

# MJERE SIGURNOSTI KOD TEHNOLOGIJE RADA POD NAPONOM

---

**Mušnjak, Juraj**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:920592>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-21**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Juraj Mušnjak

**MJERE SIGURNOSTI KOD TEHNOLOGIJE RADA POD  
NAPONOM**

ZAVRŠNI RAD

Karlovac, 2021.

Karlovac University of Applied Sciences

Safety and Protection Department

Professional undergraduate study of Safety and Protection

Juraj Mušnjak

**SAFETY MEASURES IN LIVE WORK TECHNOLOGY**

Final paper

Karlovac, 2021.

Veleučilište u Karlovcu  
Odjel Sigurnosti i zaštite  
Stručni studij sigurnosti i zaštite

Juraj Mušnjak

**MJERE SIGURNOSTI KOD TEHNOLOGIJE RADA POD  
NAPONOM**

ZAVRŠNI RAD

Mentor: mr.sc. Boris Ožanić

Karlovac, 2021.



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

Klasa:  
602-11/\_\_\_-01/\_\_\_

Ur.broj:  
2133-61-04-\_\_\_-01

## ZADATAK ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA

Datum:

Ime i prezime	JURAJ MUŠNJAK		
OIB / JMBG			
Adresa			
Tel. / Mob./e-mail			
Matični broj studenta	0416615060		
JMBAG	0248057053		
Studij (staviti znak <b>X</b> ispred odgovarajućeg studija)	<input checked="" type="checkbox"/> preddiplomski	<input type="checkbox"/> specijalistički diplomski	
Naziv studija	STRUČNI STUDIJ SIGURNOSTI I ZAŠTITE		
Godina upisa	2015.		
Datum podnošenja molbe	24.02.2021.		
Vlastoručni potpis studenta/studentice			

Naslov teme na hrvatskom: MJERE SIGURNOSTI KOD TEHNOLOGIJE RADA POD NAPONOM	
Naslov teme na engleskom: SAFETY MEASURES IN LIVE WORK TECHNOLOGY	
Opis zadatka:  Kroz rad treba opisati sve mjere sigurnosti koje se primjenjuju u tehnologiji rada pod naponom. Opisati i posebno se osvrnuti na tehnologiju rada pod naponom na niskonaponskim postrojenjima. Osvrnuti se na potrebnu zaštitnu opremu i isprave za rad.	
Mentor:	Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

## **PREDGOVOR**

Po završetku formalnog srednjoškolskog programa stekao sam zvanje elektrotehničar. Godinama radim u struci, gdje se redovno susrećem za primjenom mjera sigurnosti i zaštite na radu. S obzirom na to, doista logičan izbor za temu mojeg završnog rada jest primjena mjera sigurnosti pri tehnologiji rada pod naponom, ali i sa električnom energijom općenito.

Zahvaljujem svome mentoru mr.sc. Borisu Ožaniću, na prenesenom znanju tijekom razdoblja mog studiranja te izdvojenom vremenu, ukazanom razumijevaju te svim savjetima tijekom pripreme završnog rada.

Ovom se prilikom želim također zahvaliti i svojoj obitelji na podršci tijekom studiranja. Posebno se zahvaljujem supruzi Valentini na poticanju i ohrabrivanju prije odlaska na ispite, te podršci za vrijeme studiranja. Hvala joj što je vjerovala u mene.

## SAŽETAK

Rad pod naponom (u daljnjem tekstu RPN) nije rad zbog hitnosti ili zbog posebnih okolnosti, već se rad pod naponom smatra normalnim oblikom rada s odgovarajućim metodama, sredstvima i uz odgovarajuću obuku. RPN zahtijeva veći stupanj znanja i iskustva, posebnu obuku, povećane psihofizičke sposobnosti radnika te izvanrednu radnu disciplinu. Ako radnici osposobljeni za rad pod naponom ne rade te poslove kontinuirano i ako prekid kontinuirano traje više od godinu dana, onda oni moraju periodički obnavljati svoje znanje, kako ne bi došlo do gubitka ovlaštenja za rad pod naponom.

Svaki rad pod naponom zahtijeva dokumentiran, prethodno provjereni način rada. S obzirom na načine osiguravanja dovoljnog broja zaštitnih izolacijskih elemenata između radnika i postrojenja pod naponom, odnosno njegovog sigurnog pozicioniranja tijekom rada pod naponom, postoje tri metode rada: „na udaljenosti“, „u dodiru“ i „na potencijalu“.

Za radove pod naponom mogu se upotrebljavati samo sredstva, oprema i alati koji svojom izvedbom i izolacijom zadovoljavaju uvjete niza normi za ovu tehnologiju rada, pa su u skladu s njima i ispitani. Nadalje, za svaku vrstu posla koji se radi pod naponom mora biti izdana kompletna radna dokumentacija kojom se detaljno opisuje i nalaže način rada. Ta dokumentacija mora biti napisana jasno i nedvosmisleno, a mora sadržavati i opisani način uklanjanja pojedinih rizika (električni udar, kratki spoj, mehanički rizici i rad na visini).

Za sigurno izvođenje svih pogonskih manipulacija uvijek je neophodna provedba odgovarajućih mjera sigurnosti i primjena zaštitne opreme.

**Ključne riječi:** električna energija, opasnosti od električne energije, rad pod naponom, mjere sigurnosti, oprema, isprave

## ABSTRACT

Live-line working is not work due to urgency or special circumstances. Live work is considered a normal form of work with appropriate methods, means and with appropriate training. Live-line work technology requires a higher level of knowledge and experience, special training, increased psychophysical abilities of workers and outstanding work discipline. If workers trained to perform live-line work do not do these jobs continuously and if the pause lasts continuously for more than a year, then they must periodically update their knowledge, so as not to lose the permission for live work.

Every live operation requires a documented, pre-verified mode of operation. Given the ways to ensure a sufficient number of protective insulation elements between workers and live installations, or its safe positioning during live operation, there are three methods of operation: „at distances“, „in contact“ and „on potential“.

Only equipment and tools that fulfil the requirements of a number of standards for this work technology, and that are tested in accordance with them can be used for live work. Furthermore, a complete working documentation, which describes in detail and dictates the mode of operation, must be issued. This documentation must be written clearly and unambiguously, and it must also contain the described method of eliminating certain risks (electric shock, short circuit, mechanical risks and work at height etc.).

Appropriate safety measures and the use of protective equipment are always necessary for the safe execution of all operating manipulations.

**Keywords:** electricity, electrical hazards, live operation, safety measures, equipment, documents



# SADRŽAJ

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA.....	I
PREDGOVOR.....	II
SAŽETAK.....	III
SADRŽAJ.....	IV
<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1. Predmet i cilj rada .....	1
1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja .....	1
1.3. Struktura rada.....	1
<b>2. SIGURNOST KOD PRIMJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE .....</b>	<b>3</b>
2.1. Djelovanje električne struje na čovjeka .....	3
2.2. Izvori opasnosti od električne energije .....	5
<b>3. RADOVI NA ELEKTROENERGETSKIM POSTROJENJIMA.....</b>	<b>7</b>
3.1. Mjere sigurnosti pri radovima na elektroenergetskim postrojenjima .....	7
3.2. Uvjeti za siguran rad na elektroenergetskim postrojenjima.....	8
3.2.1. Stručni uvjeti .....	8
3.2.2. Zdravstveni uvjeti.....	8
3.2.3. Uvjeti okoliša .....	9
3.3. Zone opasnosti u elektroenergetskim postrojenjima.....	11
3.4. Izvođenje radova u elektroenergetskim postrojenjima .....	14
3.4.1. Rad u beznaponskom stanju .....	14
3.4.2. Rad u blizini napona.....	15
3.4.3. Rad pod naponom.....	16
3.4.3.1. Metoda rada „na udaljenosti“ .....	17
3.4.3.2. Metoda rada „u dodiru“ .....	18
3.4.3.3. Metoda rada „na potencijalu“ .....	19
<b>4. TEHNOLOGIJA RADA POD NAPONOM NA NISKOM NAPONU .....</b>	<b>20</b>
4.1. Način uvođenja tehnologije rad pod naponom .....	22
4.2. Mjere sprječavanja električnog udara .....	23

4.2.1. Metode rada pod naponom na niskom naponu.....	24
4.3. Mjere sprječavanja kratkih spojeva .....	26
4.4. Osobna zaštitna oprema izvršitelja radova .....	29
4.4.1. Zaštita glave .....	30
4.4.2. Zaštita tijela.....	31
4.4.3. Zaštita nogu.....	33
4.5. Vremenski uvjeti na mjestu rada .....	34
4.6. Pregled i održavanje alata za rad pod naponom.....	36
4.7. Priprema i organizacija mjesta rada.....	37
4.8. Isprave za rad pod naponom .....	39
4.8.1. Obavijest o kvaru .....	40
4.8.2. Radni zadatak za rad pod naponom.....	40
4.8.3. Priprema za rad pod naponom.....	40
4.8.4. Nalog za rad pod naponom.....	41
4.8.6. Dopusnica za rad pod naponom .....	42
4.8.7. Trajna Dopusnica za rad pod naponom.....	42
4.8.8. Obavijest o završetku radova .....	43
<b>5. PREDNOSTI I NEDOSTACI RADA POD NAPONOM.....</b>	<b>44</b>
5.1. Prednosti rada pod naponom.....	44
5.2. Nedostaci rada pod naponom.....	45
<b>6. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>46</b>
POPIS LITERATURE.....	47
POPIS KRATICA.....	49
POPIS SLIKA.....	50
POPIS TABLICA.....	51
POPIS GRAFIČKIH PRIKAZA.....	51

# **1. UVOD**

## **1.1. Predmet i cilj rada**

Predmet završnog rada je primjena mjera sigurnosti kod tehnologije rada pod naponom. Cilj rada je prikazati i objasniti što je rad pod naponom i koje su njegove prednosti, koje su opasnosti od električne struje te gdje se primjenjuje rad pod naponom u Republici Hrvatskoj. Također je cilj opisati i posebno se osvrnuti na tehnologiju rada pod naponom na niskonaponskim postrojenjima, uključujući i potrebnu zaštitnu opremu i isprave za rad.

## **1.2. Izvori podataka i metode prikupljanja**

Za istraživanje, prikupljanje i obradu podataka korištene su najvećim dijelom metode analize i deskripcije, zatim klasifikacije te sinteze kojom se objedinjuju izvedeni zaključci.

Za pisanje završnog rada korištena je stručna literatura iz područja tehničkih znanosti i internetske stranice relevantnog sadržaja. Također, podaci su velikim dijelom prikupljeni iz pozitivnih propisa o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom, te biltena Hrvatske elektroprivrede.

## **1.3. Struktura rada**

Završni rad podijeljen je u šest poglavlja razrađenih u manje cjeline. Prvo poglavlje odnosi se na uvod. U uvodu su opisane temeljne karakteristike rada kao što su predmet i cilj rada, izvori podataka i metode istraživanja kao i struktura rada.

U drugom poglavlju opisano je djelovanje električne struje na čovjeka, te potencijalne opasnosti koje nosi rad sa električnom energijom.

Treće poglavlje odnosi se na radove na elektroenergetskim postrojenjima. Tu su obuhvaćeni uvjeti za siguran rad na postrojenjima i mjere sigurnosti koje moraju biti provedene da bi se omogućio rad na siguran način. Prikazana je i podjela elektroenergetskih postrojenja po zonama opasnosti i načini i metode rada.

Četvrto poglavlje, „Tehnologija rada pod naponom na niskom naponu“, svojim je opsegom najobuhvatnije. Sastoji se od osam manjih cjelina kojima je pokriven sadržaj od samog uvođenja tehnologije rada pod naponom, mjera sprječavanja električnog udara i kratkog spoja kao dvije osnovne opasnosti koje se javljaju pri izvođenju radova pod naponom na niskom naponu, opis zaštitne opreme operatera, vremenskih uvjeta i mjesta rada, i zaključno sa ispravama potrebnim za rad pod naponom.

U petom poglavlju su opisane prednosti i nedostaci rada pod naponom, a nakon njega slijedi šesto, posljednje, poglavlje u vidu zaključka.

Nakon toga, na samom kraju slijedi popis literature te popis grafičkih prikaza, simbola slika i tablica.

## 2. SIGURNOST KOD PRIMJENE ELEKTRIČNE ENERGIJE

### 2.1. Djelovanje električne struje na čovjeka

Električna struja može djelovati na čovjeka kad prolazi kroz ljudsko tijelo. Budući da struja može teći isključivo u zatvorenom strujnom krugu, čovjek mora postati dio strujnog kruga da bi kroz njega protekla električna struja. Do toga dolazi kada čovjek dođe u situaciju da svojim tijelom dodiruje dvije točke između kojih postoji napon.[1]

Preko čovjeka se može zatvoriti strujni krug ako:

- dodirne vodiče između kojih postoji napon,
- dodirne vodič pod naponom prema zemlji,
- dodirne kućište uređaja koje je zbog kvara pod naponom,
- nađe se blizu uzemljivača kojim protječe struja,
- nađe se u jakom električnom polju. [2]

Prolaskom kroz ljudsko tijelo, električna struja djeluje na sljedeće načine:

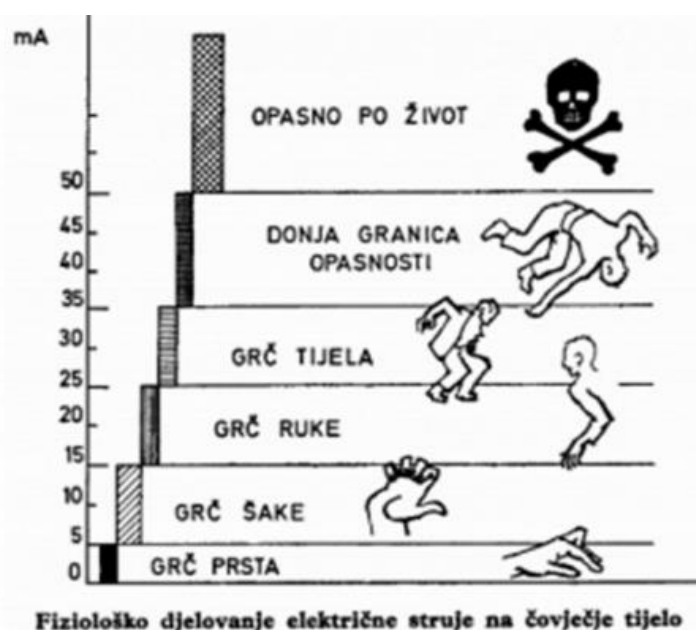
- toplinski – tijelo se zagrijava, naročito na mjestu ulaza i izlaza struje iz tijela, tako da nastaju unutarnje i vanjske opekline
- mehanički – za vrijeme prolaza struje kroz tijelo dolazi do grčenja mišića što može izazvati pucanje krvnih žila, živaca i lomove kostiju
- biološki – uzrokuje grčenje mišićnog tkiva, paralizu disanja, treperenje srčanih klijetki, grčeve krvotoka
- kemijski – električna struja prolazeći kroz tijelo rastvara krvnu plazmu.

Na težinu i ishod ozljede utječe:

- jakost struje
- vrsta struje
- trajanje prolaska struje kroz tijelo
- put prolaza struje
- visina frekvencije
- individualna svojstva organizma

Jakost struje pri 50 Hz između ruke i noge, u prosjeku, ima sljedeći utjecaj[2]:

- 0,6-1,5 mA – početak osjeta, lagano podrhtavanje prstiju,
- 2-3 mA – jako podrhtavanje prstiju,
- 5-10 mA – grč šake,
- 12-15 mA – ruke se teško odvajaju od elektroda, snažni bolovi u prstima i rukama
- 20-25mA – paraliza ruku, vrlo jaki bolovi, otežano disanje,
- 50-80 mA – paraliza disanja, početak treperenja srčanih klijetki,
- 80-100 mA – prestanak disanja i prestanak rada srca



Slika 1. Grafički prikaz djelovanja struje na čovjeka ovisno o jakosti [3]

Ulogu u jačini ozljeda ima i vrsta struje. Primjerice, za istu fiziološku reakciju čovjeka, uz isto vremensko trajanje prolaza struje potrebna je 2-4 puta jača istosmjerna struja od izmjenične.

Trajanje prolaza struje kroz organizam od znatnog je utjecaja na ozljede. Posljedice su kod struja preko nekoliko desetaka miliampera, razmjerne naboju koji prolazi tijelom. Prolaz naboja do 20 mAs ne ostavlja teže posljedice, dok preko 70 mAs može izazvati smrt[2].

Put prolaza struje kroz organizam ima bitan utjecaj na opasnost. Djelovanje struje na čovjeka mnogo je jače i opasnije ako struja prolazi kroz srce i prsni koš.

Opasnost opada s porastom frekvencije tek od 1000 Hz naviše. U slučaju 50 Hz struja do 20 mA je većinom bez posljedica. Vrlo visoke frekvencije mogu prolazom kroz tkiva izazvati biološki povoljne učinke, pa se koriste u medicinske svrhe.

Individualna svojstva organizma npr. fizička kondicija, debljina i žuljevitost kože, vlažnost kože, pripremljenost na strujni udar, bolesti pluća i srca i slično imaju utjecaj na opasnost.

## **2.2. Izvori opasnosti od električne energije**

Najčešći izvori opasnosti od električne energije na niskom naponu nastaju kao posljedica previsokog napona dodira<sup>1</sup> uslijed izravnog (direktnog) dodira vodljivih dijelova električnih instalacija, opreme i uređaja koji su pod naponom ili neizravnog (indirektnog) dodira.[4]

Osim što električna struja djeluje na čovjeka kada je on u zatvorenom strujnom krugu, postoje i druge opasnosti kod primjene električne energije. Općenito postoje sljedeće vrste opasnosti s obzirom na način ozljeđivanja:

- Izravni (direktni) dodir dijelova postrojenja pod naponom
- Neizravni (indirektni) dodir
- Previsoki napon dodira i koraka kao posljedice prolaza struje kroz uzemljivač
- Opasnost od električnog luka
- Inducirani napon
- Zaostali naboj
- Opasnost približavanja vodičima visokog napona
- Opasnost od kratkog spoja
- Opasnost od atmosferskih i sklopnih prenapona
- Utjecaj električnih i magnetskih polja

---

<sup>1</sup> Napon dodira je napon između istodobno dostupnih vodljivih dijelova, odnosno napon koji čovjek može premostiti svojim tijelom.

Izravni dodir predstavlja najveću razinu opasnosti, a nastaje slučajnim dodirom elemenata pod naponom. Zaštita se provodi na način da se zaštite dijelovi pod naponom izoliranjem, pregradama ili kućištima od nevodljivog materijala distanciranjem ili dopunskom zaštitom primjenom zaštitnih uređaja diferencijalne struje.

Neizravni dodir nastaje uslijed kvara na izolaciji vodiča, kućišta trošila i opreme te ostaloj metalnoj masi, koje u redovnom pogonu nisu pod naponom, ali mogu doći pod napon i na taj način predstavljati opasnost. Zaštita se provodi automatskim isključivanjem napona, malim radnim i sigurnosnim naponom, električnim odvajanjem i zaštitnim uređajima diferencijalne struje.

Električni luk je samostalno izbijanje u plinovima i metalnim parama koje nastaju između dvije elektrode. Električna struja prolazi od jedne elektrode na drugu posredstvom metalnih para. Karakteristike električnog luka su visoka temperatura i jaka svjetlost.[1] Najčešće ozljede izazvane električnim lukom su opekline i oštećenja očiju.

Inducirani napon može biti izazvan elektrostatičkim ili elektromagnetskim utjecajima. U nekom vodiču može se inducirati napon ako se nalazi u električnom polju uzrokovanom električnim nabojem drugog vodiča. Što je veći napon drugog vodiča i manji međusobni razmak dvaju vodiča, inducirani napon bit će veći.

Neizbijeni ili nedovoljno izbijeni visokonaponski kabeli ili kondenzatorske baterije nakon isklapanja od napona predstavljaju veliku opasnost za čovjeka jer akumulirana energija električkog naboja (zaostali naboj) može biti dovoljna da usmrti čovjeka.

Nikad se ne smije raditi na postrojenju ili vodu ako prijetite munje i grmljavina jer nema praktički djelotvorne zaštite, osim prekidanja rada i napuštanja izloženog mjesta.

Električna i magnetska niskofrekventna polja imaju određeni utjecaj na živi ljudski organizam. Znanost nije do sada točno odredila granične dopuštene vrijednosti jakosti polja niti dopušteno vrijeme izlaganja, pa se preporučuje razumno izbjegavanje takvih mjesta.



### **3. RADOVI NA ELEKTROENERGETSKIM POSTROJENJIMA**

#### **3.1. Mjere sigurnosti pri radovima na elektroenergetskim postrojenjima**

Električna postrojenja, instalacije i oprema te zaštitna oprema za osobnu zaštitu pri radu s električnom energijom moraju ispunjavati zahtjeve važećih propisa o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom[5].

Pri obavljanju radova na električnim postrojenjima bitno je ostvariti siguran način rada, dakle primjenjivati bitne postupke koji osiguravaju siguran način rada.

Mjere sigurnosti pri radovima na električnim postrojenjima, može se strukturirati u tri skupine:

- općenite,
- organizacijske,
- tehničke.

Općenite mjere sigurnosti su određene pravilnicima o zaštiti na radu, a odnose se, primjerice, na prava i dužnosti zaposlenika, stručne i posebne uvjete zaposlenika i sl. [2]

Organizacijske mjere sigurnosti predstavljaju skup mjera organizacijske prirode kojima se određuje ulazak i kretanje zaposlenika u električna postrojenja, davanje ovlaštenja i odgovornosti pojedinim osobama u fazi pripreme i tijekom rada, kojima se zapovijeda i provjerava provođenje mjera sigurnosti i pogonskih operacija tehničkog obilježja. [2]

Tehničke mjere sigurnosti sadrže primjenu određenih tehničkih sredstava, rukovanje uređajima i aparatima, te razni propisani postupci u svrhu maksimalnog osiguranja života i zdravlja zaposlenika koji izvode radove. [2]

## **3.2. Uvjeti za siguran rad na elektroenergetskim postrojenjima**

### **3.2.1. Stručni uvjeti**

Radovi na električnim postrojenjima pripadaju kategoriji poslova s posebnim uvjetima rada gdje su prisutne povećane opasnosti, štetnosti i naponi za radnike. Radnici koji ne zadovoljavaju propisane uvjete ne smiju raditi na električnim postrojenjima, osim pod točno utvrđenim uvjetima i uz nadzor stručne osobe. Samostalno izvođenje radova u beznaponskom stanju te u blizini napona dopušteno je svim stručnim osobama koje su osposobljene za izvođenje radova na siguran način. Samostalno izvođenje radova pod naponom nije dozvoljeno.[5]

Kada radnik zadovoljava propisane uvjete i kada udovoljava uvjetima za rukovoditelja radova, u skladu s uputama za siguran rad koje su dio sustava upravljanja zaštitom zdravlja i sigurnosti (HRN ISO 45001), samostalno smije izvoditi sljedeće poslove: zamjena umetaka osigurača, zamjena podnožja NN osigurača, mjerenja i ispitivanja na NN, radovi na NN obračunskom mjernom mjestu, radovi u NN kabelskim ormarima[6].

Radnik je obavezan prije početka izvođenja radova na mjestu rada procijeniti mogućnost samostalnog izvođenja radova na siguran način. Ako radnik procjeni kako naloženi rad nije moguće izvesti samostalno, o tome treba obavijestiti nadležnog voditelja[6].

### **3.2.2. Zdravstveni uvjeti**

Na električnim postrojenjima, instalacijama i opremi te u njihovoj blizini mogu raditi radnici kojima je, u skladu s posebnim propisima, utvrđeno odgovarajuće zdravstveno stanje i psihička sposobnost za obavljanje tih poslova. Ostali radnici moraju biti zdravstveno i psihofizički sposobni za poslove u svojoj nadležnosti.[6]

Svakom radniku ili posjetitelju za kojeg se utvrdi da je pod utjecajem alkohola ili drugih opojnih sredstava zabranjen je bilo kakav rad, kretanje i zadržavanje u električnom postrojenju.

### 3.2.3. Uvjeti okoliša

Uvjeti okoliša mogu utjecati i ometati rad radnika na elektroenergetskim postrojenjima pod naponom. U nastavku su shematski prikazani te pojedinačno objašnjeni.

U slučaju atmosferskog pražnjenja nisu dopušteni radovi na električnim postrojenjima koje se može prenijeti na mjesto rada, kada se s mjesta rada mogu vidjeti munje ili čuti grmljavina. Odluku o prekidu rada donosi rukovoditelj radova. Ovaj uvjet osobito se odnosi na radove na nadzemnim vodovima.

Pri snažnom vjetru nisu dopušteni radovi na električnim postrojenjima na otvorenom prostoru. Pod snažnim vjetrom smatra se vjetar koji sprječava radnike da koriste alat s dovoljnom preciznošću, pri čemu se graničnom vrijednošću smatra vjetar brzine veće od 60 km/h, na visini iznad 3 m od zemlje. Rukovoditelj radova može donijeti odluku o prekidu radova i pri manjoj brzini vjetra ako procijeni da se rad ne može obaviti na siguran način (na primjer, kada ustanovi da jačina vjetra ne dopušta radniku da pravilno koristi alat i opremu sa zadovoljavajućom preciznošću ili ako je radnik zbog jačine vjetra nestabilan).

Nisu dopušteni radovi ni pri lošoj vidljivosti na mjestu rada, kada ovlašteni rukovoditelj radova stojeći na zemlji ne može vidjeti sve članove svoje skupine, vodiče nadzemnih vodova ili druge dijelove električnog postrojenja na kojima se obavljaju radovi. Također nisu dopušteni radovi na otvorenom prostoru pri temperaturama nižim od -18 °C ili višim od +35 °C u hladu[6].

U slučaju jakih kiša, magle, posolice i snježnih oborina i drugih vremenskih nepogoda ovlašteni rukovoditelj radova odlučuje je li rad moguće izvesti na siguran način.

Grafički prikaz 1. Prikaz uvjeta okoliša koji utječu na rad na elektropostrojenjima [6]



Mjesto rada mora biti jasno određeno, označeno i osigurano kako bi se radovi mogli izvesti a siguran način, a osobito u pogonskim prostorijama, na javnim površinama i prometnicama. Potrebno je poduzeti sve zaštitne mjere kako bi pristup mjestu rada imali samo ovlaštene radnici. Tijekom izvođenja radova na mjestu rada treba održavati potrebnu čistoću i ukloniti sve stvari koje smetaju izvođenju radova, a na samom završetku radova obvezno očistiti mjesto rada.

Prilazni put, izlazi u slučaju opasnosti, prostori potrebni za radove i ispomoć, prostori za rukovanje sklopnim aparatima i kontrolnim uređajima moraju biti jasno određeni, prema potrebi označeni i/ili ograđeni i oslobođeni od zapaljivih i sličnih materijala te predmeta koji otežavaju prolaz. Poseban oprez potreban je kada se u blizini prilaznog puta nalaze nezaštićeni dijelovi električnog postrojenja koji su pod naponom.

U slučaju posebnih okolnosti kao što su: spašavanje života, elementarna nepogoda, izvanredno stanje, značajniji kvarovi i slično radovi se mogu obavljati u uvjetima okoliša koji su izvan navedenih uvjeta uz primjenu dodatnih zaštitnih mjera, a prema ocjeni rukovoditelja radova, osim u slučaju da prijete opasnost od atmosferskih pražnjenja. Rukovoditelj radova je dužan privremeno prekinuti radove ako procijeni da ih nije moguće izvesti na dovoljno siguran način, unatoč primjeni dodatnih mjera zaštite.

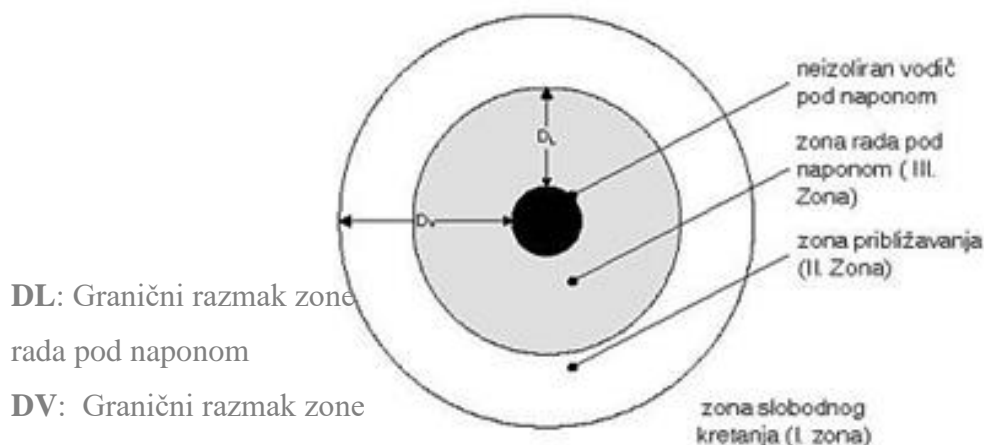
### 3.3. Zone opasnosti u elektroenergetskim postrojenjima

Kretanje, boravak i rad u električnim postrojenjima povezani su s brojnim opasnostima, ali stupanj opasnosti nije jednak na svim mjestima. Iz tog razloga se električna postrojenja dijele u tri zone:

**I. zona**- zona slobodnog kretanja

**II. zona** – zona približavanja

**III. zona** – zona rada pod naponom



Slika 2 Definicija graničnih razmaka u zraku i podjela na zone opasnosti [6]

**Zona slobodnog kretanja (I. zona)** je svaki prostor izvan zone približavanja unutar električnog postrojenja, odnosno dio stupova nadzemnih vodova od zemlje do zone približavanja. To je prostor u električnim postrojenjima i na nadzemnim vodovima koji je udaljen od dijelova pod naponom najmanje za graničnu udaljenost zone približavanja  $DV^2$  (slika 2.).

---

<sup>2</sup> Granični razmak zone približavanja DV je razmak koji omeđuje zonu približavanja, a dobiva se tako da se graničnom razmaku zone rada pod naponom pridoda zona približavanja

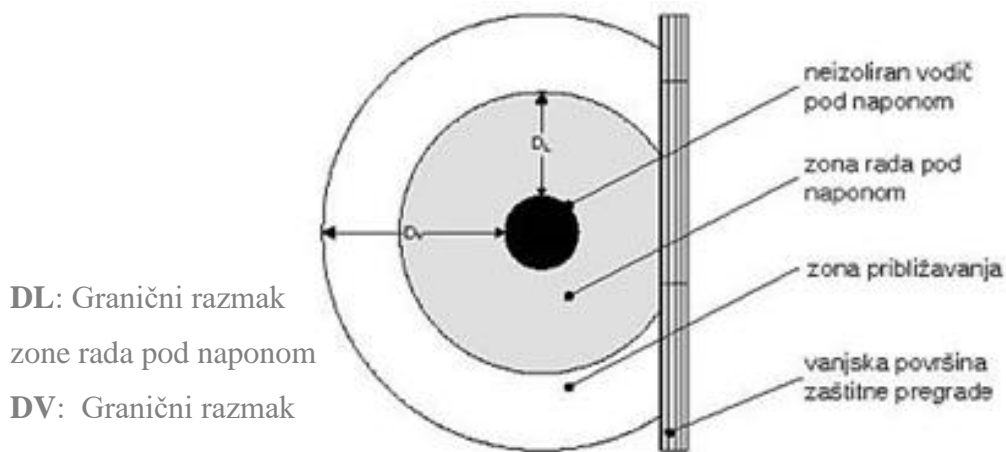
Zona slobodnog kretanja u električnim postrojenjima obuhvaća i tehničke i administracijske prostorije, garaže, radionice, skladišta, garderobe, prostorije sanitarnih sadržaja i ostale slične prostore.

U zoni slobodnog kretanja osobe svojim postupcima ne mogu doći u blizinu dijelova električnog postrojenja koji su pod naponom, niti prouzročiti opasnost za ljude i električno postrojenje, stoga u ovoj zoni nisu potrebna posebna pravila i mjere zaštite pri kretanju i radu.

**Zona približavanja (II. zona)** je prostor oko zone rada pod naponom u kojem se pri radovima moraju primijeniti određene mjere zaštite za sprječavanje zadiranja bilo kojeg dijela tijela radnika ili njegova alata u zonu rada pod naponom.

Prostor oko zone rada pod naponom omeđen je:

- graničnim razmakom zone približavanja DV slobodnom prostoru (slika 2.)
- zaštitnom izolacijskom pregradom, uzemljenom pregradom, ogradom, zidom ili drugom zaprekom koja onemogućava približavanje zoni rada pod naponom (slika 3).



Slika 3 Ograničavanje zone rada pod naponom zaštitnom izolacijskom pregradom [6]

Granični razmak zone približavanja DV dobije se na način da se granični razmak zone rada pod naponom  $DL^3$  poveća za sljedeće vrijednosti:

- 300 mm za niskonaponska električna postrojenja, instalacije i opremu
- 1.000 mm, odnosno 1.030 mm za električna postrojenja visokog napona[6].

Ulazak ili zadiranje u zonu približavanja bilo kojim dijelom tijela, predmetom ili alatom dopušten je u slučaju izvođenja radova u blizini dijelova pod naponom, ali uz propisane uvjete te uz primjenu odgovarajućih mjera zaštite kojima se sprječava ulaz u zonu rada pod naponom.

U zonu približavanja spadaju i neki prostori unutar električnog postrojenja u kojima ne prijete opasnost od prodora u zonu rada pod naponom, ali osobe koje borave u tim prostorima mogu svojim neprimjerenim ili nehotičnim radnjama izazvati nezgodu, a time ozljedu ili štetu. To mogu biti sljedeći prostori: upravljačke prostorije, prostorije za smještaj mjernih, zaštitnih, informatičko-procesnih ili telekomunikacijskih uređaja, prostorije za smještaj akumulatorskih baterija ili kompresora ili agregata, kabelski prostori i hodnici, prostorije za smještaj opreme pomoćnog napajanja, prostor za smještaj uređaja protupožarne zaštite, hodnici, putovi i prolazi i ostalo.

**Zona rada pod naponom (III. zona)** je prostor oko dijelova električnog postrojenja koji su pod naponom, u kojem izolacijska razina ne osigurava zaštitu od električne opasnosti u slučaju zadiranja u taj prostor bez primjene posebnih zaštitnih mjera. To je prostor oko dijelova pod naponom omeđen graničnim razmakom zone rada pod naponom  $DL$  (slika 1).

Zona rada pod naponom obuhvaća ćelije srednjeg napona rasklopnih električnih postrojenja u zatvorenom prostoru, ograđene prostore za smještaj opreme u kojima se noseće uzemljene konstrukcije nalaze na visini manjoj od 2,5 m (primjerice: transformator SN/NN, električno postrojenje za kompenzaciju jalove energije i slično),

---

<sup>3</sup> Granični razmak zone rada pod naponom  $DL$  je razmak koji omeđuje zonu rada pod naponom i predstavlja najmanje dopušteni razmak između dijelova pod naponom i bilo kojeg dijela tijela radnika, odnosno neizoliranog alata ili opreme koju radnik upotrebljava prigodom radova u blizini napona

prostor oko neizoliranih dijelova do uzemljenih dijelova (do ruba izolatora na koji je pričvršćen aktivni dio) u električnim postrojenjima u kojima se noseće uzemljene konstrukcije opreme koja je pod naponom nalaze na visini većoj od 2,5 m te prostor nadzemnog voda oko golih vodiča omeđen graničnim razmakom zone rada pod naponom DL. Prostor zone rada pod naponom treba biti odijeljen od ostalog prostora propisanim ogradama, pregradama, mrežama, zidovima ili se nalaziti izvan zone dohvata rukom. [6]

Ulazak ili zadiranje u zonu rada pod naponom (III. zona) dopušten je isključivo u slučaju izvođenja radova pod naponom radnicima navedenim u ispravama za rad te uz propisane uvjete i strogu primjenu propisanih zaštitnih mjera, izvođenja radova u beznaponskom stanju radnicima koji izvode osiguranje mjesta rada, radnicima navedenim u ispravama za rad (nakon osiguranja mjesta rada) te osobama unutarnjeg i vanjskog nadzora (nakon osiguranja mjesta rada). [6]

### **3.4. Izvođenje radova u elektroenergetskim postrojenjima**

#### **3.4.1. Rad u beznaponskom stanju**

Rad u beznaponskom stanju je svaki rad na električnom postrojenju koje nije pod naponom ni električnim nabojem, a koji se može izvesti tek nakon provedbe svih mjera zaštite za sprječavanje električnih opasnosti. Siguran rad i mogućnost primjene pet pravila sigurnosti temelje se na prepoznavanju svih prisutnih rizika (opasnosti) i detaljnoj pripremi rada koja mora predvidjeti načine uklanjanja svakog pojedinog rizika, a radnici na osnovi ove pripreme moraju odabrati i primijeniti odgovarajuću osobnu zaštitnu opremu i sredstva rada. [6]

Prije početka radova u beznaponskom stanju, odnosno prije pristupa radnika na mjesto rada, obvezno je osigurati mjesto rada primjenom zaštitnih mjera poznatih pod nazivom **pet pravila sigurnosti** :

1. potpuno isključenje i odvajanje od napona
2. sprječavanje ponovnog uključanja



3. utvrđivanje beznaponskog stanja

4. uzemljivanje i kratko spajanje

5. ograđivanje mjesta rada od dijelova pod naponom.

Ove zaštitne mjere primjenjuju se navedenim redoslijedom.



Slika 4. "Pet pravila sigurnosti" za osiguranje mjesta rada

### 3.4.2. Rad u blizini napona

Radom u blizini napona smatra se svaki rad pri kojem radnik dijelom tijela, alatom ili bilo kojim predmetom ulazi ili se nalazi u zoni približavanja, a postoji mogućnost, odnosno opasnost zadiranja u zonu rada pod naponom.

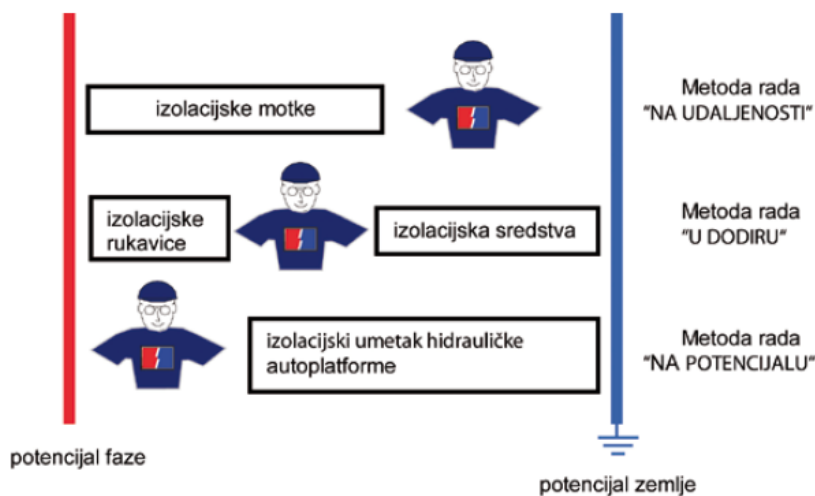
S obzirom na stupanj opasnosti i primjenu odgovarajućih mjera sigurnosti razlikujemo slučajeve kada:

- mjesto rada nije fizički odvojeno pregradama, zidovima ili mrežama od dijelova postrojenja pod naponom, ali dovoljno udaljeno da je isključena mogućnost izravnog dodira (mjesto rada je u I. zoni)
- mjesto rada je odvojeno pregradama, zidovima ili mrežama od dijelova postrojenja pod naponom, ali postoji mala vjerojatnost izravnog dodira
- mjesto rada u zoni približavanja (II. zona)

### 3.4.3. Rad pod naponom

Rad pod naponom je planirani rad na izgradnji, dogradnji, rekonstrukciji, popravcima i održavanju električnih postrojenja koji se provodi bez isključivanja izvora napajanja mjesta rada. To je svaki rad pri kojem radnik namjerno uspostavlja dodir s dijelovima pod naponom dijelom svog tijela ili alatima, uređajima ili opremom kojom rukuje i time ulazi u zonu rada pod naponom. Zahvati poput ispitivanja prisutnosti napona i primjena naprava za uzemljivanje i kratko spajanje ne spadaju u poslove rada pod naponom.

Rad pod naponom zahtijeva veći stupanj znanja i iskustva, posebno osposobljavanje, značajne psihofizičke sposobnosti radnika i radnu disciplinu. [1] Pri tehnologiji rada pod naponom tri su mogućnosti radnih postupaka obzirom na primijenjene mjere zaštite od osnovnog rizika: rad uz dodir, rad na udaljenosti i rad na potencijalu.

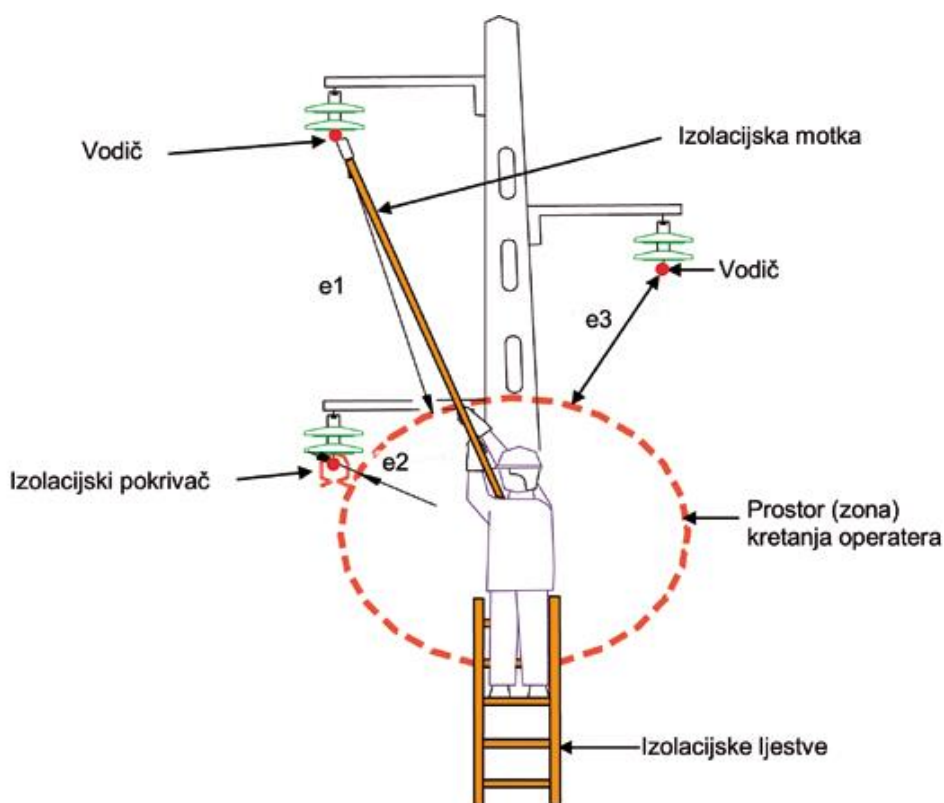


Slika 5 Položaji zaštitnih elemenata prema metodama rada pod naponom[8]

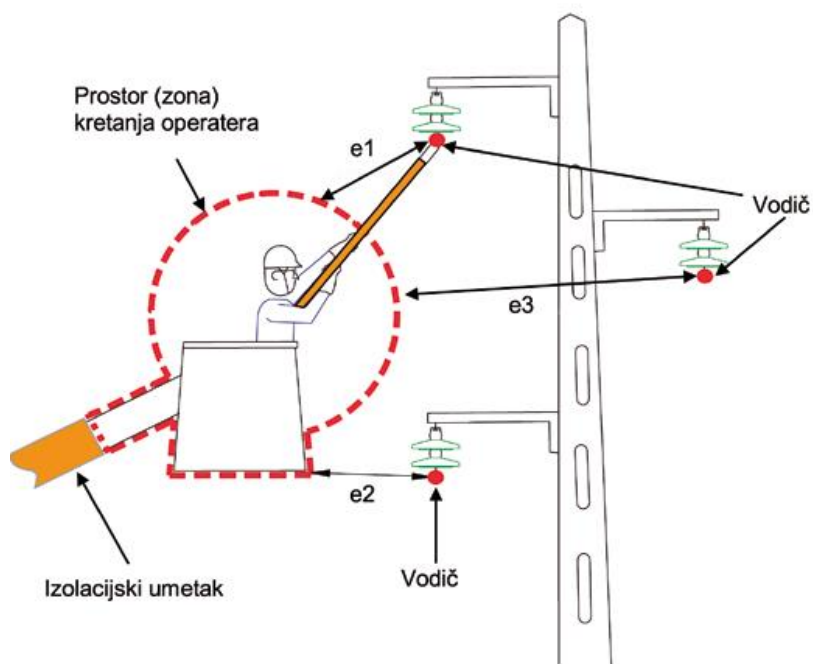
### 3.4.3.1. Metoda rada „na udaljenosti“

Na srednjem naponu se koriste dvije tehnologije. Jedna od mogućnosti je metoda "na udaljenosti". U tom slučaju monter se nalazi izvan opasne zone, te koristi izolacijske motke tzv. "produžene ruke". Duljina motke ovisi o nazivnom naponu postrojenja na kojem se radi. Druga verzija uvjetuje raspoloživost izolirane dizalice korpom ili izoliranu platformu. [2]

Pri radu metodom "na udaljenosti", operater stoji izvan minimalne udaljenosti približavanja (MUP), osim ako se upotrebljavaju utvrđeni zaštitni sustavi, i radi na aktivnim dijelovima pomoću alata učvršćenih na krajevima izolacijskih motki ili užeta koja su prikladno izolirana s obzirom na naponske razine dijelova na kojima će se raditi.[9]



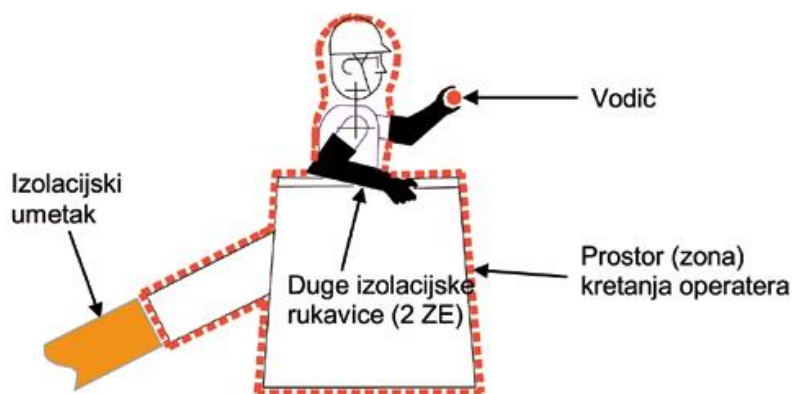
Slika 6. Rad "na udaljenosti" sa stupa [10]



Slika 7. Rad “na udaljenosti“ iz košare hidrauličke autoplatforme s izolacijskim umetkom [10]

### 3.4.3.2. Metoda rada „u dodiru“

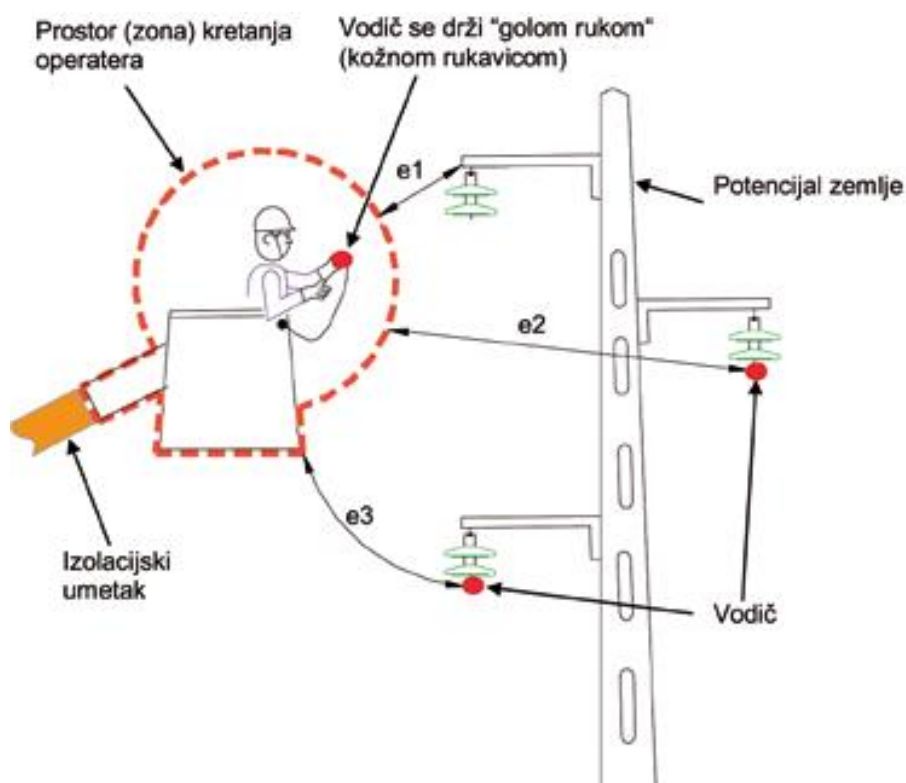
Na niskom naponu koristi se metoda "u dodiru". Monter koristi, pored ostalih zaštitnih sredstava, gumene zaštitne rukavice, izolacijsku obuću te izolirane ručne alate. Sve neizolirane dijelove koji bi mogli biti opasni po život ili bi mogli načiniti kratki spoj monter treba prekriti izolacijskim prekrivačima, kapama, folijama. [2]



Slika 8. Prostor (zona) kretanja pri radu metodom “u dodiru“ [10]

### 3.4.3.3. Metoda rada „na potencijalu“

Metoda rada „na potencijalu“ izvodi se najčešće na visokom i vrlo visokom naponu i često je potpomognut radom na daljinu. Pri radu na potencijalu, monter se izolacijskim ljestvama, izolacijskom platformom ili košarom ovješenoj na izolator približava dijelu pod naponom. Zaštitna odjeća koju pri tome nosi sadrži metalno pletivo čime tvori svojevrsan Faradayev kavez. Potrebno je savitljivim vodičem povezati zaštitno odijelo sa dijelom pod naponom, kako bi se osiguralo da nema razlike potencijala. Radnik sve radove izvodi tako da održava najmanji sigurnosni razmak prema uzemljenim dijelovima i dijelovima sa različitim potencijalom.



Slika 9. Metoda rada “na potencijalu“ iz košare hidrauličke autoplatforme s izolacijskim umetkom [10]

## 4. TEHNOLOGIJA RADA POD NAPONOM NA NISKOM NAPONU

Tehnologija rada pod naponom u Hrvatskoj preuzeta je od Francuske elektroprivrede (Électricité de France) i prilagođena je elektroenergetskoj mreži Hrvatske elektroprivrede. Sama tehnologija je opisana u biltenu Hrvatske elektroprivrede „Opći uvjeti izvođenja radova pod naponom na niskom naponu“ (OUIR-NN) i u biltenu 508 „Uvjeti za izvođenje radova pod naponom – radni postupci na niskom naponu“ (UIR-NN).

Opći uvjeti za izvođenje radova (u daljnjem tekstu OUIR-NN) primjenjuju se na radove pod naponom na električnim postrojenjima niskog napona, do 1000 V izmjenično i do 1500 V istosmjerno. Oni su usklađeni sa zahtjevima norme HRN EN 50110-1.

OUIR-NN namijenjeni su za korištenje osobama na radu koje su osposobljene i uključene u izvođenju radova pod naponom na električnim postrojenjima niskog napona kako je to definirano važećim Pravilnikom o zaštiti na radu pri korištenju električne energije. Uvjeti za izvođenje radova (OUIR-NN) su opća pravila koja moraju poštovati radnici koji rade pod naponom.

OUIR-NN pokrivaju područje rada pod naponom (RPN) na malim naponima i na niskom naponu (NN) na konstrukcijama, instalacijama i opremi, korištenjem metoda rada na udaljenosti i u dodiru s izolacijskim rukavicama. Nije dopuštena primjena metode rada na potencijalu.

Rad na potencijalu nije dopušten zbog malih udaljenosti između dijelova električnog postrojenja na različitim fiksnim potencijalima i zbog toga što se operater, bez obzira na načine izoliranja dijelova na potencijalu zemlje, uvijek smatra galvanski vezanim uz potencijal zemlje.

OUIR-NN pokriva rad pod naponom i čišćenje na:

- nadzemnim i podzemnim sustavima za distribuciju električne energije, javnu rasvjetu i priključcima
- na javnim i privatnim instalacijama, električnoj opremi, vodovima i uređajima

- kontrolnim, mjernim i telekomunikacijskim krugovima, uključivo i napajanje njihovih sekundarnih krugova
- akumulatorskim baterijama i njihovim energetske krugovima
- električnim vodovima, usponskim vodovima i servisnim sustavima.

Postupci radova pod naponom ne pokrivaju instalacije kod kojih su svi aktivni dijelovi izolirani od ostalih instalacija pomoću dvostruke ili pojačane izolacije s jedne strane i koje su izolirane od zemlje i svih zaštitnih vodiča koji pripadaju nekoj drugoj instalaciji s druge strane, instalacije u kojoj su svi aktivni dijelovi izolirani i galvanski odvojeni preko transformatora za odvajanje od aktivnih dijelova svih drugih instalacija te Telekomunikacijske, mjerne, kontrolne i upravljačke krugove kod električnih distribucijskih mreža koje koriste napone koji ne prelaze 100 V.

Uvjeti (OUIR-NN) omogućavaju sve moguće primjene i za svakog se radnika mora definirati područje specifične primjene aktivnosti te voditi računa o karakteristikama odgovarajuće opreme i instalacija, aktualnim zahtjevima za radom pod naponom i kvalifikaciji odgovarajućeg osoblja.

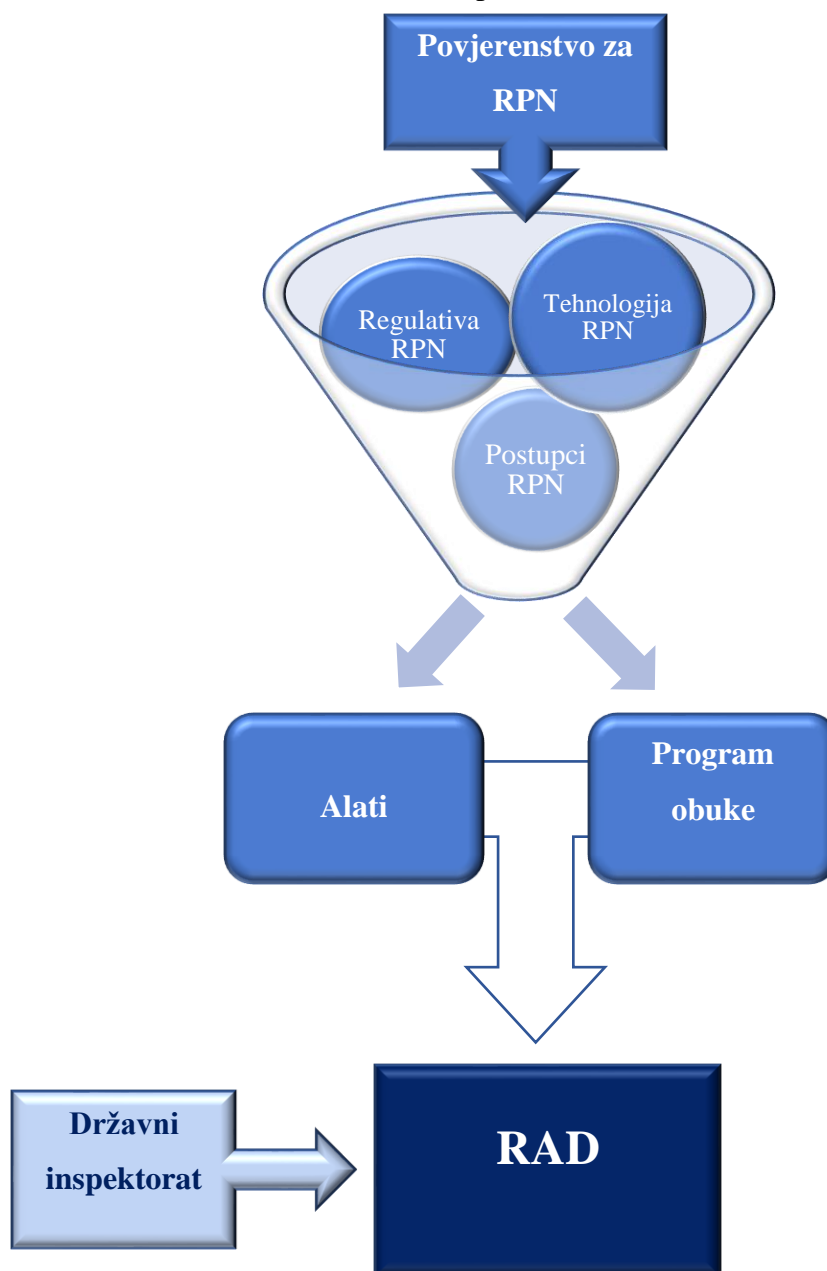
Tablica 1. Opis podjele električne opreme prema OUIR-NN[11]

Podjela električne opreme		
<b>Z</b>	Nadzemni vodovi	Nadzemni električni vodovi neizoliranim vodičima ili izoliranim vodičima, spojna i razvodna oprema
<b>U</b>	Unutrašnja oprema	Električni vodovi, usponski vodovi ili drugo, s neizoliranim ili izoliranim vodičima i izolacijom i opremom za unutrašnjost objekata
<b>P</b>	Podzemni vodovi	Podzemne električne mreže u kanalima ili iskopima i spojnoj opremi.
<b>KTT</b>	Upravljački, telekomunikacijski i mjerni vodovi	Električne instalacije i oprema u razvodnim kutijama i kanalima, izvori napajanja pomoćnih strujnih krugova (releji)

Dvije osnovne opasnosti koje se javljaju pri izvođenju radova pod naponom na niskom naponu su opasnost od električnog udara i kratkog spoja, pa se na osnovu njih određuju i mjere zaštite, a o tome detaljnije piše u cjelinama 4.2. i 4.3. u nastavku.

#### 4.1. Način uvođenja tehnologije rad pod naponom

Grafički prikaz 2. Pojednostavljeni prikaz uvođenja tehnologije rada pod naponom u praksu





Na grafičkom prikazu 2. prikazani su koraci i uvjeti koje je potrebno ispuniti kako bi se uvela tehnologija rada pod naponom u poslovnu praksu.

Povjerenstvo za rad pod naponom je nezavisno tijelo u koje čine stručnjaci iz resornih ministarstava, elektroprivrednih tvrtki, državnih inspektorata, instituta i sl. Povjerenstvo je krovna organizacija koja donosi, dopunjava i izmjenjuje sve potrebne uvjete za rad pod naponom.

Prema propisima i regulativama, normama i standardima za rad pod naponom, dizajniraju se i proizvode specijalni alati i materijali za rad.

Program obuke i usavršavanja provodi Nastavno obrazovni centar (HEP-NOC Velika). Nastavno obrazovni centar izrađuje i verificira obrazovne programe i provodi teorijsku i praktičnu obuku. Obrazovni programi moraju biti verificirani i od strane Ministarstva za obrazovanje, znanost i školstvo.

Elektrodistribucijske tvrtke dužna su uskladiti interna pravila i uvjete s postojećom zakonskom regulativom, te organiziraju radove pod naponom.

I u konačnici, državni inspektorat za zaštitu na radu i državni inspektorat za elektroenergetiku kontroliraju uvođenje tehnologije rada pod naponom i njenu primjenu u praksi.

#### **4.2. Mjere sprječavanja električnog udara**

Električni udar nastaje kada se operater nađe spojen na dva različita potencijala i tada struja teče njegovim tijelom. Kako bi se to izbjeglo, u strujni krug je potrebno uključiti otpor. Prvi mogući način je uključiti otpor između ruke i vodiča. U tom slučaju, ovisno o naponskom nivou između vodiča i zemlje, korišteni otpor se sastoji od izolacijske motke ili izolacijskih rukavica. Sam operater ostaje na sigurnoj udaljenosti od vodiča. Drugi način uvođenja otpora u strujni krug je između stopala radnika i zemlje. Otpor može biti izolacijska platforma ili izolacijske ljestve. U ovom slučaju je radnik na istom potencijalu kao i vodič, kojeg onda može dirati bez opasnosti.

Operater mora biti neprestano svjestan da je on vodič na potencijalu zemlje. Uporaba dodatnih zaštitnih sredstava i opreme protiv električnog udara ne mora uvijek zaštititi operatere koji koriste metodu rada na dodiru. Uporaba koloturnika od izolacijskog materijala, dizalica s izoliranom košarom, izolacijskih tepiha, specijalnih čizama ili cipela, u pojedinim slučajevima nije dovoljna zaštita operatera.

Ako nema zaštitne opreme, operater je dužan održavati udaljenost (razmak) koja je jednaka ili veća minimalnoj udaljenosti približavanja (MUP-NN) od 0,30 m između nezaštićenih dijelova svog tijela od aktivnih dijelova i vodljivih dijelova koji također moraju biti na MUP-NN, a s kojima bi mogao doći u dodir i to mora održavati tijekom cijelog trajanja rada i kod svih pokreta.

Zaštitna oprema uključuje uporabu odgovarajućih izolacijskih rukavica.

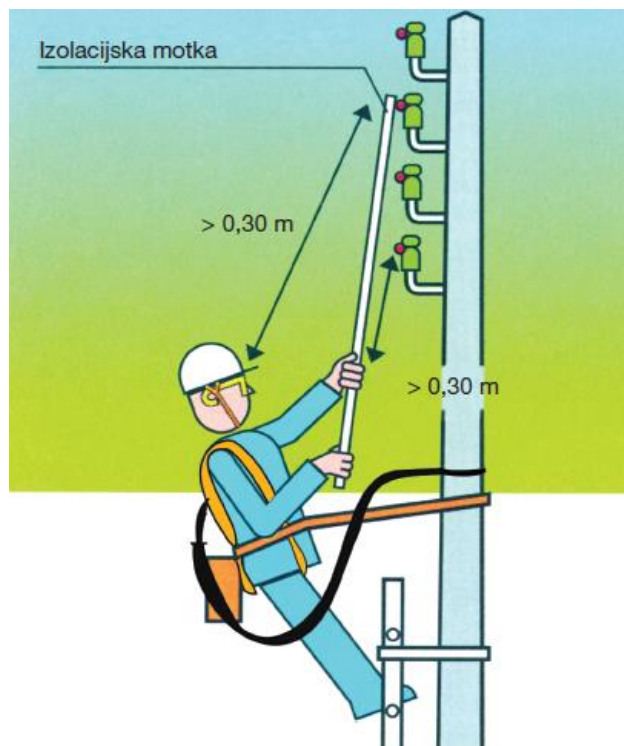
Operater mora voditi računa da vodljive neizolirane dijelove na kojima ne radi izravno, a koji su na mjestu rada, zaštititi određenim zaštitnim sredstvima.

Ako se ne može zadovoljiti MUP-NN od 0,30 m, tada operater mora sve aktivne neizolirane dijelove staviti izvan dohvata izolirajući ih odgovarajućim izolacijskim sustavima, ili uvođenjem izolacijskih barijera onemogućiti dodir s njima ili izolirajući nezaštićene dijelove svog tijela tako da mogu doći i na udaljenost manju od 0,30 m od aktivnih dijelova, odnosno od vodljivi dijelova s kojima može doći u dodir.

#### 4.2.1. Metode rada pod naponom na niskom naponu

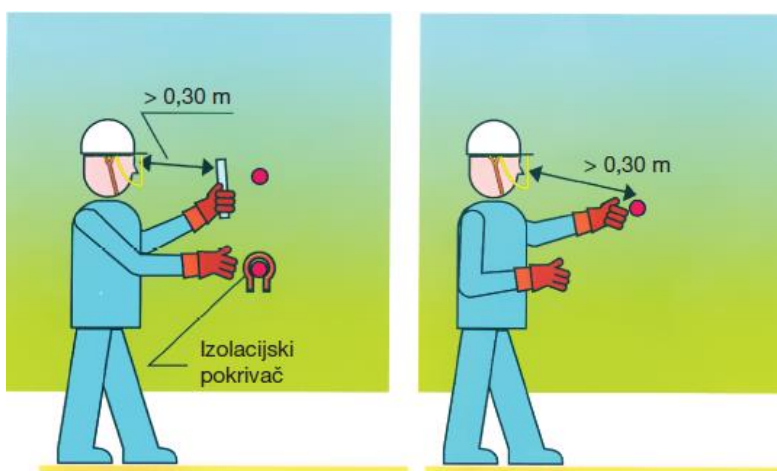
Metode rada pod naponom na niskom naponu podrazumijevaju metodu rada na udaljenosti i metodu rada u dodiru s izolacijskim rukavicama. Svaka od metoda mora ispunjavati uvjete zaštite operatera (radnika) od opasnosti od ozljede ili smrti uzrokovane djelovanjem električne struje, kao i uvjete zaštite od kratkog spajanja vodiča i dijelova pod različitim potencijalima.

Metoda rada na udaljenosti uporabom izolacijskih cijevi (motki) predviđa zadržavanje izvan MUP-NN od 0,30 m od aktivnih neizoliranih dijelova i uporabu odgovarajućih (odobrenih) izolacijskih alata (slika 10).



Slika 10. Metoda rada na udaljenosti korištenjem izolacijske motke [11]

Korištenje metode rada u dodiru uključuje nošenje izolacijskih rukavica kako bi se moglo doći u dodir s neizoliranim aktivnim dijelovima na kojima se radi izravno ili korištenjem alata. Kod metode rada s izolacijskim rukavicama, savitljivi izolacijski pokrivač skida se samo za vrijeme i na mjestu samog zahvata. Nakon završetka rada na vodiču, izolaciju je potrebno obnoviti, a sve pokrivače skinuti propisanim redoslijedom. [12]



Slika 11. Metoda rada u dodiru s izolacijskim rukavicama [11]

Prije početka rada operater mora utvrditi mjesto rada i voditi računa o svim aktivnim neizoliranim NN dijelovima, bez obzira na to jesu li u tom prostoru, primjenjujući postupke propisane u OUIR-NN.

Kada okolina, položaj rada ili uvjeti na mjestu rada predviđaju stalni dodir između nezaštićenog dijela tijela operatera i zemlje ili poda, pri čemu se to ne može izbjeći, operater mora voditi računa o provođenju dodatnih mjera zaštite. Dodatna zaštita nikada ne oslobađa operatera od potrebe uporabe zaštitnih izolacijskih rukavica.

Savitljivi izolacijski pokrivači upotrebljavaju se kod izoliranja zemlje i susjednih aktivnih neizoliranih dijelova (u tijesnim, uskim prostorima) i kod rada u rovovima i tunelima. Zidovi iskopa (kanala, rova) su na potencijalu zemlje i moraju se zaštititi izolacijskim materijalom. Operater koji ne nosi specijalne cipele ili čizme mora stajati na izolacijskom tepihu ili postolju. [11]

#### **4.3. Mjere sprječavanja kratkih spojeva**

Kratki spoj nastaje dodirivanjem dijelova električnih postrojenja na različitim fiksnim potencijalima (između vodiča različitih faza, faznog vodiča i neutralnog vodiča, faznog vodiča i zemlje uključujući i napone koji su niži od 50 V, kada se spoje stezaljke akumulatora ili ako polovi vodova istosmjerne struje dođu u dodir).

Tijekom rada pod naponom, operater može izazvati kratki spoj:

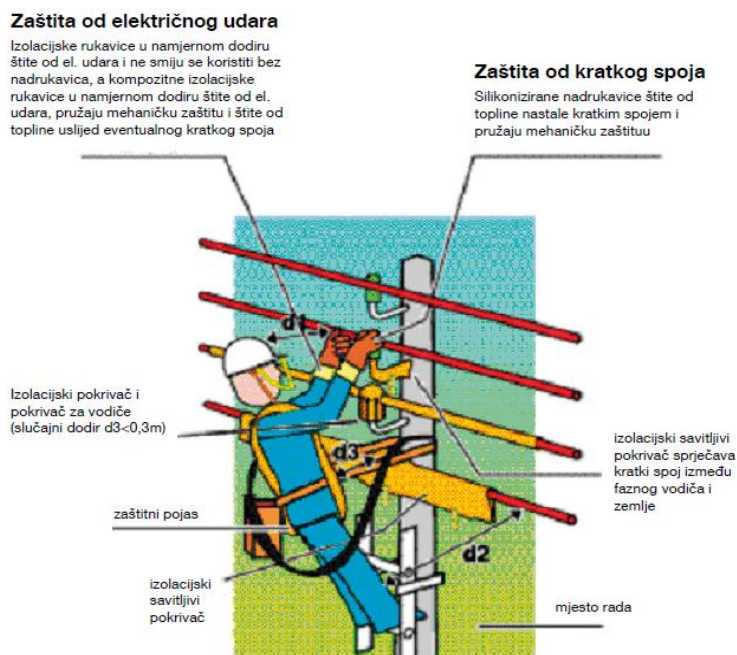
- rukujući alatom koji ima nezaštićeni metalni dio
- pomičući aktivne neizolirane vodljive dijelove
- premošćući izolator metalnim dijelom alata
- micanjem ili postavljanjem vezne žice (na izolatoru nadzemnog voda)
- slučajnim padom nekog metalnog predmeta između dijelova na različitim potencijalima
- nepravilnim čišćenjem aktivnih neizoliranih dijelova itd.

Tijekom rada operater mora biti siguran da neće doći u dodir ni jedan neizolirani vodljivi dio na fiksnom potencijalu s nekim drugim dijelom na nekom drugom fiksnom

potencijalu, niti na lutajućem potencijalu, istodobno u dodir s dva neizolirana vodljiva dijela na različitim fiksnim potencijalima.

Neizolirani vodljivi dio može, primjerice, biti neki neizolirani alat ili neki izolirani alat s nezaštićenim dijelom. Uporabom izolacijskog alata otklanja se opasnost od kratkog spoja. Primjerice, ako postoji bilo kakva opasnost od dodira, operater mora otkloniti mogućnost nastanka kratkog spoja pokrivanjem svih neizoliranih dijelova na različitim fiksnim potencijalima nekim od sredstava izoliranja, osim onog na kojem radi. Navedeno se može odnositi i na izolaciju zemlje ili neizoliranih vodljivih dijelova kako bi se osiguralo da vodljivi dijelovi ne mogu doći u kratki spoj, uključujući i slučajeve koje operater može kontrolirati (primjerice podizanje stupa).

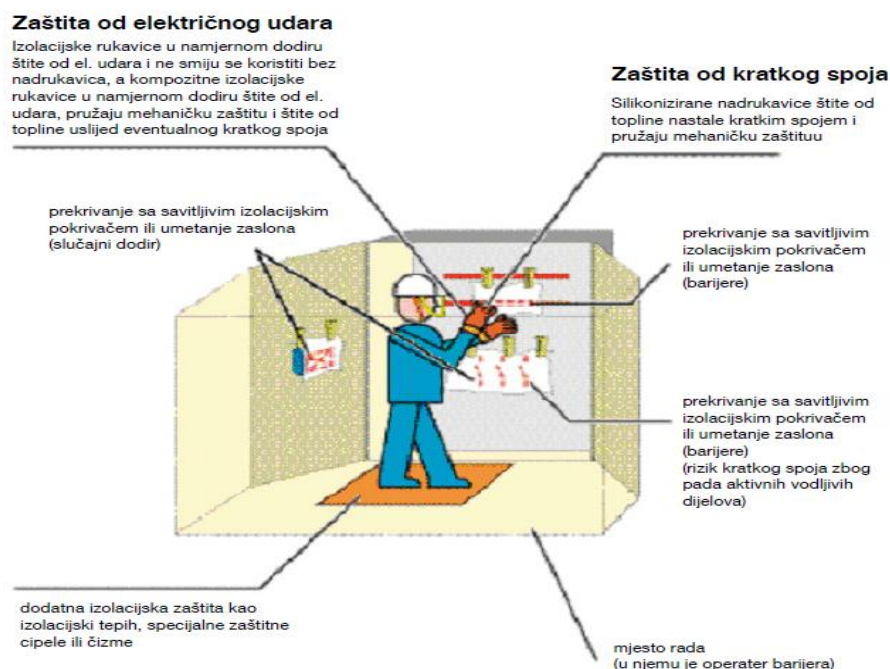
Operater mora procijeniti opasnost od dodira na temelju dimenzija neizoliranih vodljivih dijelova na kojima radi, neizoliranih dijelova izoliranoga alata, mogućnostima pomicanja dijelova u električnom okolišu i vlastitih pokreta i aktivnosti. Nakon procjene opasnosti od kratkog spoja operater mora poduzeti nužne mjere zaštite izoliranjem čitavog uređaja, osim onog dijela na kojem želi raditi, ili dijelova na fiksnim potencijalima u neposrednoj blizini neizoliranih dijelova uređaja ili vodiča na kojima želi raditi. Izolacija se ostvaruje prekrivanjem odgovarajućim izolacijskim pokrivačima.



Slika 12. Rad pod naponom na nadzemnim vodovima s neizoliranim vodičima[11]

Prije pomicanja neizoliranih vodljivih dijelova mehanički učvršćenih sustava, operater mora osigurati učvršćenost dijelova na mjestu. Nakon pomicanja mehanički učvršćenog sustava operater mora izolirati neizolirane vodljive dijelove ili kontrolirati pomicanje radi otklanjanja mogućnosti kratkog spoja. Zadovoljavanje ovih uvjeta može značiti, primjerice, izoliranje oba kraja, kada se presječe neki vodič.

Kada se radi na izoliranim kabelima, operateru smije biti dostupan samo jedan potencijal (onaj na kojemu radi), tako da se spriječi opasnost od kratkih spojeva između faznih vodiča ili između faznih i neutralnog vodiča jer takav posao najčešće zahtijeva uporabu alata s metalnim dijelovima koji mogu prouzročiti kratke spojeve. Da bi se osigurala pristupačnost samo jednog potencijala, operater mora djelomično izolirati vodič prije skidanja izolacije nekog drugog vodiča, tako da ne nastane kratki spoj između faznih ili između faznih i neutralnog vodiča. Ta mjera neće otkloniti opasnost od kratkog spoja između faznih vodiča i zemlje, ona se otklanja mjerama koje su ranije opisane, a to je zaštita pokrivanjem zemlje. Materijal za pokrivanje postavljen za sprječavanje opasnosti od električnog udara može poslužiti i za zaštitu od kratkog spoja.



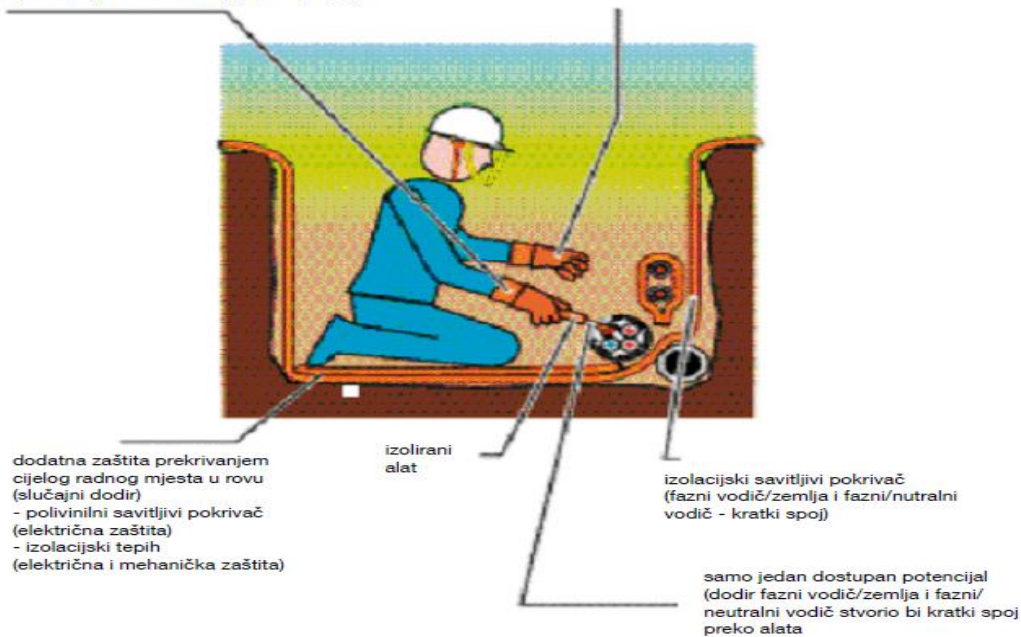
Slika 13. Rad pod naponom na opremi u razvodnim kutijama i ormarima u vlažnim prostorima[11]

#### Zaštita od električnog udara

Izolacijske rukavice u namjernom dodiru štite od el. udara i ne smiju se koristiti bez nadrukavica, a kompozitne izolacijske rukavice u namjernom dodiru štite od el. udara, pružaju mehaničku zaštitu i štite od topline uslijed eventualnog kratkog spoja

#### Zaštita od kratkog spoja

Silikonizirane nadrukavice štite od topline nastale kratkim spojem i pružaju mehaničku zaštitu



Slika 14. Rad pod naponom na podzemnim kabelima[11]

#### 4.4. Osobna zaštitna oprema izvršitelja radova

Osobna zaštitna oprema (OZO) su sredstva zaštite svakog operatera, pa je on odgovoran za njeno održavanje i provjeru. OZO je obvezna za sve vrste radova pod naponom, osim ako nije posebno naglašena iznimka.

Drugi operater koji se približi operateru ili slučajno dođe u dodir s operaterom izravno ili preko alata ili predmeta bilo koje vrste, mora imati OZO koja odgovara vrsti i naravi opasnosti kojoj je izložen operater.

Da bi se umanjila moguća opasnost od kratkog spoja i električnog udara operater ne smije nositi nikakve metalne predmete ili privjeske oko zglobova na ruci ili oko vrata. Vodeći računa o tome mora se paziti na narukvice ili lančice koji vise, i metalne vodljive dijelove koji mogu ispasti iz džepova i dovesti do kratkog spoja ili doći u dodir s fiksnim potencijalom ili s nekoliko različitih fiksnih potencijala.

Operaterima je strogo zabranjeno nošenje zaštitnih naočala ili sunčanih naočala koje imaju metalne okvire i držače.

Operateri se moraju koristiti odgovarajućom utvrđenom osobnom zaštitnom opremom, određenom na temelju procjene rizika, vodeći računa o uvjetima na mjestu rada i metodi rada koja se koristi. Ovi uvjeti primjenjuju se na operatera i sve one koji se nalaze na mjestu rada.

Uz osobnu zaštitnu opremu, koja je propisana za radove u skladu s propisima i pravilima zaštite na radu – radu na visini, operateri moraju nositi osobnu zaštitnu opremu, kako je opisano u poglavljima 4.2. "Mjere sprječavanja električnog udara" i 4.3. "Mjere sprječavanja kratkih spojeva".

#### 4.4.1. Zaštita glave

Glava operatera mora biti zaštićena od posljedice mehaničkih izvora opasnosti (udarca), električnog udara i kratkog spoja.

Osobna zaštitna oprema za zaštitu od udara je zaštitna kaciga s vezivanjem ispod brade. Zaštitna kaciga svojim karakteristikama koje proizlaze iz izrade i upotrijebljenih materijala mora osigurati zaštitu od mehaničkih ozljeda glave koje mogu biti posljedica kretanja operatera, nekontroliranih ili nehotećnih pokreta glavom u blizini dijelova električnog postrojenja (npr. konzole na stupu, zidani dijelovi i drugi dijelovi opreme u transformatorskim stanicama i sl.), nehotećnih udara komadima alata (npr. pad alata ili dijela opreme sa stupa na glavu operatera u blizini stupa), nehotećnih udara dijelovima opreme pri transportu na visinu ili spuštanju opreme u kabelski rov i ostalih izvora mehaničkih opasnosti za glavu operatera.

Radi ublažavanja udara i smanjivanja prijenosa energije udara u glavu na vratne kralješke zaštitna kaciga može imati ugrađene ublaživače udara na središnjem gornjem dijelu kacige, poput umetaka s lomljivim plastičnim vijcima (eng. crash box, shock absorber).



Osobna zaštitna oprema koja štiti od posljedica električnog udara (udarci zbog refleksnih reakcija...) je zaštitna kaciga izrađena od sintetičkog materijala, koja nema metalnih dijelova i ventilacijskih otvora.

Kratki spoj izaziva emisiju topline, UV zraka i prskanje iskri i komadića materijala. Zaštita od toplinskih učinaka ostvaruje se zaštitnom kacigom s viziorom za lice, koja nema otvore za ventilaciju i koja se ne topi zbog učinka električnog luka. Vizir pruža zaštitu od UV zraka. Kompletna zaštitna kaciga s viziorom pruža zaštitu od prskanja komadića materijala.



Slika 15. Zaštitna kaciga s viziorom za rad pod naponom [16]

#### 4.4.2. Zaštita tijela

Operater je obavezan nositi odjeću koja nema nikakvih metalnih zatvarača i pokriva sve dijelove tijela, osim glave i šaka. Odjeća koja bi mogla biti izravno izložena slučajnom učinku pojave električnog luka mora biti izrađena od materijala koji se ne topi ili gori zbog luka ili otvorenog plamena.

Mješavina pamuka i sintetike može ograničiti učinke električnog luka i spriječiti širenje plamena. Materijali za izradu patent-zatvarača, dugmadi i dr. moraju biti od nevodljivih i nezapaljivih materijala.

Radna odijela za rad pod naponom na niskom naponu trebaju biti izrađena od materijala koji zadovoljavaju ispitivanja minimalno prema normi HRN EN 61482-1-2 (ograničeni i

usmjereni električni luk u zatvorenom prostoru), a poželjno i prema HRN EN 61482-1-1 (određivanje razreda otpornosti na električni luk upotrebom otvorenog luka).

Zaštitna odjeća protiv toplinskih opasnosti od električnog luka mora zadovoljavati hrvatsku normu HRN EN 61482-2. Za električna postrojenja niskog napona radno odijelo bi trebalo imati oznaku klase 1 otpornosti na utjecaj električnog luka (4 kA/0,5 s). Tkanine radnih odijela izrađene od bioceluloznih vlakana imaju bolja svojstva u odnosu na tkanine izrađene aramidnih vlakana.



Slika 16. Odijelo za zaštitu od električnog luka[14]

Ako je nužno, operater može obući dodatnu osobnu zaštitnu opremu (primjerice kišnu kabanicu) preko njegove zaštitne radne odjeće.

Rukavi odjeće moraju se uložiti u izolacijske rukavice i ne smiju ih preklapati da ne bi poništile električnu zaštitu izolacijskih rukavica. Ovratnik zaštitnog radnog odijela mora biti izveden tako da zajedno s viziorom pruža potpunu zaštitu vrata operatera i mora se zakopčati do kraja.

Za rad s pomoću izolacijskih rukavica (rad u dodiru) predviđena je posebna zaštita dodatnim vanjskim rukavicama od silikonizirane kože (nadrukavice) ili se radi s pomoću kompozitnih izolacijskih rukavica. Za učinkovitu izolaciju izolacijske rukavice moraju imati završni dio (manžeta) najmanje 5 cm dulji od vanjskih kožnih rukavica. Izolacijske

rukavice štite od električnog udara. Dodatne rukavice od silikonizirane kože koje se postavljaju preko izolacijskih rukavica predstavljaju mehaničku zaštitu i zaštitu od topline nastale kratkim spojem.

Kompozitne izolacijske rukavice predstavljaju zaštitu od električnog udara, odnosno mehaničku zaštitu i zaštitu od topline nastale kratkim spojem.



Slika 17. Komplet izolacijskih rukavica i kožnih nadrukavica za RPN na NN[15]

#### 4.4.3. Zaštita nogu

Kada se rad obavlja u pogonskoj prostoriji električnog postrojenja koja ima djelomično ili prirodno vodljivi pod (primjerice, betonski pod smatra se prirodno vodljivim), operater upotrebljava zaštitnu radnu obuću za rad pod naponom ili mora stajati na izolacijskom tepihu ili na izolacijskoj klupici.



Slika 18. Izolacijske klupice za odvajanje od dijelova na potencijalu zemlje u vlažnim uvjetima [16]

Zaštitna obuća za izvođenje radova pod naponom na niskom naponu treba ispuniti opće i tehničke zahtjeve za osobna zaštitna sredstva. Pravilnicima su određeni opisi i tehničke specifikacije za niske zaštitne cipele bez metalnih dijelova i visoke zaštitne cipele bez metalnih dijelova. Ove cipele upotrebljavaju se za rad u suhim uvjetima rada. Za izvođenje radova pod naponom na niskom naponu u vlažnim uvjetima rada (kiša, rosa, snijeg, led, mraz) upotrebljavaju se gumene čizme.



Slika 19. Izolacijske cipele i čizma za rad pod naponom[16]

#### 4.5. Vremenski uvjeti na mjestu rada

Ograničenja primjene rada pod naponom kod niskog napona, koja ovise o vremenskim uvjetima prikazana su u tablicama 2,3 i 4 u nastavku.

Tablica 2 Ograničenja RPN na nadzemnim vodovima NN (vremenski uvjeti) [11]

Uvjeti	Nadzemni vodovi
Male atmosferske smetnje	Radovi mogu biti započeti i završeni.
Velike atmosferske smetnje	Radovi se ne smiju započinjati, ali radni postupci u tijeku se mogu završiti.
Gusta magla	Radovi se ne smiju započinjati, ali radni postupci u tijeku mogu se završiti.
Jak vjetar	Radovi se ne smiju ni započinjati ni završavati. Vjetar je jak kada ne dopušta operateru da se pravilno koristi alatom i opremom sa zadovoljavajućom preciznošću ili ako je operater zbog vjetra nestabilan.
Grmljavina	Radovi se ne smiju ni započinjati ni završavati.

Tablica 3 Ograničenja RPN na podzemnim vodovima i unutrašnjoj opremi NN[11]

Uvjeti	Podzemni vodovi i unutrašnja oprema
Male atmosferske smetnje	Male ili velike atmosferske smetnje Rad može biti započet ili završen ako je na mjestima: <ul style="list-style-type: none"> <li>– koja su zaštićena od smetnji</li> <li>– koja su zaštićena od pljuskova kiše</li> <li>– koja su dovoljno vidljiva.</li> </ul>
Gusta magla	Rad može biti započet ili završen ako je na mjestu rada dovoljna vidljivost.
Jak vjetar	Rad može biti započet ili završen ako je mjesto rada zaštićeno od udara vjetra.
Grmljavina	Rad ne smije biti ni započet ni završen.

Tablica 4 Ograničenja čišćenja pod naponom NN električnih postrojenja[11]

Uvjeti	Vanjske instalacije	Unutarnja oprema
Velike atmosferske smetnje, gusta magla, snažni vjetar	Radovi se ne smiju ni započinjati ni završavati. Vjetar se smatra jakim ako smeta operatera da se koristi alatom i opremom sa zadovoljavajućom preciznošću ili ako je operater zbog vjetra nestabilan.	Radovi se ne smiju ni započinjati ni završavati.
Grmljavina	Radovi se ne smiju ni započinjati ni završavati.	Radovi se ne smiju ni započinjati ni završavati.

#### 4.6. Pregled i održavanje alata za rad pod naponom

Sav alat koji se upotrebljava za rad pod naponom mora biti u skladu s normama za rad pod naponom. Sav alat prije rada treba vizualno pregledati na samom mjestu rada i utvrditi njegovu ispravnost. Svaki radnik odgovoran je za pregled i održavanje svog osobnog alata. Za pregled zajedničkog alata odgovoran je rukovoditelj radova.

Osim čišćenja tih dijelova, treba pregledati:

- trenutno stanje dijelova od izolacijskog materijala
- trenutno stanje izolacije izoliranih alata
- postojanje rupa ili ogrebotina na bilo kojem dijelu izolacije alata (potpuno ili djelomično oštećenje izolacije), izolacijskog materijala bez obzira na to je li savitljiv ili krut
- odsustvo bilo kakvih ogrebotina na gumenom materijalu (ili sintetičkom materijalu)
- odsustvo rupa ili ogrebotina, uključivo i one najmanje na izolacijskim rukavicama.

Ako se kod izoliranog alata vidi metal ili postoji samo tanki sloj izolacijske presvlake, tada se takav alat mora odmah staviti izvan uporabe, popraviti ga ili zamijeniti novim. Površinske pukotine ne sprječavaju da debeli izolacijski materijal ima ulogu izolatora (primjerice, gumeni čekić).

Tijekom pregleda rukavica ispravnost se utvrđuje napuhivanjem rukavica namatanjem kao što je prikazano na slici 20.



Slika 20. Utvrđivanje ispravnosti izolacijskih rukavica napuhivanjem[15]

Ostali dijelovi alata trebaju se provjeriti i utvrditi da nema vidljivih oštećenja (pukotina, deformacija itd.), da svi mehanizmi rade ispravno i da nema slomljenih kabela, užadi i kopči na alatima i materijalu. Mehaničke greške na alatu i greške na izolaciji mogu dovesti do ozbiljnih posljedica.

Alati koji ne zadovoljavaju pregled moraju biti izuzeti iz kompleta alata i dobiti oznaku da nisu za uporabu, te moraju biti poslani u ispitni laboratorij. Time se doprinosi otkrivanju mogućih anomalija ili sistemskih grešaka kod proizvodnje alata.

Izolacijske cijevi (motke) moraju proći redovito ispitivanje najmanje jedanput godišnje, koje se provodi u ispitnom laboratoriju. Alat se mora pripremiti (očistiti i osušiti) za periodičko ispitivanje. Poslodavac je dužan imenovati osobu koja obavlja pripremu alata za periodičko ispitivanje.

Alati moraju biti čisti i u dobrom radnom stanju (uključivo i izolacijske dijelove izoliranih alata). Ako se traži pranje, tada ono treba provoditi sapunom. Alati moraju biti očišćeni nakon uporabe i potom brižljivo pohranjeni na lokaciji predviđenoj za tu svrhu. Kada su daleko od mjesta rada, alati koji su većinom izrađeni od izolacijskih cijevi moraju biti skladišteni i transportirani nakon što su na ispravan način učvršćeni i pakirani radi sprječavanja oštećenja. Ako alati imaju čeljusti, one moraju biti zatvorene.

#### **4.7. Priprema i organizacija mjesta rada**

Radni zadaci za izvođenje radova pod naponom na električnim postrojenjima niskog napona mogu se temeljiti na redovitom planu održavanja, prethodnim obavijestima o kvaru i slično. Prije početka rada operater i rukovoditelj radova obvezno moraju imati kompletno popunjenu radnu dokumentaciju za rad pod naponom u pisanom obliku ili poslanu u obliku poruke. Pri tome operatera određuje poslodavac ili njegov ovlašteni predstavnik.

Prije početka novog i nastavljanja započetog posla, rukovoditelj radova mora svim operaterima, okupljenima zajedno, dati informacije i upute o mjestu rada, dodjeli uloga

operaterima, redoslijedu radnih postupaka i uvjetima pod kojima će se koristiti alatom i opremom. Rukovoditelj radova mora dobiti potvrdu operatera o razumijevanju i prihvaćanju radnog zadatka.

Kod pripreme radnog mjesta, rukovoditelj radova treba biti siguran da svi operateri imaju čvrsti oslonac (opasnost od poskliznuća) tako da je njihov radni položaj stabilan, odrediti prostor za odlaganje alata i opreme te postaviti ceradu na tlo da bi na nju složio alat i opremu.

Rukovoditelj također treba poduzimati mjere sprječavanja pristupa mjestu rada svim osobama koje nisu navedene u ispravama za rad postavljajući propisane znakove (upozorenja, opasnosti ...) i poduzimati mjere za sprječavanje moguće opasnosti dodira s aktivnim neizoliranim dijelovima i svim naponskim razinama, na kojima se u blizini ne radi. Zadaća rukovoditelja je i omogućiti vidljivost postavljanjem pomoćne rasvjete ako je rasvjeta mjesta rada nedovoljna ili postoji opasnost da bude zaklonjena.[17]

Poslovi rada pod naponom na **niskom naponu** su najčešće:

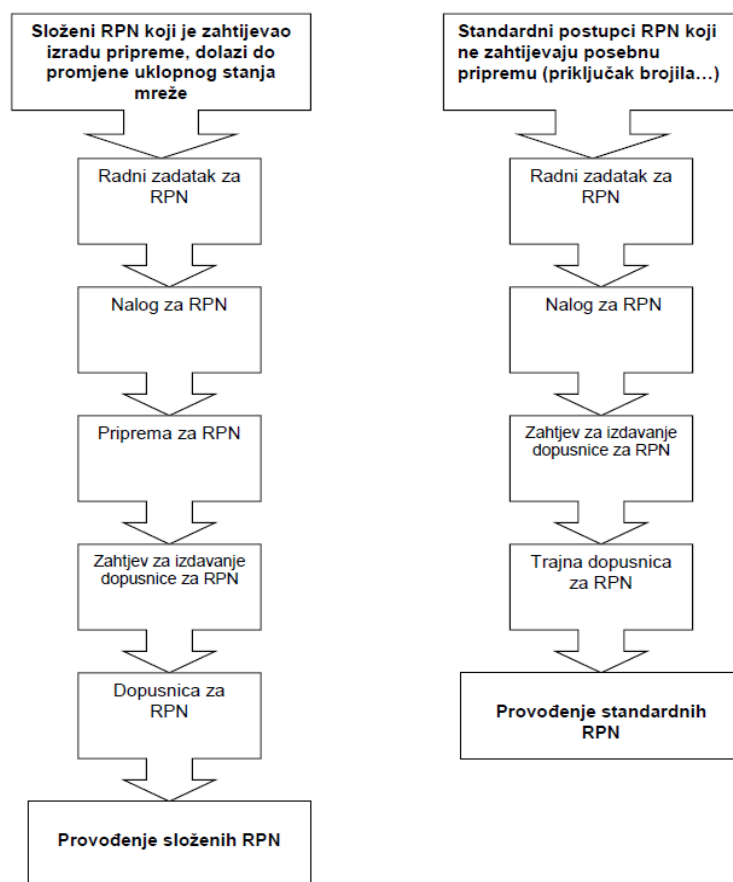
- popravci samonosivog kablenskog snopa (SKS-a)
- kableske spojnice
- izmjena izolatora
- radovi na brojilima
- ugrađivanje ormarića osigurača
- radovi u razvodnim kutijama/ormarima
- priključci kućanstava.



#### 4.8. Isprave za rad pod naponom

Rad pod naponom na postrojenju se, u pravilu, pokreće i priprema na temelju pogonskih isprava (planova, izvještaja, obavijesti o kvaru, dojave o kvaru, nedostatku ili stanju električnog postrojenja (o čemu se vodi posebna evidencija), posebne pisane odluke ili naloga), a organizira i izvodi na temelju propisanih isprava za rad pod naponom.

Priprema za rad pod naponom odrađuje se prije termina planiranog rada. Ona sadrži analizu rizika i načine njihova otklanjanja te kratko opisani redoslijed radnji (koraka). Za potrebe izrade Pripreme za rad pod naponom operater ili rukovoditelj radova obavljaju pregled mjesta rada i dokumentiraju zatečeno stanje (detaljno fotografiranje je prikladan način stvaranja priloga za analizu rizika, određivanje pristupačnosti mjestu rada i opisu koraka rada). Za potrebe izlaska na buduće mjesto rada i izrade Pripreme za rad pod naponom izdaje se Radni zadatak, a za to je potreban i Nalog za rad (ulazak u električno postrojenje i zonu rada pod naponom).



Grafički prikaz 3. Tijek izdavanja isprava za rad pod naponom

#### 4.8.1. Obavijest o kvaru

Obavijest o kvaru je isprava za rad kojom voditelj električnog postrojenja ili organizacijska jedinica za vođenje pogona obavještava organizacijsku jedinicu nadležnu za otklanjanje nastalog kvara na električnom postrojenju. Ova isprava koristi se i u slučaju ako se vlasnika električnog postrojenja, odnosno korisnika mreže obavještava o kvaru na električnom postrojenju u njegovu vlasništvu.

#### 4.8.2. Radni zadatak za rad pod naponom

Radni zadatak je isprava za rad kojom voditelj organizacijske jedinice pokreće i objedinjuje izvođenje radnog zadatka u organizacijskom, tehničkom i financijsko-knjigovodstvenom smislu te određuje organizatora rada. Radni zadatak koristi se prema potrebi organizacijske jedinice, a osim popunjavanjem obrasca, radni zadatak može se dodijeliti na temelju plana rada ili drugih ulaznih radnih zahtjeva dogovornim načinom (usmeno) na radnom sastanku, elektroničkim putem, putem aplikacija i sl.

#### 4.8.3. Priprema za rad pod naponom

Priprema za rad pod naponom je isprava za rad pod naponom koju, na temelju Radnog zadatka, izrađuje rukovoditelj radova ili imenovana ovlaštena osoba. Priprema za rad pod naponom obvezno se izrađuje za složene radove pod naponom i prilaže se Nalogu za rad. Popunjena Priprema za rad pod naponom predaje se organizatoru radova, a može sadržavati i dodatne informacije (zapažanja s terena, dodatne planove, skice, sheme i slično).

Pripreme za rad pod naponom obavlja organizator rada ili voditelj organizacijske jedinice koji mora biti upućen u tehnologiju rada pod naponom odgovarajućim tečajem, a koji na osnovi pripreme za rad pod naponom popunjava i izdaje Nalog za rad rukovoditelju radova.

#### 4.8.4. Nalog za rad pod naponom

Nalog za rad je isprava za rad kojom organizator rada ili voditelj organizacijske jedinice određuje mjesto rada, vrstu rada, sudionike u radu (organizacijske jedinice ili vanjske izvođače), rukovoditelja radova i ostale radnike. Nalog za rad pod naponom (RPN) se obvezno izdaje za svaki RPN i za rad u zoni približavanja, ako postoji mogućnost zadiranja u zonu RPN-NN, zonu približavanja SN-u ili je nužno primijeniti zaštitne mjere za osiguranje mjesta rada ili trajni nadzor nad radovima.

Pri usmenom izdavanju Naloga za rad primatelj je obavezan ponoviti cjelovit sadržaj izdavatelju (uskладiti tekst) te potvrditi da je sadržaj ispravno primljen i shvaćen.

#### 4.8.5. Zahtjev za izdavanje dopusnice za rad pod naponom

Zahtjev za izdavanje dopusnice za RPN je isprava kojom se zahtijeva dopuštenje pristupu i radu pod naponom na postrojenju ili nekom njegovom dijelu. Zahtjev u pravilu podnosi organizator radova ili osoba koja je izradila pripremu rada u dogovoru s njim, a prema potrebi odobrava rukovoditelj odjela upravljanja ili osoba koju on odredi.

Svi radovi pod naponom su planirani pa se stoga Zahtjev za izdavanje dopusnice za RPN podnosi, u pravilu, bar jedan dan prije početka planiranih radova.

Osim u slučaju neplaniranih radova (otklanjanja kvarova, smetnji ili nedostataka), Zahtjev za izdavanje dopusnice za RPN potrebno je dogovoriti s mjerodavnim dispečerskim centrom ili pogonom/uredom.

#### 4.8.6. Dopusnica za rad pod naponom

Dopusnica za RPN je temeljna isprava za rad kojom ovlaštenu dispečerski centar ili pogon/ured, temeljem podnijetog Zahtjeva, dopušta rad u zoni opasnosti (III zoni) i /ili rad u zoni približavanja (II zoni), nakon osiguranja mjesta rada od svih mogućih drugih djelovanja (pada ili pucanja određenih ostalih vodova na različitom potencijalu ili ostalih mehaničkih naprava, primjerice, vijaka, matica i sl.) te osiguranje od pristupa trećih lica na mjesto rada.

Dopusnicu za rad izdaje ovlaštenu zaposlenik mjerodavnog dispečerskog centra ili pogona/ ureda rukovoditelju radova.

Prije preuzimanja Dopusnice za RPN, rukovoditelj radova je obvezan provjeriti njen sadržaj i primijenjene zaštitne mjere te usklađenost s Nalogom za rad i s podnesenim Zahtjevom, a nakon toga svojim potpisom potvrditi njeno preuzimanje. Rukovoditelj radova ne smije preuzeti Dopusnicu za rad ako nije upoznat s njenim sadržajem ili ako njen sadržaj nije jasan ili usklađen sa Nalogom za rad i s podnesenim Zahtjevom.

Dopusnica za RPN se, u pravilu, izdaje za jednodnevne radove. U slučaju da radovi traju više dana i da njima rukovodi isti rukovoditelj radova te da se ne mijenjaju već poduzete zaštitne mjere na mjestu rada, tada se može izdati Dopusnica za RPN u kojoj se navodi da će biti valjana tijekom tih višednevnih radova. Prije svakog početka rada, rukovoditelj radova je obvezan provjeriti poduzete zaštitne mjere.

U slučaju potrebe gašenja i sprječavanja širenja požara te pojave ili događaja koji ugrožava ili može ugroziti postrojenje, ljude ili okoliš, isključenje postrojenja ili njegovog dijela, u pravilu, se obavlja bez isprava za rad uvažavajući pravila struke.

#### 4.8.7. Trajna Dopusnica za rad pod naponom

Trajna dopusnica za rad pod naponom je dokument kojim se rukovoditelju radova dopušta rad u određenim standardnim jednostavnim radnim postupcima (rad na nadzemnim

izoliranim i neizoliranim mrežama, podzemnim mrežama, unutrašnjim instalacijama i čišćenje).

Organizator radova izrađuje prijedlog rasporeda ljudi i vremena trajanja Trajne dopusnice, a predaje ga dispečeru. Dispečer izdaje Trajnu dopusnicu s rokom do šest mjeseci. Posjedovanje trajne Dopusnice isključuje potrebu izrade pripreme za rad pod naponom.

#### 4.8.8. Obavijest o završetku radova

Nakon završetka radova, uklanjanja alata i naprava te povlačenja zaposlenika s mjesta rada, rukovoditelj radova, koordinator radova, nadzorna osoba ili rukovoditelj radova druge tvrtke, obvezan je predati Obavijest o završetku radova, čime prestaje važnost izdane Dopusnice, odnosno Izjave.

## 5. PREDNOSTI I NEDOSTACI RADA POD NAPONOM

Kako bi se moglo govoriti o opravdanosti rada pod naponom, potrebno je razlučiti prednosti i nedostatke istoga.

### 5.1. Prednosti rada pod naponom

Tehnologija rada pod naponom ima niz prednosti u odnosu na tehnologiju rada u beznaponskom stanju. Najočiglednija prednost RPN jest izvođenje radova na vodovima ili rasklopnim postrojenjima bez prekida opskrbe potrošača električnom energijom. To je u izravnoj vezi sa smanjenjem pritiska da radovi traju što kraće kako bi se smanjilo vrijeme prekida opskrbe električnom energijom.

Jedna od važnih prednosti tehnologije RPN je i povećanje sigurnosti rada. Iako na prvi pogled djeluje paradoksalno, najčešći uzrok ozljeda pri radu uslijed djelovanja električne energije jesu propusti u primjeni „pet pravila sigurnosti“, čija primjena je obavezna kod radova u beznaponskom stanju. Tada radnik misli da radi u beznaponskom stanju, a u stvarnosti je pod naponom. Primjenom tehnologije PRN, radnik primjenjuje poseban oprez, koristi odgovarajući alat i osobna zaštitna sredstva i opremu za tu namjenu, ali i obučen je potrebnim znanjima za ovu vrstu radova.

Rad pod naponom donosi i financijske prednosti. Isključivanjem postrojenja povećani su troškovi neisporučene energije i mogući su troškovi nadoknade štete. Šteta nastaje ako su potrošači nezadovoljni uslugom opskrbljivača električnom energijom, ali i ako isključenje uzrokuje smanjenje ili prekid proizvodnje kod potrošača. RPN donosi uštede zbog smanjenja broja oštećenja potrošačima, smanjenja broja ozljeda na radu i izostanka potrebe obavještanja o iskapčanjima putem medija.

Postoje i ostale prednosti koje nisu zanemarive:

- više vremena za redovito održavanje postrojenja uz istovremeno smanjenje broja kvarova kroz prevenciju
- neovisnost izvođača radova o uvjetima kupaca električne energije

- rad bez vremenske i količinske norme, kvalitetnija priprema rada i sam izvedeni rad
- neovisnost izvođača radova o velikoj količini opreme, prateće logistike i dodano angažiranih radnika
- potpuna kompatibilnost s drugim tehnologijama i metodama rada, npr. termovizijskim pregledima postrojenja
- dodatna zarada distributera električne energije zbog kontinuirane isporuke električne energije tijekom radova pod naponom
- pozitivan utjecaj na sve kupce električne energije, i kućanstva i gospodarstvo, odnosno njihov nesmetan rad i proizvodnju, čime se doprinosi povećanju BDP-a
- bolje obrazovani i motiviraniji radnici, savjesniji rad i strogo održavanje profesionalne kvalificiranosti, veća učinkovitost radnika
- dobra reputacija tvrtke
- veće zadovoljstvo kupaca el. energije
- redovitija kontrola ispravnosti alata i opreme
- poticaj razvoju srednjoškolskog i fakultetskog obrazovanja elektrotehničkih usmjerenja, poticaj inovativnosti, uvođenje modernije tehnologije u državu

## **5.2. Nedostaci rada pod naponom**

Iako su prednosti tehnologije RPN brojne, postoje i nedostaci koje je također važno spomenuti.

Nedostatak je što obuka montera skuplja i dugotrajnija. Obzirom na složenost i prisutne opasnosti tijekom obavljanja posla, potreban je veći stupanj znanja i iskustva koje se stječe posebnom obukom. Alati za rad i potrebna posebna zaštitna oprema zahtijevaju također ulaganje značajnijih financijskih sredstava.

Kao jedan od nedostataka može se navesti i činjenica da se radovi ne mogu izvoditi u svim vremenskim uvjetima, već su podložni ograničenjima, kao što je navedeno u cjelini 4.5.

## 6. ZAKLJUČAK

Obzirom da se tehnologija rada pod naponom u europskim zemljama koristi od pedesetih i šezdesetih godina dvadesetog stoljeća, a u svijetu i dulje, njena svrha je opravdana i pokazale su se brojne prednosti u odnosu na tehnologiju rada u beznaponskom stanju.

Tehnologija rada pod naponom iziskuje strogo pridržavanje i postupanje po propisima i normama u svim koracima, od obrazovanja stručnog kadra i nabave specijalnih alata i posebne zaštitne opreme do samog završetka danog posla, i to pri svakoj od metoda rada.

Polazna točka razvoja tehnologije RPN su obrazovni centri, a Hrvatska ima kvalitetan Nastavno obrazovni centar u Velikoj, što vodi do zaključka da ima i dobar temelj za daljnji razvoj tehnologije rada pod naponom.

Uz stalni tehnološki razvoj, visoku razinu stručne osposobljenosti, stalno obnavljanje znanja radnika, uvođenje rada pod naponom rezultira značajnim smanjenjem smrtnih slučajeva, smanjenjem lakših i težih ozljeda na radu te očuvanjem zdravlja radnika, ali svakako donosi i ekonomsku dobit. Iz navedenog se može zaključiti da će ulaganje u instruktore, radnike, alat i zaštitnu opremu uz učestalo korištenje ove tehnologije puno doprinijeti Hrvatskoj kako na području elektroenergetike, tako i na društvenom, industrijskom i financijskom području.



## POPIS LITERATURE

- [1] Mileusnić E., Mjere sigurnosti i zaštite na radu kod primjene električne energije, ZIRS, Zagreb, 1999.
- [2] Ožanić B., Sigurnost u primjeni električne energije, Veleučilište u Karlovcu, Karlovac, 2016.
- [3] Ministarstvo rada, mirovinskoga sustava, obitelji i socijalne politike; Pravila sigurnosti pri radu s električnom energijom, Zagreb, 2020.
- [4] Raljević D., Stojkov M., Tehnologija rada pod naponom, Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Slavonski Brod, 2016.
- [5] Ministarstvo rada, mirovinskoga sustava, obitelji i socijalne politike; Pravilnik o sigurnosti i zdravlju pri radu s električnom energijom, NN 88/2012, 2019.
- [6] Hrvatska elektroprivreda, „Pravila i mjere sigurnosti pri radu na električnim postrojenjima“, Bilten HEP-a br. 496, Zagreb, 2020.
- [7] Centar za sigurnost, [www.czs.hr/hr/cs-info-043-pet-pravila-sigurnost](http://www.czs.hr/hr/cs-info-043-pet-pravila-sigurnost), 04.08.2021.
- [8] Hrvatska elektroprivreda, „Opći uvjeti za radove pod naponom na srednjem naponu“, Bilten HEP-a br. 241, Zagreb 2011.
- [9] Hrvatska elektroprivreda, „Uvjeti izvođenja radova pod naponom na srednjem naponu metodom rada „na udaljenosti“ i kombinacijom metoda“, Bilten HEP-a br. 242, Zagreb 2011.
- [10] Hrvatska elektroprivreda, „Uvjeti za izvođenje radova pod naponom – čišćenje na srednjem naponu“, Bilten HEP-a br. 243, Zagreb 2011.
- [11] Hrvatska elektroprivreda, „Opći uvjeti za izvođenje radova pod naponom na niskom naponu“, Bilten HEP-a br. 507, Zagreb, 2021.
- [12] Hrvatska elektroprivreda, „Opći uvjeti za izvođenje radova pod naponom na niskom naponu OUIR-NN“, Bilten HEP-a br. 239, Zagreb, 2011.
- [13] Hrvatska elektroprivreda, „Opći uvjeti za izvođenje radova pod naponom na niskom naponu“, Bilten HEP-a br. 507, Zagreb, 2021.

[14] <http://kako.com.hr/webshop/product/odijelo-za-zastitu-od-elektricnog-luka-cijena-na-upit/> , 11.08.2021.

[15] [www.hocired.hr/images/OPATIJA2018/Referati\\_po\\_studijskim\\_odborima/SO1/SO1-38.pdf](http://www.hocired.hr/images/OPATIJA2018/Referati_po_studijskim_odborima/SO1/SO1-38.pdf), 12.08.2021.

[16] Raljević Damir, Tehnologija rada pod naponom, [www.scribd.com/doc/123229254/Tehnologija-Rada-Pod-Naponom-damir-Raljevic-Die](http://www.scribd.com/doc/123229254/Tehnologija-Rada-Pod-Naponom-damir-Raljevic-Die), 14.08.2021.

[17] Hrvatska elektroprivreda, „Uvjeti za izvođenje radova pod naponom – radni postupci na niskom naponu“, Bilten HEP-a br. 508, Zagreb, 2021.

## POPIS KRATICA

<b><i>DL</i></b>	Granični razmak zone pod naponom
<b><i>DV</i></b>	Granični razmak
<b><i>HRN</i></b>	Hrvatske norme
<b><i>Hz</i></b>	Herc-mjerna jedinica za frekvenciju
<b><i>mA</i></b>	Miliamper - jedinica za mjerenje jakosti električne struje
<b><i>mAs</i></b>	Miliamper sekunda
<b><i>MUP</i></b>	Minimalna udaljenost približavanja
<b><i>NN</i></b>	Niski napon
<b><i>OUIR-NN</i></b>	Opći uvjeti izvođenja radova pod naponom na niskom naponu
<b><i>OZO</i></b>	Osobna zaštitna oprema
<b><i>RPN</i></b>	Rad pod naponom
<b><i>SKS</i></b>	Samonosivi kabelski snop
<b><i>SN</i></b>	Srednji napon
<b><i>UIR-NN</i></b>	Uvjeti za izvođenje radova pod naponom – radni postupci na niskom naponu

## POPIS SLIKA

Slika 1. Grafički prikaz djelovanja struje na čovjeka ovisno o jakosti .....	4
Slika 2 Definicija graničnih razmaka u zraku i podjela na zone opasnosti .....	11
Slika 3 Ograničavanje zone rada pod naponom zaštitnom izolacijskom pregradom ....	12
Slika 4. "Pet pravila sigurnosti" za osiguranje mjesta rada .....	15
Slika 5 Položaji zaštitnih elemenata prema metodama rada pod naponom.....	16
Slika 6. Rad "na udaljenosti" sa stupa .....	17
Slika 7. Rad "na udaljenosti" iz košare hidrauličke autoplatforme s izolacijskim umetkom .....	18
Slika 8. Prostor (zona) kretanja pri radu metodom "u dodiru" .....	18
Slika 9. Metoda rada "na potencijalu" iz košare hidrauličke autoplatforme s izolacijskim umetkom .....	19
Slika 10. Metoda rada na udaljenosti korištenjem izolacijske motke .....	25
Slika 11. Metoda rada u dodiru s izolacijskim rukavicama.....	25
Slika 12. Rad pod naponom na nadzemnim vodovima s neizoliranim vodičima.....	27
Slika 13. Rad pod naponom na opremi u razvodnim kutijama i ormarima u vlažnim prostorima.....	28
Slika 14. Rad pod naponom na podzemnim kabelima .....	29
Slika 15. Zaštitna kaciga s viziorom za rad pod naponom .....	31
Slika 16. Odijelo za zaštitu od električnog luka .....	32
Slika 17. Komplet izolacijskih rukavica i kožnih nadrukavica za RPN na NN .....	33
Slika 18. Izolacijske klupice za odvajanje od dijelova na potencijalu zemlje u vlažnim uvjetima .....	33
Slika 19. Izolacijske cipele i čizma za rad pod naponom.....	34
Slika 20. Utvrđivanje ispravnosti izolacijskih rukavica napuhivanjem .....	36

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Opis podjele električne opreme prema OUIR-NN .....	21
Tablica 2 Ograničenja RPN na nadzemnim vodovima NN (vremenski uvjeti) .....	34
Tablica 3 Ograničenja RPN na podzemnim vodovima i unutrašnjoj opremi NN.....	35
Tablica 4 Ograničenja čišćenja pod naponom NN električnih postrojenja .....	35

## **POPIS GRAFIČKIH PRIKAZA**

Grafički prikaz 1. Prikaz uvjeta okoliša koji utječu na rad na elektropostrojenjima.....	10
Grafički prikaz 2. Pojednostavljeni prikaz uvođenja tehnologije rada pod naponom u praksu .....	22
Grafički prikaz 3 Tijek izdavanja isprava za rad pod naponom.....	39