pri teh delih mora biti obvezno prisoten tudi predstavnik pristojnega železniškega podjetja. Z deli je dovoljeno pričeti šele po prejemu pisnega obvestila od pristojnega železniškega podjetja (ELES d. o. o., 2022).

V naši obravnavani razpetini, ki je dolga 482 m, DV križa el. železniško progo v kotu križanja 88° . Na SM 7 in SM 8 sta nameščeni izolatorski verigi z izolatorji U120. Železnica je od SM 7 oddaljena 202 m, od SM 8 pa 274 m. Varnostna višina znaša 25,5 m. Pri prenosu novih daljnovodnih žic smo morali zavarovati železniško progo pred morebitnim ponovnim padom žic na progo. Železniško progo smo zavarovali s pomočjo lovilne mreže, ki smo jo namestili nad progo in jo napeli med lesenimi drogovi.



Slika 23: Lovilna mreža nad železniško progo
(Lastni vir)

4.6 KRIŽANJE REKE SAVE

Daljnovid 110 kV Brestanica–Hudo križa med SM 7 in SM 8 reko Savo. V polju križanja reke Save so vodniki napeti s silo 54 N/mm². Pritrjeni so na dvojno pojačano izolatorsko verigo. Daljnovid križa reko Savo pod kotom 88°. Oddaljenost reke Save do SM 7 je 230 m, do SM 8 pa 165 m. Varnostna višina pa znaša 29 m. Pri montaži novega vodnika so nam pomagali gasilci, ki so vodilno vrv čez reko Savo prepeljali s pomočjo gasilskega motornega čolna.



*Slika 24: Križanje reke Save in prenos vodilne vrvi s čolnom
(Lastni vir)*

4.7 KRIŽANJE JAVNIH CEST

Pri delih na vodih, ki zahtevajo spuščanje vodnika v razpetini, ki prečka javno cesto, je potrebno v dogovoru s pristojnim cestnim podjetjem ustaviti oziroma ustrezno zavarovati javni promet. Dogovor mora biti sklenjen v pisni obliki. Pri nujni intervenciji se vnaprejšnji pisni dogovor lahko opusti, vendar mora izvajalec del o intervenciji obvestiti upravljalca ceste in policijo, da po potrebi zagotovijo javno varnost v cestnem prometu. Pred pričetkom del je potrebno del ceste, na katerem se bodo dela izvajala, označiti z ustreznimi prometnimi znaki (ELES d. o. o., 2022).

Ob magistralni cesti Sevnica–Krško smo delavci ELES-a postavili betonske bloke in vanje namestili lesene drogove, ki so služili za varovanje ceste pri morebitnem ponovnem padcu vodnika na tla med montažo. S cestnim podjetjem smo bili dogovorjeni tudi za krajše cestne zapore, ki so jih delavci CGP Krško izvajali v skladu z predpisi v Pravilniku o zaporah na cestah.



*Slika 25: Križanje DV z magistralno cesto Sevnica–Krško in varovanje
(Lastni vir)*

5 POMEMBNI DELOVNI POSTOPKI PRI SANACIJI PO POŠKODBI

Pri popravilu poškodovanega daljnovoda smo razvlekli tri nove žice daljnovoda. Da smo to lahko storili, smo uporabili posebej za to namenjen vitel in hidravlično vlečno napenjalno napravo. Ko smo daljnovodne žice razvlekli po trasi, smo nanje stisnili končne kompresijske in nadaljevalne kompresijske sponke za večplastne vodnike. Za delo na vitlu in hidravlični vlečni napravi mora biti vzdrževalec posebej usposobljen. Pri sanaciji smo uporabili veliko različnih tehnik dela, orodja in opreme. V nadaljevanju sta opisana dva postopka, ki sicer pri drugih rednih vzdrževalnih delih nista tako pogosta.

5.1 RAZVLEK NOVEGA VODNIKA



Slika 26: Vitel pri SM 7
(Lastni vir)

Ko so vzdrževalci odstranili pretrgane vodnike in namestili lovilno mrežo nad elektrificirano železniško progo ter zavarovali cesto, smo lahko pričeli z nameščanjem novega vodnika v razpetini med stojnima mestoma 7 in 8. Najprej smo morali čez celotno razpetino razviti vrv do delovnega platoja, ki so ga pred začetkom sanacije pripravili gradbeniki. Vrv smo po obrežju med SM 8 in železniško progo prepeljali s pomočjo koluta, nameščenega na strelovodno vrv in dodatne vrvi, s katero smo počasi spuščali glavno vodilno vrv po razpetini. Ko smo vrv po strelovodni zaščitni vrvi prepeljali do železnice, smo jo spustili nad železnico preko lovilne mreže do reke Save. Na obrežju reke je vzdrževalec vrv predal gasilcem v motorni čoln, ki so vrv prepeljali čez reko do drugega brega. Tam je drugi vzdrževalec vrv povlekel do ceste, kjer smo jo s pomočjo servirne vrvi in servirnega koluta dvignili čez varovanje ob magistralni cesti. Vrv smo spojili s pleteno jeklenico in s pomočjo vitla prenesli jeklenico nazaj do SM 8. Tam smo pleteno jeklenico ločili od vodilne vrvi in jeklenico spojili z novim vodnikom Al Fe 150/25 mm² in ga nato v obratni smeri prenesli nazaj čez železnico in reko Savo do SM 7 s pomočjo vitla. Takšen postopek smo ponovili za vse tri daljnovodne žice, ki smo jih zamenjali. Vsaka od njih je bil dolga skoraj 600 m. Pri montaži novega vodnika smo morali vzdrževalci uporabiti vse svoje znanje in razpoložljivo opremo. Za montažo novega

vodnika je bilo uporabljenega veliko ročnega in tudi strojnega orodja. Ko smo po dolžini napeljali vodnik, smo na zateznem stebru številka 8 namestili končno kompresijsko sponko za večplastne vodnike. Pri stojnem mestu 7 pa smo namestili nadaljevalno kompresijsko sponko za večplastne vodnike.



Slika 27: Mehанизacija za razvlek vodnika pri SM 8
(Lastni vir)

5.2 NAVODILA ZA KONČNO IN NADALJEVALNO KOMPRESIJSKO SPONKO ZA VEČPLASTNE VODNIKE

Podatki za kompresijske sponke vodnikov Al/Fe

| Zap. Št. | Nazivni presek v mm | Premer cevi Al zunaj/notri | PREMER VODNIKA | | PRESEK VODNIKA | | | VLOŽKI KOMPRESIJSKE SPONKE | |
|----------|---------------------|----------------------------|---------------------|------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-------|
| | | | Komplet vodnik v mm | jeklo v mm | Aluminij mm ² | Jeklo mm ² | Skupaj Al/Fe mm ² | Široki in ozki | |
| | | | | | | | | za Al | za Fe |
| 1 | 95/15 | 26/15 | 13,6 | 5,01 | 94,4 | 15,3 | 109,7 | 25 | 11 |
| 2 | 95/55 | 34/23,5 | 16,0 | 9,6 | 96,5 | 56,3 | 152,8 | 34 | 19 |
| 3 | 120/20 | 30/17,0 | 15,5 | 5,7 | 121,6 | 19,8 | 141,4 | 30 | 13 |
| 4 | 120/70 | 42/26,5 | 18,0 | 10,8 | 122,0 | 21,3 | 193,3 | 42 | 21 |
| 5 | 150/25 | 34/18,5 | 17,1 | 6,31 | 148,9 | 24,2 | 173,1 | 34 | 13 |
| 6 | 170/40 | 34/20 | 18,9 | 8,1 | 171,8 | 40,1 | 211,9 | 34 | 17 |
| 7 | 185/30 | 34/20,5 | 19,0 | 6,99 | 183,8 | 29,8 | 213,6 | 34 | 15 |
| 8 | 240/40 | 38/23 | 21,9 | 8,04 | 243,0 | 39,5 | 276,14 | 38 | 17 |
| 9 | 360/60 | 46/28 | 26,6 | 9,8 | 360,21 | 67,3 | 417,54 | 46 | 19 |
| 10 | 350/80 | 46/28 | 26,9 | 11,5 | 349,25 | 78,94 | 428,19 | 46 | 23 |
| 11 | 435/55 | 46/30 | 28,8 | 9,6 | 434,0 | 56,3 | 490,6 | 46 | 19 |
| 12 | 490/65 | 50/32 | 30,6 | 10,2 | 490,3 | 63,6 | 553,9 | 50 | 21 |
| 13 | 490/110 | 55/30 | 31,7 | 13,7 | 487,8 | 111,20 | 599,0 | 50 | 25 |

Slika 28: Podatki za kompresijske sponke Al/Fe
(Vir: ELES, d. o. o., 2022)

Pri stiskanju kompresijskih sponk je pomembno upoštevati splošen postopek stiskanja in biti pozoren pri izbiri vložkov. Najprej moramo preveriti, če vložki za stiskanje ustrezajo predpisanim velikostim po katalogu. Če tudi so podatki odtisnjeni na posamezni sponki, se lahko dodatno prepričamo z meritvijo premera sponke. Za sponke premera 95 mm² in večje se priporoča uporaba vložkov od 40 in 80 mm.

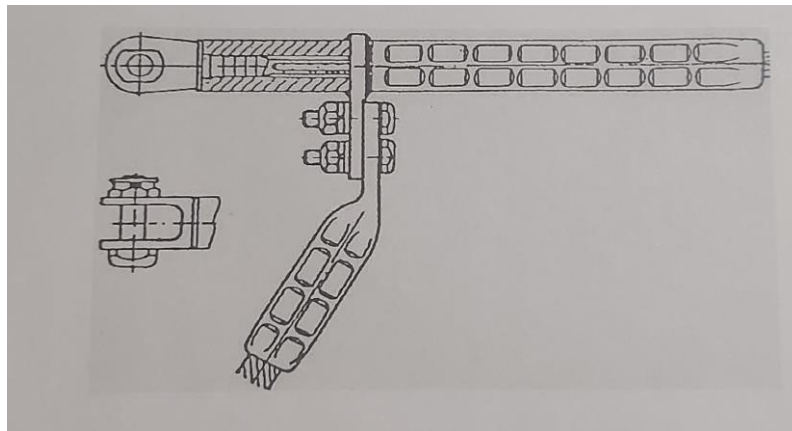
Za sponke, ki so manjše od 95 mm², pa lahko uporabimo vložke širine 20 mm. Pred stiskanjem moramo preveriti, ali je vsa površina luknje kompresijske sponke popolnoma čista in da je konec vodnika nepoškodovan. V nasprotnem primeru ga je treba odrezati. Nato očistimo vodnik približno v dolžini kompresijske sponke.

Če je vodnik star, iz njega s pomočjo drobnega brusnega papirja odstranimo oksidirano plast. Po odstranitvi umazanije je potrebno vodnik namazati z mastjo, ki jo dostavi izdelovalec kompresijskih sponk. Prav tako moramo namazati tudi notranjost sponk. Po končanem splošnem postopku lahko začnemo stiskanje sponk. Stiskati pa začnemo pri oznaki na kompresijski sponki in nadaljujemo v smeri puščice. Število stiskov je označeno na vsaki kompresijski sponki. Sponke stiskamo s pomočjo hidravlične preše.



*Slika 29: Hidravlična stiskalnica in orodje za stiskanje kompresijskih sponk
(Lastni vir)*

5.2.1 KONČNE KOMPRESIJSKE SPONKE ZA VEČPLASTNE VODNIKE



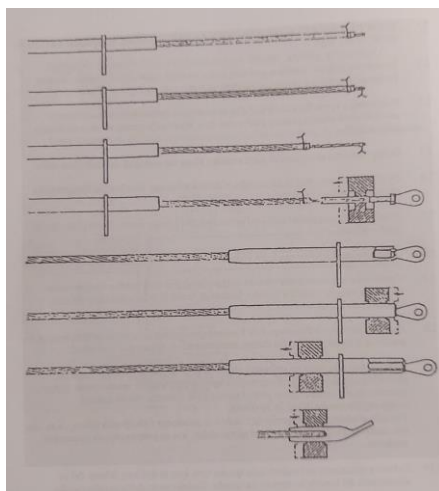
Slika 30: Končna kompresijska sponka

(Vir: ELES, d. o. o., 2022)

Končne kompresijske sponke za večplastne vodnike:

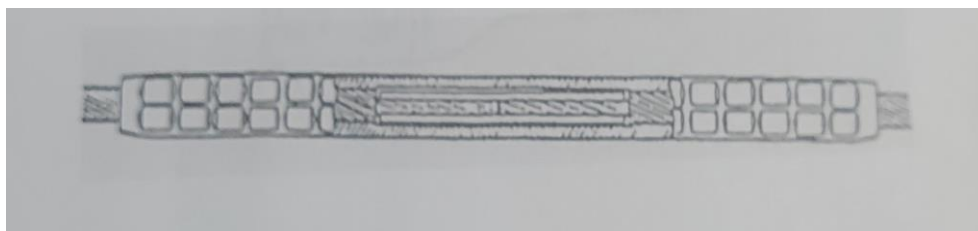
- Po končani zgoraj opisani osnovni pripravi za stiskanje potisnemo konec vodnika skozi aluminijasti del končne kompresijske sponke, in sicer za približno 1,5 m.
- Ovijemo tanko vezno žico okoli vodnika, in sicer 3 cm od konca vodnika ter odrežemo plašč aluminija tik pred vezno žico. Pri rezanju pazimo, da ne poškodujemo jedra vodnika.
- Ovijemo tanko vezno žico okoli jedra vodnika.
- Ovijemo tanko vezno žico okoli vodnika v dolžini železnega dela končne kompresijske sponke, podaljšano za 25 %.
- Odrežemo plašč aluminija takoj pred vezno žico in pazimo jedro vodnika.
- Odstranimo mast z železnega jedra vodnika.
- Označimo na železnem jedru vodnika dolžino železnega dela končne kompresijske sponke in vstavimo vodnik v sponko. Odstranimo vezno žico in potisnemo vodnik do označbe.
- Začnemo stiskanje železnega dela končne kompresijske sponke na začetku oznake na sponki in v smeri puščic z določenim številom stiskov in razdaljo med njimi.
- Očistimo plast aluminija na vodniku in ga namažemo z mastjo v dolžini aluminijastega dela končne sponke in notranjost sponke. Nato namažemo še del med odrezano plastjo aluminija in železnim delom končne kompresijske sponke, ki smo jo že stisnili.
- Potisnemo aluminijasti del sponke čez vodnik in železnega dela sponke toliko, da se oba dela dotikata.
- Pazimo, da je kot med njima takšen, kot ga potrebujemo pri namestitvi zastavice.

- Začnemo s stiskanjem na krajšem delu sponke, kjer se dotikata železni del in aluminijasti del končne kompresijske sponke. Nadaljujemo na daljšem delu sponke.
- Očistimo in namastimo vodnik ter ga potisnemo v zastavico in stisnemo.
- Dobro očistimo površino končne sponke z mehko ščetko ali s papirjem z granulatom. Očiščeno površino namastimo z mastjo za vijačne spoje.



Slika 31: Postopek stiskanja končne kompresijske sponke za večplastne vodnike
(Vir: ELES, d. o. o., 2022)

5.2.2 NADALJEVALNE KOMPRESIJSKE SPONKE ZA VEČPLASTNE VODNIKE

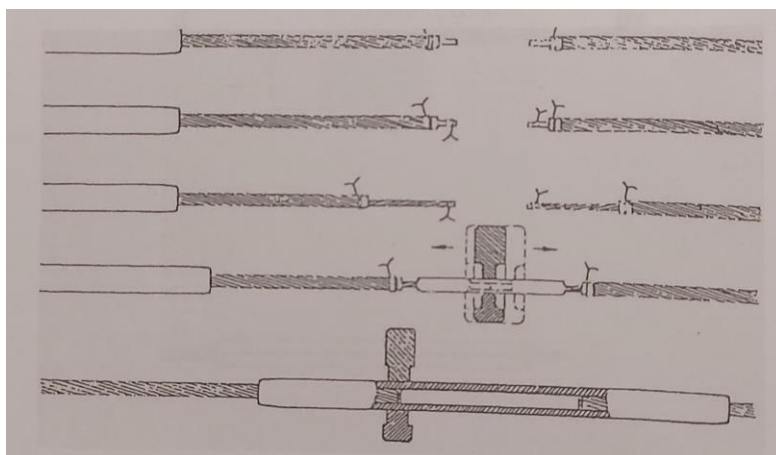


Slika 32: Nadaljevalna kompresijska sponka
(Vir: ELES, d. o. o., 2022)

Nadaljevalne kompresijske sponke za večplastne vodnike:

- Označimo na obeh koncih vodnika polovično dolžino nadaljevalne sponke.
- Po osnovni pripravi vodnika potisnemo en konec vodnika skozi aluminijasti del nadaljevalne sponke, in sicer za približno 1,5m.
- Ovijemo tanko vezno žico okoli obeh koncev vodnika, in sicer 3 cm od konca vodnika ter odrežemo plašč aluminija takoj pred vezno žico in pazimo, da ne poškodujemo jedra vodnika.

- Ovijemo tanko vezno žico okoli jedra obeh vodnikov.
- Ovijemo tanko vezno žico okoli vodnika v polovični dolžini železnega dela nadaljevalne sponke, podaljšano za 25 %.
- Odrežemo plašč aluminija takoj pred vezno žico in pazimo, da ne poškodujemo jedra vodnika.
- Odstranimo mast z železnega dela na vodniku.
- Označimo na železnem jedru vodnika dolžino železnega dela nadaljevalne sponke in vstavimo vodnik v sponko. Odstranimo vezno žico in potisnem vodnik do označbe.
- Ponovimo postopek tudi na drugem koncu vodnika in ga potisnem v sponko do označbe.
- Začnemo stiskati železni del nadaljevalne kompresijske sponke na sredini in nadaljujemo v smeri puščic v obeh smereh.
- Namažemo z mastjo oba konca vodnika in del med njima.
- Potisnemo aluminijasti del nadaljevalne kompresijske sponke čez namazan del vodnika do označbe na drugem koncu vodnika in stisnemo oba konca vodnika z začetkom v sredini in nadaljujemo v smeri puščic z določenim številom stiskov in razdaljo med njimi.



Slika 33: Postopek stiskanja nadaljevalne kompresijske sponke za večplastne vodnike

(Vir: ELES, d. o. o., 2022)

6 UPORABLJENO ORODJE IN MEHANIZACIJA

Pri sanaciji daljnovoda in vzpostavitvi ponovnega neprekinjenega prenosa električne energije smo morali uporabiti veliko znanja, orodja in strojne mehanizacije. Veliko orodja za vzdrževanje nadzemnih vodov in za tovrstna popravila je bilo posebej razvitih za dela na nadzemnih vodih.



Slika 34: Transport mehanizacije in orodja za Sanacijo DV Brestanica–Hudo
(Lastni vir)

Vozila:

- Mercedes UNIMOG U500, mobilno hidravlično ročnično dvigalo, delovna košara,
- Man TGA 26.430 d20 common rail, mobilno hidravlično ročnično dvigalo, delovna košara,
- Toyota HILUX 2.4.

Vitel:

- Hidravlični vitel cantamesa, jeklena pletena vrv $\varnothing 10\text{mm}$.

Vlečna naprava:

- Hidravlična vlečna napenjalna naprava, polipropilen polietilenska vrv, vodnik Al/Fe 150/25 mm² in navijalec kolutov.

Ostalo orodje in oprema:

- servirni kolut, servirna vrv,
- indikator,
- prenosne delovne ozemljitve,
- verižno dvigalo 1,5 t, 3 t,
- hidravlična stiskalnica, hidravlične cevi, hidravlična glava, vložki za stiskanje 34/13,
- končne kompresijske in nadaljevalne sponke, mast,
- žična ščetka ali droben brusni papir,
- hidravlične škarje,
- namenski nož za rezanje aluminijastega plašča do jedra vodnika,
- delovni koluti,
- jeklena pletena nogavička,
- delovna obešalna lestev,
- povezovalni trakovi,
- dvižni trakovi z zankami,
- vrtljiva spojka,
- jeklene zanke,
- sponka za prijemanje vodnika,
- ročno orodje (imbus ključi, viličasti in obročni ključi, kombinirane klešče, kladivo, izvijači, nasadni ključi itd.),
- osebna varovalna oprema,
- zaščitna oprema za varno delo (delovna obleka, delovni čevlji, delovne rokavice, čelada, zaščitna za oči in ušesa).

6.1 OPIS UPORABLJENIH SPECIALNIH NAPRAV IN ORODIJ

Pri vzdrževalnih in sanacijskih delih na nadzemnih vodih je za ohranjanje neprekinjenega prenosa električne energije potrebnega veliko znanja, orodij in različne mehanizacije, ki nam pomagajo, da delo opravimo lažje, hitreje in bolj kakovostno. Pri saniranju poškodb na daljnovodu Brestanica–Hudo zaradi udara helikopterja smo na kraj poškodb pripeljali veliko razpoložljivih sredstev, s pomočjo katerih smo daljnovod povrnili v obratovalno stanje. Med vsem znanim ročnim orodjem, osebno varovalno ter zaščitno opremo, je bilo za delo na nadzemnih vodih potrebnega kar nekaj specialnega orodja in mehanizacije, s katerimi si lajšamo delo na terenu. Nekaj od teh orodij in pripomočkov je bilo narejenih in razvitih ravno za potrebe dela na daljnovodih. Za posebna oziroma specialna orodja in pripomočke, ki jih uporabljamo, moramo biti ustrezno usposobljeni, zavedati se moramo nevarnosti in obnavljati znanje rokovanja s temi napravami. Naprave morajo biti ustrezno servisirane in obdobjno pregledane po navodilih proizvajalcev. V nadaljevanju je na kratko predstavljenih nekaj od teh specialnih orodij.

– Vitel Tesmec Cantamessa

Vitel je namenjen za nizko in srednjenapetostne nadzemne vode ter za vsa dvižna dela. Na vitel lahko namestimo kolot z jekleno pletenico ali z vodilno vrvjo in jo nato spuščamo iz koluta oziroma nanj navijamo. S pomočjo tega vitla smo po razpetini med SM 7 in 8 napeli jekleno pletenico in nato novi vodnik. Stabiliziramo jo tako, da jo postavimo na ravni teren in dvignemo nad kolesa. Za dodatno varnost pa jo pritrdimo s povezovalnimi trakovi na železna sidra, ki jih predhodno zabijemo v tla.



Slika 35: Vitel Tesmec Cantamessa
(Lastni vir)

– Hidravlični napenjalec Tesmec AFS 404

Stroj je primeren za napenjanje ene ali dveh vrvi. Utori na kolesih so sestavljeni iz visoko odpornih zamenljivih najlonskih sektorjev. Moč motorja ima 53 kW in maksimalno vlečno moč 40 kN. Izdelan je bila leta 2002 in ima 2700 kg. Napenjalec lahko upravljamo s stikali, nameščenimi na stroju samem ali pa se povežemo z radijskim daljinskim upravljalnikom. Ta naprava lahko deluje do razdalje 150 m. Uporabili smo jo pri napenjanju vodnikov po razpetini 7–8 in pri prenosu vodilne vrvi po trasi.



Slika 36: Hidravlični napenjalec Tesmec AFS 404
(Lastni vir)

– Hidravlične škarje HT-TC041

Ta naprava je primerna za rezanje jeklenih vrvi in vodnikov. Ocenjeni obratovalni tlak je 700 barov. Vstavimo vodnik v odprtino do zelene točke rezanja. Pri neprekinjenem vodniku pa odstranimo zatič in odpremo glavo klešč, ki je vrtljiva za 90°. Zapremo glavo klešč in začnemo z rezanjem tako, da premikamo prečni ročaj. Pri rezanju vedno držimo klešče z obema rokama in pazimo na majhne okruške.



Slika 37: Hidravlične škarje HT-TC041
(Lastni vir)

– Hidravlična stiskalnica in namenski nož

Stiskalnica ima motor z notranjim izgorevanjem z močjo 2,2 kW in je primerna za delovanje pri temperaturah od -24°C do $+45^{\circ}\text{C}$. Uporabljamo lahko samo orodje, ki je primerno za delo pod visokim tlakom. Pri sanaciji daljnovoda smo to stiskalnico uporabili pri stiskanju kompresijskih in nadaljevalnih sponk. Za stiskanje jo moramo s hidravličnimi cevkami povezati do hidravlične glave. V glavo namestimo primerne vložke in stisnemo. Pri vodniku Al Fe 150/25 mm² smo uporabili vložke 34 za aluminij in 13 za jedro vodnika.

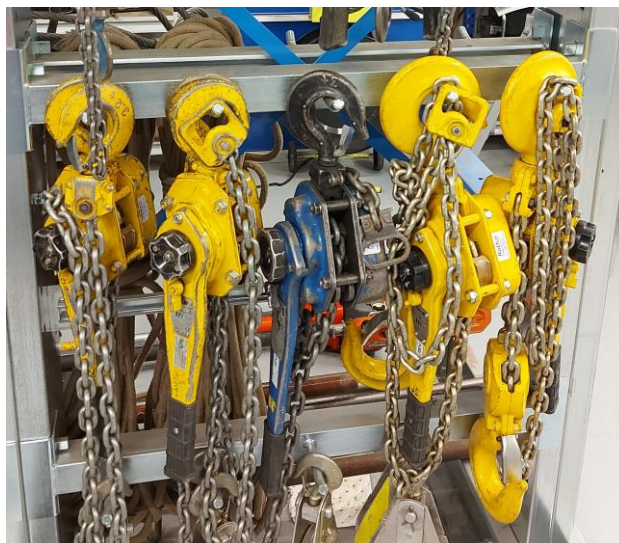
Namenski nož uporabljamo za pripravo vodnika na stiskanje. Z njim odstranimo aluminijasti plašč okoli vodnika tako, da počasi privijamo vijak in hkrati krožimo z nožem okoli plašča. Tako počasi in vedno globlje režemo plašč in pazimo, da ne poškodujemo jedra vodnik.



Slika 38: Hidravlična stiskalnica in orodje za stiskanje kompresijskih sponk
(Lastni vir)

– Verižno dvigalo

Dvižna dvigala so izdelana iz jekla in opremljena z mehansko zavoro. Uporabljamo jih za dviganje in stabilizacijo in so opremljena z zaščito pred preobremenitvijo. Na voljo so različne dolžine verig in različne nosilnosti bremen. Uporabili smo jih pri stojnem mestu 8, kjer smo s pomočjo verižnega dvigala in sponke prijeli vodnik in ga nato spojili z zatezno verigo. S pomočjo verižnih dvigal lahko natančno dvignemo ali spustimo vodnik na želeni poves.



Slika 39: Ročno verižno dvigalo
(Lastni vir)

– Vrtljivi spojni elementi

Vrtljivi spoji so primerni za povezavo vlečne vrvi z mrežastim spojem nogavice, nameščenim na vodniku. Nameščeni so na potisnih ležajih in zasnovani tako, da preprečujejo kopičenje torzijskih deformacij. Izdelani so iz visoko nateznega pocinkanega jekla, posebna zasnova lahko prenese velike radialne obremenitve, ki nastanejo pri prehodu čez jermenice. V našem primeru smo jih uporabljali pri spajanju vodilne vrvi z jeklenico.



Slika 40: Vrtljivi spojni element
(Vir: Tesmec Stringing Catalog)

– Jeklena pletena nogavička

Začasne mrežaste spojke za nogavice v obliki glave so posebej zasnovane za začasno povezavo aluminijastega, jeklenega ali bakrenega vodnika na vlečno vrv. Sestavljene so iz jeklenih žic s spremenljivim korakom, ki učinkovito porazdeli oprijemalni učinek na vodnik. Uporabili smo jih pri spajanju novega vodnika in jeklene pletenice. Mednju smo namestili vrtljivi spojni element in tako preprečili torzijsko preobremenitev vodnika ali jeklenice.



Slika 41: Jeklena pletena nogavička
(Vir: Tesmec Stringing Catalog)

– Jeklena pletenica

Jeklena vrv proti zvijanju, izdelana iz pletenih pramenov. Uporabljali smo jo pri prenosu vodnika po razpetini. Na voljo so različne dolžine in različni premeri. Uporabili smo pletenico premera 10 mm, ki ima standardno dolžino 1200 m in delovno obremenitev 22,6 kN. Namestimo jo v vitel ali napenjalno vlečno napravo.



Slika 42: Jeklena pletenica
(Lastni vir)

– Hidravlična bobnasta dvigala

Bobnasta dvigala so izdelana iz varjenega jekla z zaščitnim premazom. Okvir je popolnoma snemljiv za zmanjšanje dimenzij med transportom. Bobnasto dvigalo vključuje samo glavni okvir z mehanskim diskovno-zavornim sistemom. Mi smo pri sanaciji uporabili navijalec kolutov pri montaži novega vodnika. Vanj smo namestili boben z novim vodnikom in s pomočjo hidravličnega napenjalca po razpetini speljali vodnik.

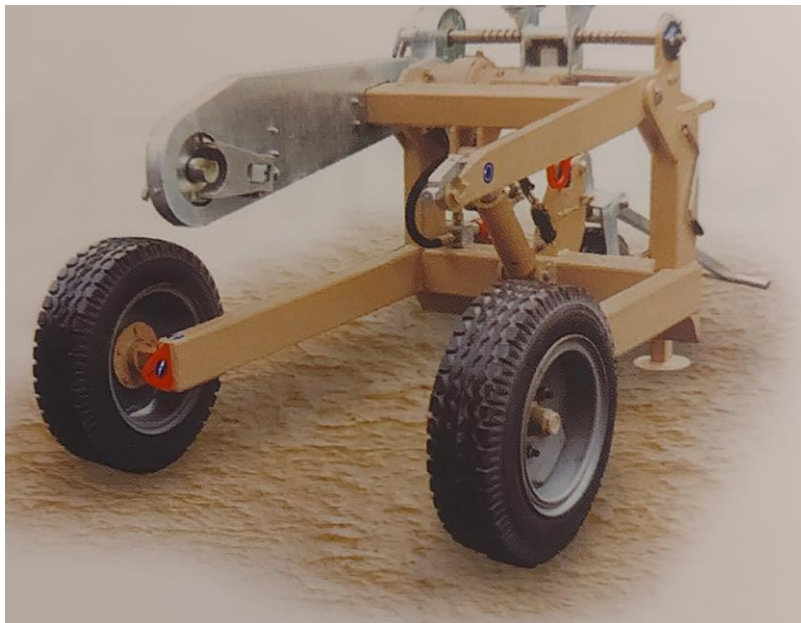


Slika 43: Hidravlično bobnasto dvigalo
(Vir: Tesmec Stringing Catalog)

– Navijalec kolutov

Navijalci kolutov so primerni za delo s katero koli hidravlično pogonsko enoto, zlasti z vitli in napenjalci, ki delujejo kot ločeni in samostojni sistemi navijanja. Opremljeni so z negativno hidravlično zavoro. Navijalci kolutov lahko hidravlično dvignejo kolut.

Uporabili smo ga za prenos vodilne vrvi po razpetini, in sicer s pomočjo hidravličnega napenjalca.



Slika 44: Navijalec kolotov
(Vir: Tesmec Stringing Catalog)

7 ZAKLJUČEK

Živimo v času velikih potreb po električni energiji in nemoteni oskrbi z njo. Pri zagotavljanju nemotenega prenosa električne energije moramo skozi vse delovne procese dosledno upoštevati Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1) ter druge predpise in smernice, ki nas usmerjajo po poti varnega in učinkovitega dela. Država je po vstopu v EU svojo zakonodajo dopolnila z evropskimi direktivami o varnosti in zdravju pri delu in pričela z aktivnim vpeljevanjem novih metod. Dela na nadzemnih vodih zahtevajo visoko usposobljen in izobražen kader, ki lahko kljubuje najbolj zahtevnim nalogam na terenu. Delo, ki ga opravlja vzdrževalec nadzemnih vodov, zahteva dobro psihofizično pripravljenost in znanje uporabe osebne varovalne opreme ter orodja in pripomočkov za vzdrževanje.

V diplomskem delu smo obravnavali delovne postopke za vzdrževanje daljnovodov, ki se jih delavci naučimo med izobraževanji, ki jih organizira delovna organizacija. Vsa izobraževanja se obdobjno obnavljajo in dodatno dopolnjujejo. Trase nadzemnih vodov potekajo po zelo različnem terenu in lahko se zgodi, da pride do motenj pri prenosu električne energije. Trudimo se, da takšne prekinitve odpravimo v čim krajšem času in jih v prihodnje skušamo spraviti na čim nižjo raven. Skozi nalogo in

s pomočjo različnih delovnih postopkov smo ugotovili, da so vzdrževalna dela in dela po poškodbah nadzemnih vodov zelo zahtevna in zahtevajo strokovni pristop iz vidika zagotavljanja in upoštevanja varnosti in zdravja pri delu. Ključni pomen varnega dela pri takšnih delih je ustrezna osebna varovalna oprema, ki jo mora priskrbeti delodajalec. Delavci se moramo ustrezno izobraziti za uporabo in delo z opremo in jo potem dosledno uporabljati in z njo skrbno ravnati. Sama priprava in izvedba del pa mora biti točno določena v dokumentih za varno delo. Pred vsakim začetkom del moramo mesto dela ustrezno zavarovati z uporabo petih temeljnih varnostnih pravil, ki jih moramo izvesti v točno določenem vrstnem redu.

V nalogi smo obravnavali tudi nepogrešljivo orodje, mehanizacijo in pripomočke, pomočjo katerih lahko odpravimo napake na vodih in ponovno vzpostavimo neprekinjeni prenos električne energije. Za rokovanje in upravljanje orodij in mehanizacije morajo biti delavci, ki delajo na teh postrojih, dodatno usposobljeni in imeti opravljene izpite za določene posamezne in samostojne stroje. Opisali smo nekaj specialnih orodij ter mehanizacijo, ki jih sicer v drugih panogah redkeje vidimo.

8. LITERATURA IN VIRI

ELES, d. o. o., (b. l.). *Osnovni podatki*. Pridobljeno 12. 3. 2022 z naslova <https://www.eles.si/osnovni-podatki>

Böhm, L. (2015). *Visoka obletnica slovenske stroke varnosti in zdravja pri delu*. Pridobljeno 22. 3. 2023 z naslova <https://zssszaupnikvzd.si/wp-content/uploads/2017/09/10-Pomembna-obletnica-v-stroki-varnosti-in-zdravja-pri-delu.pdf>

ELES, d. o. o., (2019). *Varnostna pravila za delo v/na elektroenergetskih objektih in postrojih*. Kraj: Ljubljana, pridobljeno marec 2022

Lovrenčič, V., Ribič, P., Maruša, R., Ferlič, R. (2019). *Zagotavljanje varnega dela v bližini delov pod napetostjo na visokonapetostnih dvosistemskih prenosnih daljnovodih*. Pridobljeno 26. 2. 2022 z naslova http://www.c-g.si/wp-content/uploads/2019/06/referat_B2-09.pdf

Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka (Uradni list RS, št. 29/92, 56/99 – ZVZD in 43/11 – ZVZD-1). Pridobljeno 25. 2. 2022 z naslova <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV36>.

Zakon o varnosti in zdravju pri delu ZVZD-1 (Uradni list RS, št. 43/11). Pridobljeno 13. 2. 2022 z naslova <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO5537>.

Pomen področij varnosti in zdravja pri delu ter varstva pred požari za uspešno delovanje podjetja. Pridobljeno 1. 3. 2022 z naslova <https://www.finance.si/8956244/Pomen-podrocij-varnosti-in-zdravja-pri-delu-ter-varstva-pred-pozari-za-uspesno-delovanje-podjetja>.

Učbenik: Viktor Lovrenčič univ.dipl.inž el., varovanje okolja in varstvo pri delu, gradivo za 1. letnik smer elektroenergetika.

Varno delo na višini: Zdravje in varnost. Pridobljeno 20. 3. 2022 z naslova https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/SL/Safety/WorkingAtHeights_SL.htm

Splošni postopek priprave in izvedbe izklopa elektroenergetske naprave. Pridobljeno 22. 2. 2022 z naslova https://www.uradni-list.si/files/RS_-2012-071-02744-OB~P011-0000.PDF

ELES, d. o. o., Zakladnica znanja. *Osebna varovalna oprema za delo na višini*. Pridobljeno 18. 2. 2022 z naslova <https://www.eles.si/zakladnica-znanja/ArticleID/11859/Osebna-varovalna-oprema-za-delo-na-visini>

Sistemska obratovalna navodila za prenosno omrežje električne energije. Pridobljeno 1. 4. 2022 z naslova <https://www.yumpu.com/xx/document/read/33416899/sistemska-obratovalna-navodila-za-prenosno-omrezje-elektricne->

ELES, d. o. o. *Splošna navodila in smernice za upravljanje in vzdrževanje ter varno delo z dvižno ploščadjo, platformo ali dvižno košaro*, Literatura za interno uporabo

Endal d. o. o. FVS fiksni varovalni sistem. *Katalog produktov*. Pridobljeno 3. 4. 2022 z naslova [Endal katalog 2020.pdf \(fvs.si\)](#)

Pravilnik o zaporah na cestah. Pridobljeno 4. 4. 2022 z naslova <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=PRAV11597#>