

# Zahtjevi za interoperabilnost željezničkog elektroenergetskog podsustava u RH u skladu s direktivama Europske unije

---

Ivošević, Neven

Professional thesis / Završni specijalistički

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:168:874124>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-26**



Repository / Repozitorij:

[FER Repository - University of Zagreb Faculty of Electrical Engineering and Computing repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

Neven Ivošević

**ZAHTJEVI ZA INTEROPERABILNOST  
ŽELJEZNIČKOG ELEKTROENERGETSKOG  
PODSUSTAVA U RH U SKLADU S  
DIREKTIVAMA EUROPSKE UNIJE**

SPECIJALISTIČKI RAD

Zagreb, 2021.

Mentor: **Redoviti prof. dr. sc. Viktor Milardić**  
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva

Specijalistički rad br.:

Povjerenstvo za ocjenu u sastavu:

1. Prof. dr. sc. Ivica Pavić - predsjednik
2. Prof. dr. sc. Viktor Milardić - mentor
3. Dr. sc. Milivoj Mandić, Infracert d.o.o. – član.

Povjerenstvo za obranu u sastavu:

1. Prof. dr. sc. Ivica Pavić - predsjednik
2. Prof. dr. sc. Viktor Milardić - mentor
3. Dr. sc. Milivoj Mandić, Infracert d.o.o. – član.

Datum obrane: 27. rujna 2021.

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	7
2. TEHNIČKE SPECIFIKACIJE INTEROPERABILNOSTI ŽELJEZNIČKOG ELEKTROENERGETSKOG PODSUSTAVA .....	8
2.1. Uvodno o TSI elektroenergetskog podsustava .....	8
2.2. Sadržaj TSI elektroenergetskog podsustava .....	8
2.3. Opis energetskog podsustava.....	9
2.3.1. Pojmovi.....	9
2.3.2. Veza s drugim podsustavima .....	11
2.4. Temeljni zahtjevi .....	12
2.4.1. Podudarnost s temeljnim zahtjevima iz Priloga III, Direktive 2008/57/EZ. 16	
2.5. Karakterizacija elektroenergetskog podsustava.....	19
2.5.1. Uvodno o karakterizaciji .....	19
2.5.2. Funkcionalne i tehničke specifikacije podsustava .....	19
2.5.3. Funkcionalne i tehničke specifikacije sučelja.....	28
2.5.4. Operativna pravila .....	30
2.5.5. Pravila održavanja.....	30
2.5.6. Stručne kvalifikacije .....	31
2.5.7. Zdravstveni i sigurnosni uvjeti .....	31
2.6. Interoperabilni sastavni dijelovi .....	31
2.6.1. Popis sastavnih dijelova .....	31
2.6.2. Radne karakteristike i specifikacije sastavnih dijelova .....	31
2.7. Ocjenjivanje sukladnosti interoperabilnih sastavnih dijelova i EZ provjera podsustava .....	32
2.7.1. Interoperabilni sastavni dijelovi.....	32
2.7.2. Elektroenergetski podsustav .....	35
2.7.3. Podsustavi koji uključuju interoperabilne sastavne dijelove za koje ne postoji EZ izjava.....	37
2.8. Provedba TSI elektroenergetskog podsustava .....	38
2.8.1. Primjena TSI elektroenergetskog podsustava na željezničke pruge .....	38
2.8.2. Primjena TSI elektroenergetskog podsustava na nove, obnovljene ili modernizirane željezničke pruge.....	39
2.8.3. Primjena TSI elektroenergetskog podsustava na postojeće pruge.....	40
2.8.4. Posebni slučajevi.....	41
2.9. Dodaci A do G.....	45
2.9.1. Dodatak A: Ocjenjivanje sukladnosti interoperabilnih sastavnih dijelova	45
2.9.2. Dodatak B: EZ provjera energetskog podsustava .....	46
2.9.3. Dodatak C: Srednji korisni napon .....	47

2.9.4.	Dodatak D: Specifikacija profila oduzimača struje .....	48
2.9.5.	Dodatak E: Popis referentnih normi.....	57
2.9.6.	Dodatak F: Popis otvorenih pitanja.....	58
2.9.7.	Dodatak G: Pojmovnik.....	59
3.	VEZE TSI ELEKTROENERGETSKOG PODSUSTAVA S OSTALIM TSI-ma ....	61
3.1.	Uvodno o TSI drugih željezničkih podsustava .....	61
a.	Strukturalna područja: .....	61
b.	Funkcionalna područja:.....	61
3.2.	Veza s podsustavom željezničkih vozila .....	61
3.3.	Veza s građevinskim podsustavom.....	62
3.4.	Veza s prometno-upravljačkim i signalno-sigurnosnim podsustavima .....	62
3.5.	Veza s podsustavom odvijanja prometa i upravljanja prometom .....	62
4.	STABILNA POSTROJENJA ZA NAPAJENJE ELEKTRIČNE VUČE HŽ INFRASTRUKTURE .....	63
4.1.	Uvodno o SPEV-u.....	63
4.2.	Tehničke karakteristike SPEV-a.....	63
4.2.1.	Kontaktna mreža .....	63
4.2.2.	Elektrovučne podstanice i napojni dalekovodi (EVP i DV).....	65
4.2.3.	Postrojenja za sekcioniranje (PS i PSN) .....	66
4.2.4.	Postrojenja za daljinsko upravljanje (DU).....	67
4.2.5.	Dimenzioniranje SPEV-a .....	67
4.3.	Usklađenost sa zahtjevima TSI elektroenergetskog podsustava .....	68
4.3.1.	Regulativa Republike Hrvatske .....	68
4.3.2.	Postupci ocjenjivanja sukladnosti .....	69
4.4.	Mjere i dinamika usklađenja SPEV-a sa zahtjevima TSI-ja za elektroenergetski podsustav .....	71
5.	VAŽEĆA REGULATIVA RH U PODRUČJU ŽELJEZNIČKOG ELEKTROENERGETSKOG PODSUSTAVA .....	73
5.1.	Uvodno o regulativi .....	73
5.2.	Zakonska regulativa .....	73
5.3.	Podzakonska regulativa .....	73
5.4.	Opći akti HŽ Infrastrukture .....	74
6.	USKLAĐENOST OPĆIH AKATA HŽ INFRASTRUKTURE SA ZAHTJEVIMA TSI ELEKTROENERGETSKOG PODSUSTAVA .....	76
6.1.	Stanje usklađenosti općih akata HŽ Infrastrukture .....	76
6.2.	Mjere i dinamika usklađenja općih akata HŽ Infrastrukture.....	76
7.	ZAKLJUČAK .....	78
8.	LITERATURA.....	80
9.	PRILOZI.....	80

10.	POPIS SLIKA .....	81
11.	POPIS TABLICA .....	81
12.	SAŽETAK.....	82
13.	SUMMARY .....	83
14.	ŽIVOTOPIS .....	84
15.	BIOGRAPHY.....	85

# **ZAHTJEVI ZA INTEROPERABILNOST ŽELJEZNIČKOG ELEKTROENERGETSKOG PODSUSTAVA U RH U SKLADU SA DIREKTIVAMA EUROPSKE UNIJE**

## **1. UVOD**

Sigurnost željezničkog sustava mora se sustavno održavati i trajno unaprjeđivati na nediskriminirajući i otvoren način, potičući i uzimajući u obzir razvoj prava Europske unije i međunarodnih pravila te tehnički i znanstveni napredak, a posebno radi sprječavanja ozbiljnih nesreća.

Uvjeti koji se moraju ispuniti radi postizanja interoperabilnosti željezničkog sustava Europske unije utvrđuju se u svrhu definiranja optimalne razine tehničke usklađenosti, omogućavanja, olakšavanja, poboljšanja i razvoja usluga željezničkog prijevoza unutar Europske unije i s trećim zemljama te doprinosa dovršavanja jedinstvenog europskog željezničkog prostora i postupnog stvaranja jedinstvenog unutarnjeg tržišta Europske unije. Ti uvjeti odnose se na projektiranje, izgradnju, puštanje u uporabu i stavljanje na tržište, modernizaciju, obnovu, uporabu i održavanje dijelova željezničkog sustava, stručnu osposobljenost te zdravstvene i sigurnosne uvjete radnika koji pridonose njegovu radu, funkcioniranju i održavanju.

Svaki podsustav mora imati utvrđene odredbe o sastavnim dijelovima interoperabilnosti, sučeljima i postupcima te uvjetima za ukupnu kompatibilnost željezničkog sustava Europske unije koji su potrebni kako bi se ostvarila interoperabilnost.

Željeznički sustav Europske unije, podsustavi i sastavni dijelovi interoperabilnosti, uključujući sučelja, moraju ispunjavati relevantne osnovne općenite zahtjeve i zahtjeve svojstvene pojedinom podsustavu.

Cilj ovog rada je da se prikažu temeljne informacije o značenju interoperabilnosti u željezničkom elektroenergetskom podsustavu, te njegovu povezanost s ostalim podsustavima, da se obradi sadržaj i zahtjevi TSI za EEP te da se istakne važnost i značaj TSI za EEP.



## **2. TEHNIČKE SPECIFIKACIJE INTEROPERABILNOSTI ŽELJEZNIČKOG ELEKTROENERGETSKOG PODSUSTAVA**

### **2.1. Uvodno o TSI elektroenergetskog podsustava**

Ovaj se TSI odnosi na elektroenergetski podsustav transeuropskog konvencionalnog željezničkog sustava. Elektroenergetski podsustav uključen je na popis podsustava u Prilogu II. u Direktivi 2008/57/EZ [1].

Zemljopisno područje primjene ovog TSI-ja je transeuropski konvencionalni željeznički sustav kako je opisan u Prilogu I., poglavlju 1.1. Direktive 2008/57/EZ.

Općenito, važno je istaknuti da se TSI ne treba smatrati priručnikom za projektiranje. Također, on ne predstavlja potpun popis ocjenjivanja koja je potrebno obaviti kako bi se podsustav pustio u uporabu. Postupak puštanja stabilnih postrojenja u uporabu podliježe nacionalnim propisima o gradnji i postupcima puštanja u uporabu koji obuhvaćaju sve elemente uključujući one koji ne pripadaju području primjene TSI-ja.

Zahtjevi navedeni u TSI-ju obuhvaćaju samo elemente koji su u pogledu interoperabilnosti važni za usklađenost elektroenergetskog podsustava (kako je utvrđeno direktivom o interoperabilnosti) sa željezničkim vozilom koje je usklađeno s TSI-jem.

Na postojećim prugama pokušava se postići da se nakon završetka radova usmjerava na postizanje potpune usklađenosti s ENE TSI-jem. To se može obaviti, element po element, tijekom produženog razdoblja kako je navedeno u odjeljku 7.3.2. točki 1.

### **2.2. Sadržaj TSI elektroenergetskog podsustava**

U skladu s člankom 5. stavkom 3. Direktive 2008/57/EZ, u ovom se TSI-ju:

- 1) navodi predviđeno područje primjene,
- 2) utvrđuju temeljni zahtjevi za energetski podsustav,
- 3) uspostavljaju funkcionalne i tehničke specifikacije koje podsustav i njegova sučelja s drugim podsustavima moraju ispunjavati,
- 4) određuju čimbenici interoperabilnosti i sučelja, koji moraju biti obuhvaćeni europskim specifikacijama, uključujući europske standarde koji su potrebni za postizanje interoperabilnosti u željezničkom sustavu Unije,
- 5) za svaki razmatrani slučaj navode postupci koji se moraju koristiti za ocjenjivanje sukladnosti ili prikladnosti za uporabu interoperabilnih sastavnih dijelova, s jedne strane, ili „EZ” provjeru podsustava s druge strane,
- 6) utvrđuje provedbeni plan ovog TSI-ja,
- 7) navode uvjeti stručnih kvalifikacija koje se zahtijevaju za predmetno osoblje te zdravstvene i sigurnosne uvjete pri radu i održavanju podsustava kao i pri provedbi ovog TSI-ja.

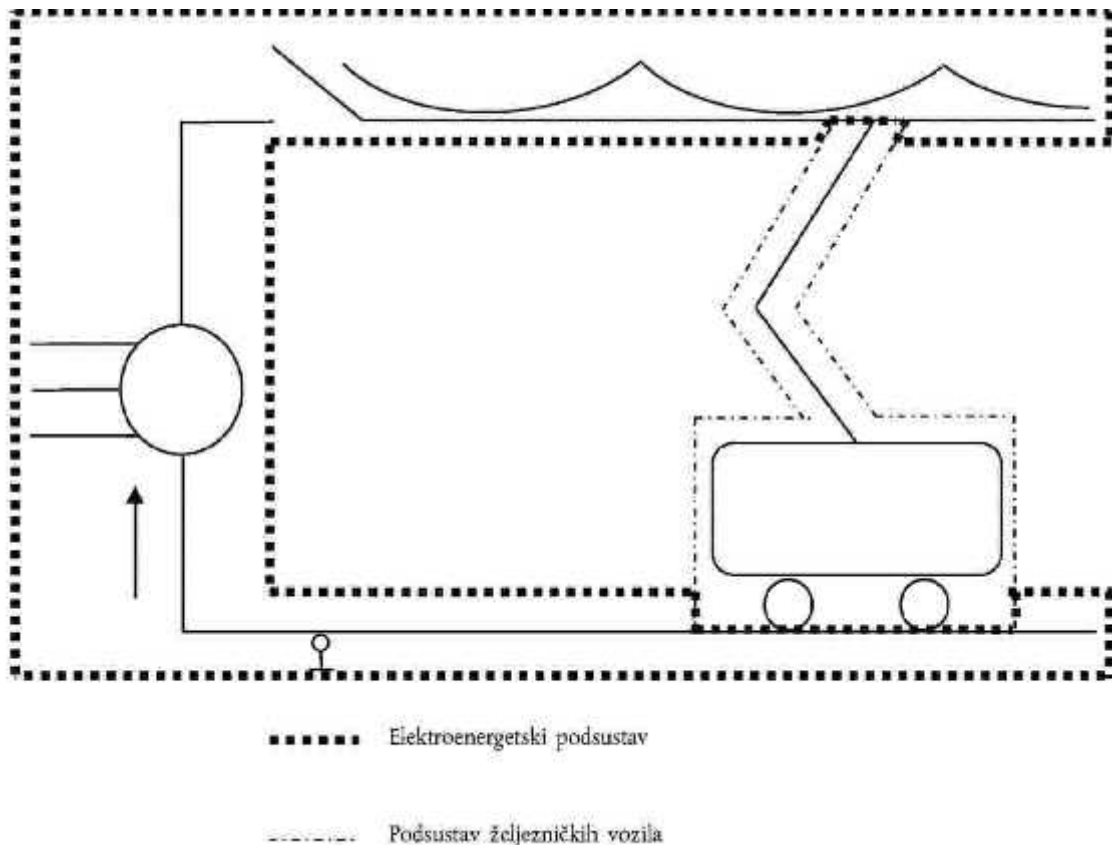
Nadalje, u skladu s člankom 5. stavkom 5. mogu se predvidjeti posebni slučajevi; oni su navedeni u poglavlju 2.8.4.

Zahtjevi iz ovog TSI-ja primjenjuju se na sve sustave širine kolosijeka unutar područja primjene ovog TSI-ja, osim ako se stavak odnosi na posebne sustave širine kolosijeka ili na posebne nazivne širine kolosijeka

## 2.3. Opis energetskeg podsustava

Elektroenergetski TSI utvrđuje zahtjeve nužne za osiguranje interoperabilnosti željezničkog sustava. Ovaj TSI obuhvaća sva stabilna postrojenja, za istosmjernu ili izmjeničnu struju, potrebna za napajanje vlaka energijom za vuču, s obzirom na osnovne zahtjeve.

Elektroenergetski podsustav također uključuje definiciju i mjerila kakvoće za međudjelovanje oduzimača struje i kontaktne mreže. Budući da sustavi s kontaktnom tračnicom (trećom tračnicom) i kontaktnom papučom nisu „ciljni” sustav, u ovom se TSI-ju ne opisuju značajke ili funkcionalnost takvog sustava.



Slika 2.1. Elektroenergetski podsustav

### 2.3.1. Pojmovi

Elektroenergetski podsustav sadrži:

- a) **ELEKTROVUČNE PODSTANICE:** priključene na strani primara na visokonaponsku mrežu, uz pretvaranje visokog napona u napon i/ili pretvaranje na sustav napajanja električnom energijom prikladnom za vlakove. Elektrovučne podstanice su sekundarom spojene na kontaktnu mrežu željezničke pruge;
- b) **POSTROJENJA ZA SEKCIONIRANJE:** električna oprema koja se nalazi između elektrovučnih podstanica radi opskrbe i spajanje sekcija kontaktne mreže, te za zaštitu, izolaciju i pomoćno napajanje;

- c) NEUTRALNE SEKCIJE: oprema koja je potrebna radi osiguravanja prijelaza između različitih sustava napajanja ili između različitih faza istog sustava napajanja;
- d) SUSTAV KONTAKTNE MREŽE: sustav kojim se vrši distribucija električne energije vlakovima koji voze na pruzi pomoću oduzimača struje. Kontaktne mreže također je opremljena rastavljačima na ručno ili daljinsko upravljanje kojima se prema potrebi tijekom rada izoliraju sekcije ili skupine sustava vodova kontaktne mreže. Napojni vodovi su dio kontaktne mreže;
- e) POVRATNI VOD: svi vodiči koji čine zacrtanu rutu povratnog toka struje vuče i koji se pored toga koriste kod ispada napajanja. Stoga, s ovog aspekta povratni vod čini dio elektroenergetskog podsustava te ima sučelje s građevinskim podsustavom.

Pored toga, u skladu s Direktivom 2008/57/EZ, elektroenergetski podsustav uključuje:

- f) dijelove opreme za mjerenje potrošnje električne energije na vlaku – za mjerenje električne energije koju vozilo oduzima iz kontaktne mreže ili ju vraća (kod regenerativnog kočenja), a koja se napaja iz vanjskog sustava električne vuče. Oprema je ugrađena u vučnu jedinicu i s njom se pušta u promet, te je dio područja primjene TSI-ja za lokomotive i putnička željeznička vozila konvencionalnog željezničkog sustava (CR LOC&PAS).

Direktivom 2008/57/EZ također je predviđeno da oduzimači struje, koji prenose električnu energiju iz sustava kontaktne mreže do vozila, pripadaju sustavu željezničkih vozila. Oni su ugrađeni i integrirani u željeznička vozila, te se s njima puštaju u promet, a pripadaju području primjene TSI-ja za CR LOC&PAS.

Međutim, parametri u vezi s kakvoćom oduzimanja struje utvrđeni su u TSI-ju za elektroenergetski podsustav konvencionalnog željezničkog sustava (CR ENE).

Sustav napajanja električnom energijom mora biti projektiran na takav način da se svaki vlak opskrbljuje potrebnom energijom. Stoga su napon napajanja, potrošnja struje svakog vlaka i raspored prometovanja bitni aspekti radnih značajki.

Kao i bilo koji drugi električni uređaj, vlak je projektiran tako da uz nazivni napon i nazivnu frekvenciju na svojim priključcima, kao što su oduzimač struje (oduzimači struje) i kotači, ispravno radi na predviđen način. Potrebno je odrediti dopuštena odstupanja i granične vrijednosti za te parametre kako bi se osigurala predviđene radne značajke vlaka.

Suvremeni, električno pogonjeni vlakovi često su osposobljeni za korištenje regenerativnog kočenja za povrat energije u sustav napajanja električnom energijom, čime smanjuju ukupnu potrošnju. Stoga, sustav napajanja električnom energijom mora biti projektiran tako da može prihvatiti povrat energije iz regenerativnog kočenja.

U svim elektroenergetskim sustavima moguća je pojava kratkih spojeva i drugih kvarova. Sustav napajanja električnom energijom treba biti projektiran tako da sustavi upravljanja podsustavima odmah otkriju kvar i aktiviraju mjere za uklanjanje kratkog spoja i izoliranje zahvaćenog dijela strujnog kruga. Nakon takvih pojava, sustav napajanja mora imati mogućnost ponovne uspostave dovoda električne energije svim postrojenjima i to što je prije moguće, kako bi se moglo nastaviti s radom.

Kompatibilnost geometrije kontaktne mreže i oduzimača struje predstavlja bitan aspekt interoperabilnosti. U pogledu geometrijskog međudjelovanja, potrebno je utvrditi visinu kontaktnog vodiča iznad tračnica, promjene u visini kontaktnog vodiča, bočni otklon pod udarom vjetra te kontaktnu silu. Geometrija glave oduzimača struje

također je ključna za osiguranje pravilnog međudjelovanja s kontaktnom mrežom, pri čemu je potrebno uzeti u obzir nagib vozila.

Za potporu interoperabilnosti europskih mreža, cilj su oduzimači struje utvrđeni u TSI-ju za CR LOC&PAS.

Međudjelovanje kontaktne mreže i oduzimača struje predstavlja vrlo bitan aspekt u uspostavljanju pouzdanog prijenosa električne energije bez nepotrebnih smetnji za željeznička postrojenja i okoliš. To je međudjelovanje najvećim dijelom određeno kroz:

- a) statičke i aerodinamične učinke koji ovise o materijalu kliznih letvi oduzimača struje i konstrukciji oduzimača struje, obliku vozila na koji je oduzimač struje (ili oduzimači struje) ugrađen i položaju oduzimača struje na vozilu;
- b) kompatibilnost materijala od kojih su izrađene klizne letve i kontaktni vodič;
- c) dinamičnim značajkama kontaktne mreže i oduzimača struje za vlakove s jednom ili više jedinica;
- d) broj oduzimača struje u radu i njihov međusobni razmak, s obzirom da svaki oduzimač struje može utjecati na druge na istoj dionici kontaktne mreže.

### 2.3.2. Veza s drugim podsustavima

Da bi se ostvarile predviđene radne značajke elektroenergetski podsustav povezan je s drugim podsustavima željezničkog sustava.

Sučelja koja se odnose na napajanje električnom energijom:

- a) Napon i frekvencija i njihova dopuštena odstupanja povezani su s podsustavom željezničkih vozila.
- b) Snaga i utvrđeni faktor snage za određenu prugu određuju radne značajke željezničkog sustava i povezani su s podsustavom željezničkih vozila.
- c) Regenerativno kočenje smanjuje potrošnju energije i povezano je s podsustavom željezničkih vozila.
- d) Stabilna postrojenja elektrovuče i vučna oprema u vlaku moraju biti zaštićeni od kratkih spojeva. Okidanje glavnog prekidača strujnog kruga u elektrovučnim podstanicama i na vlakovima mora biti usklađeno. Električna zaštita povezana je s podsustavom željezničkih vozila.
- e) Električna interferencija i harmonijske emisije povezane su s podsustavom željezničkih vozila i prometno-upravljačkim i signalno-sigurnosnim podsustavom.
- f) Povratni vod u određenoj mjeri povezan je s prometno-upravljačkim i signalno-sigurnosnim podsustavom i građevinskim podsustavom.

Sučelja koja se odnose na opremu kontaktne mreže i oduzimače struje i njihovo međudjelovanje:

- a) Nagibima kontaktnog vodiča i stupnju promjene nagiba potrebno je posvetiti posebnu pažnju kako bi se izbjeglo gubljenje kontakta i prekomjerno habanje. Visina i nagib kontaktnog vodiča povezani su s podsustavima građevinske infrastrukture i željezničkih vozila.
- b) Nagib vozila i oduzimača struje povezan je s građevinskim podsustavom.
- c) Kakvoća oduzimanja struje ovisi o broju oduzimača struje u radu, njihovom međusobnom razmaku i drugim pojedinostima koji se odnose na vučne

jedinice. Razmještaj oduzimača struje povezan je s podsustavom željezničkih vozila.

Sučelja koja se odnose na sekcije razdvajanja različitih faza i sustava napajanja

- a) Da bi se omogućio prijelaz bez premošćivanja između sekcija razdvajanja različitih sustava napajanja električnom energijom i faza, potrebno je utvrditi broj i razmještaj oduzimača struje na vlaku. To je povezano s podsustavom željezničkih vozila.
- b) Da bi se omogućio prijelaz bez premošćivanja između sustava napajanja električnom energijom i različitih faza, potrebno je upravljati strujom vlaka. To je povezano s prometno-upravljačkim i signalno-sigurnosnim podsustavom.
- c) Pri prolasku kroz sekcije razdvajanja sustava napajanja, može se javiti potreba za spuštanjem oduzimača struje. To je povezano s prometno-upravljačkim i signalno-sigurnosnim podsustavom.

#### **2.4. Temeljni zahtjevi**

U skladu s člankom 4. stavkom 1. Direktive 2008/57/EZ, željeznički sustav, njegovi podsustavi i njihovi interoperabilni sastavni dijelovi moraju ispunjavati osnovne zahtjeve utvrđene u općim uvjetima u Prilogu III. Direktivi. U sljedećoj se tablici navode osnovni parametri ovog TSI-ja i njihova povezanost s osnovnim zahtjevima, kako su objašnjeni u Prilogu III. ovoj Direktivi.

Točka TSI-ja	Naslov točke TSI-ja	Sigurnost	Upućivanje i primjena	Zdravlje	Zaštita okoliša	Tehnička kompatibilnost	Dostupnost
4.2.3.	Napon i frekvencija	—	—	—	—	1.5. 2.2.3.	—
4.2.4.	Parametri koji se odnose na radne karakteristike sustava napajanja	—	—	—	—	1.5. 2.2.3.	—
4.2.5.	Strujni kapacitet, istosmjerni sustavi, vlakovi u mirovanju	—	—	—	—	1.5. 2.2.3.	—
4.2.6.	Regenerativno kočenje	—	—	—	1.4.1. 1.4.3.	1.5. 2.2.3.	—
4.2.7.	Mehanizmi koordinacije električne zaštite	2.2.1.	—	—	—	1.5.	—
4.2.8.	Harmonike i dinamički učinci za izmjenične pružne sustave za napajanje električnom energijom	—	—	—	1.4.1. 1.4.3.	1.5.	—
4.2.9.	Geometrija kontaktne mreže	—	—	—	—	1.5. 2.2.3.	—
4.2.10.	Profil oduzimača struje	—	—	—	—	1.5. 2.2.3.	—

Točka TSI-ja	Naslov točke TSI-ja	Sigurnost	Upućivanje i primjena	Zdravlje	Zaštita okoliša	Tehnička kompatibilnost	Dostupnost
4.2.11.	Srednja kontaktna sila	—	—	—	—	1.5. 2.2.3.	—
4.2.12.	Dinamičko ponašanje i kakvoća oduzimanja struje	—	—	—	1.4.1. 2.2.2.	1.5. 2.2.3.	—
4.2.13.	Razmak oduzimača struje za projektiranje kontaktne mreže	—	—	—	—	1.5. 2.2.3.	—
4.2.14.	Materijal kontaktnog vodiča	—	—	1.3.1. 1.3.2.	1.4.1.	1.5. 2.2.3.	—
4.2.15.	Oprema za fazno sekcioniranje	2.2.1.	—	—	1.4.1. 1.4.3.	1.5. 2.2.3.	—
4.2.16.	Oprema za sustavno sekcioniranje	2.2.1.	—	—	1.4.1. 1.4.3.	1.5. 2.2.3.	—
4.2.17.	Sustav za prikupljanje podataka o energiji u stabilnim postrojenjima	—	—	—	—	1.5.	—
4.2.18.	Zaštitne mjere od strujnog udara	1.1.1.	—	—	1.4.1.	1.5.	—

Točka TSI-ja	Naslov točke TSI-ja	Sigurnost	Upućivanje i primjena	Zdravlje	Zaštita okoliša	Tehnička kompatibilnost	Dostupnost
		1.1.3. 2.2.1.			1.4.3. 2.2.2.		
4.4.	Operativna pravila	2.2.1.	—	—	—	1.5.	—
4.5.	Pravila održavanja	1.1.1. 2.2.1.	1.2.	—	—	1.5. 2.2.3.	—
4.6.	Stručne kvalifikacije	2.2.1.	—	—	—	—	—
4.7.	Zdravstveni i sigurnosni uvjeti	1.1.1. 1.1.3. 2.2.1.	—	—	1.4.1. 1.4.3. 2.2.2.	—	—

Tablica 2.1. Osnovni parametri TSI-ja i povezanost s osnovnim zahtjevima



## 2.4.1. Podudarnost s temeljnim zahtjevima iz Priloga III, Direktive 2008/57/EZ.

### 2.4.1.1. Opći zahtjevi

#### 2.4.1.1.1. Sigurnost

Projektiranje, izgradnja ili sastavljanje, održavanje i nadzor nad sastavnicama od ključnog značaja za sigurnost i naročito komponenata koje su uključene u vožnju moraju jamčiti sigurnost na razini koja odgovara ciljevima utvrđenima za mrežu, uključujući posebne oslabljene uvjete.

Parametri za kontakt kotač/tračnica moraju ispunjavati zahtjeve stabilnosti potrebne za osiguranje sigurne vožnje najvećom dopuštenom brzinom. Parametri opreme za kočenje moraju jamčiti mogućnost zaustavljanja unutar zaustavnog puta pri najvećoj dozvoljenoj brzini.

Sastavnice koje se koriste moraju podnijeti sva uobičajena ili iznimna opterećenja, koja su utvrđena tijekom njihovog rada. Posljedice slučajnih ispada za sigurnost moraju biti ograničene odgovarajućim mjerama.

Projektiranje stabilnih postrojenja i željezničkih vozila te izbor korištenog materijala mora biti takav da u slučaju požara ograničava nastanak, širenje i učinke vatre i dima.

Sve naprave koje su namijenjene rukovanju korisnika moraju biti projektirane tako da ne ugrožavaju sigurno rukovanje napravama, niti zdravlje i sigurnost korisnika kada se upotrebljavaju na predviđeni način koji nije u skladu s objavljenim uputama.

Nadzor i održavanje stabilnih i pokretnih dijelova, koji su uključeni u vožnju vlaka moraju se organizirati, izvesti i kvantificirati na takav način da se njihov rad održi pod predviđenim uvjetima.

#### 2.4.1.1.2. Zdravlje

Materijali za koje je vjerojatno da zbog načina uporabe predstavljaju opasnost po zdravlje onih koji im imaju pristup, ne smiju se upotrebljavati u vlakovima i na željezničkoj infrastrukturi.

Ti se materijali moraju izabirati, postavljati i koristiti na takav način da se ograniči emisija štetnih i opasnih dimova i plinova, naročito u slučaju požara.

#### 2.4.1.1.3. Zaštita okoliša

Učinak uspostavljanja i rada željezničkog sustava na okoliš mora se ocijeniti i uzeti u obzir u fazi projektiranja sustava u skladu s važećim odredbama Zajednice.

Materijali koji se koriste u vlakovima i na infrastrukturi moraju sprečavati emisiju dimova ili plinova koji su štetni i opasni za okoliš, naročito u slučaju požara.

Željeznička vozila i sustavi za napajanje energijom moraju biti projektirani i proizvedeni na takav način da budu elektromagnetski kompatibilni s instalacijama, opremom i javnim ili privatnim mrežama s kojima dolaze u doticaj.

Pri radu željezničkog sustava moraju se poštivati postojeći propisi o zagađenju bukom.

Rad željezničkog sustava ne smije uzrokovati nedopuštenu razinu vibracija tla za aktivnosti i područja u blizini infrastrukture i pri uobičajenom stanju održavanja.

Tehnička usklađenost Tehničke značajke infrastrukture i stabilnih postrojenja moraju biti uzajamno usklađene i sa značajkama vlakova koji će se koristiti u željezničkom sustavu. Ako se pokaže da je na određenim dijelovima mreže teško

postići sukladnost s tim značajkama, moguće je primijeniti privremena rješenja, koja jamče kompatibilnost u budućnosti.

#### 2.4.1.2. Posebni zahtjevi za svaki podsustav

##### 2.4.1.2.1. Infrastruktura

Potrebno je poduzeti odgovarajuće mjere za sprečavanje pristupa postrojenjima ili neželjenog ulaska u postrojenja. Potrebno je poduzeti mjere za ograničavanje opasnosti kojima su izložene osobe, naročito dok vlakovi prolaze kroz kolodvore. Infrastruktura kojoj javnost ima pristup mora biti projektirana i izgrađena tako da ograničava sve opasnosti za sigurnost ljudi (stabilnost, požar, pristup, evakuacija, peroni itd.) Potrebno je donijeti odgovarajuće odredbe kako bi se u obzir uzeli posebni sigurnosni uvjeti u vrlo dugačkim tunelima i vijaduktima.

##### 2.4.1.2.2. Energija

Rad sustava napajanja energijom ne smije ugrožavati sigurnost vlakova i osoba (korisnika, osoblja, osoba koji stanuju u blizini i trećih osoba).

Zaštita okoliša Rad sustava napajanja električnom ili toplinskom energijom ne smije negativno utjecati na okoliš preko određenih granica.

Tehnička kompatibilnost Sustavi napajanja električnom i toplinskom energijom koji se koriste moraju:

- <sup>35</sup><sub>17</sub> omogućiti vlakovima postizanje utvrđenog stupnja radnih karakteristika,
- <sup>35</sup><sub>17</sub> u slučaju sustava napajanja električnom energijom, moraju biti kompatibilni s napravama za oduzimanje električne energije na vlaku.

##### 2.4.1.2.3. Prometno-upravljački i signalno-sigurnosni podsustav

Postrojenja i postupci prometno-upravljačkih i signalno-sigurnosnih postrojenja koji se koriste moraju omogućiti vlakovima vožnju na stupnju sigurnosti koji odgovara utvrđenim ciljevima za mrežu. Prometno-upravljački i signalno-sigurnosni sustavi moraju i dalje jamčiti siguran prolazak vlakova koji imaju dozvolu za promet u oslabljenim uvjetima.

Sva nova infrastruktura i sva nova željeznička vozila koja su proizvedena ili razvijena nakon donošenja kompatibilnih prometno-upravljačkih i signalno-sigurnosnih sustava moraju biti prilagođena uporabi tih sustava. Prometno-upravljačka i signalno-sigurnosna oprema koja je ugrađena u strojarnicu mora u posebnim uvjetima omogućiti uobičajenu vožnju čitavim željezničkim sustavom.

##### 2.4.1.2.4. Željeznička vozila

Konstrukcije željezničkih vozila i prijelaza između vozila moraju biti projektirane na takav način da u slučaju sudara ili iskakanja iz tračnica zaštite prostor za putnike i strojovođe. Električna oprema ne smije ugrožavati sigurnost i rad prometno-upravljačkih i signalno-sigurnosnih postrojenja Tehnike kočenja i naprezanja koja pritom nastaju moraju biti kompatibilne s projektom kolosijeka, građevinskim konstrukcijama i sustavima signalizacije. Potrebno je poduzeti mjere za sprečavanje pristupa dijelovima pod električnim naponom, kako se ne bi ugrozila sigurnost ljudi. U slučaju opasnosti, uređaji moraju omogućiti putnicima da o tome obavijeste strojovođu i prateće osoblje da stupi u kontakt s njim. Pristupna vrata moraju biti

opremljena sustavom za otvaranje i zatvaranje, koji jamči sigurnost za putnike. Moraju postojati izlazi u slučaju opasnosti koji moraju biti označeni. Potrebno je donijeti odgovarajuće odredbe kako bi se u obzir uzeli posebni sigurnosni uvjeti u vrlo dugačkim tunelima. Na vlakovima je obavezan sustav rasvjete u slučaju opasnosti zadovoljavajuće jačine i trajanja. Vlakovi se moraju opremiti sustavom javnog razglasa koji omogućuje komunikaciju između osoblja u vlaku i putnika.

Projekti najvažnije opreme te pogonske, vučne i opreme za kočenje i sustava upravljanja i nadzora moraju biti takvi da omoguću nastavak vožnje vlakova u posebnim oslabljenim uvjetima bez štetnih posljedica za opremu koja je i dalje u pogonu.

Električna oprema mora biti kompatibilna s radom prometno-upravljačkog i signalno-sigurnosnog postrojenja. U slučaju električne vuče, značajke uređaja za oduzimanje električne energije moraju biti takve da omogućuju promet vlakova unutar sustava za napajanje energijom željezničkog sustava. Značajke željezničkih vozila moraju biti takve da omogućuju njihov promet na svakoj pruzi na kojoj je njihov promet predviđen, uzimajući u obzir odnosne klimatske uvjete.

Vlakovi moraju biti opremljeni uređajem za snimanje. Podaci prikupljeni tim uređajem i obrada podataka moraju se uskladiti.

#### 2.4.1.2.5. Održavanje

Tehnička postrojenja i postupci koji se koriste u centrima moraju osigurati siguran rad podsustava i ne smiju predstavljati opasnost za zdravlje i sigurnost.

Tehnička postrojenja i postupci koji se koriste u centrima za održavanje ne smiju prelaziti dozvoljene razine ometanja s obzirom na najbliži okoliš.

Postrojenja za održavanje željezničkih vozila moraju biti takva da omogućuju izvođenje sigurnog, za zdravlje neškodljivog i ugodnog rada na svim vozilima za koja su namijenjena.

#### 2.4.1.2.6. Odvijanje i upravljanje prometom

Usklađenost operativnih propisa za mrežu i osposobljenost strojovođa, osoblja u vlaku i osoblja u kontrolnim centrima mora biti takva da omogućuje sigurno odvijanje prometa, pri čemu je potrebno poštivati različite zahtjeve prekograničnog i domaćeg prometa. Rad na održavanju te intervali, obuka i osposobljenost osoblja na poslovima održavanja i osoblja u kontrolnim centrima te sustava osiguranja kvalitete, koji u kontrolnim centrima i centrima za održavanje uspostavljaju dotični prijevoznici, moraju jamčiti visoku razinu sigurnosti.

Radovi održavanja i razdoblja, obuka i osposobljenost osoblja na poslovima održavanja i osoblja u kontrolnim centrima te sustava jamčenja kakvoće koji u kontrolnim centrima i centrima za održavanje uspostavljaju dotični prijevoznici, moraju jamčiti visoku razinu pouzdanosti i dostupnosti.

Usklađenost operativnih propisa za mrežu i osposobljenost strojovođa i osoblja u vlaku i upravitelja prometa mora biti takva da omogućuje radnu učinkovitost željezničkog sustava, pri čemu je potrebno poštivati različite zahtjeve prekograničnog i domaćeg prometa.

#### 2.4.1.2.7. Telematske aplikacije za teretni i putnički promet

Temeljni zahtjevi za telematske aplikacije jamče minimalnu kakvoću putničkog i teretnog prijevoza, naročito u smislu tehničke kompatibilnosti. Potrebno je poduzeti mjere radi osiguranja:

<sup>35</sup><sub>17</sub> da se baze podataka, programska podrška i protokoli prijenosa podataka izrađuju tako da omogućuju maksimalnu razmjenu podataka među različitim aplikacijama i prijevoznicima, osim povjerljivih komercijalnih podataka,  
<sup>35</sup><sub>17</sub> jednostavnog pristupa informacijama za korisnike.

Načini uporabe, upravljanje, ažuriranje i održavanje tih baza podataka, programske podrške i protokola razmjene podataka moraju zajamčiti učinkovitost tih sustava i kakvoću usluga.

Sučelja između tih sustava i korisnika moraju ispunjavati minimalna pravila ergonomike i zaštite zdravlja.

Za pohranjivanje ili prijenos informacija koje se tiču sigurnosti potrebno je osigurati odgovarajuće razine integriteta i pouzdanosti.

## **2.5. Karakterizacija elektroenergetskog podsustava**

### 2.5.1. Uvodno o karakterizaciji

Željeznički sustav na koji se odnosi Direktiva 2008/57/EZ, i čiji je dio ovaj podsustav, predstavlja integrirani sustav čija je sukladnost podložna provjeri. Ta se sukladnost posebno provjerava u odnosu na specifikacije podsustava, njegova sučelja prema sustavu u koji je integriran, kao i u odnosu na operativna pravila i pravila za održavanje.

Funkcionalne i tehničke specifikacije podsustava i njegovih sučelja, opisane u poglavljima 2.5.2. i 2.5.3., ne nameću upotrebu pojedinih tehnologija ili tehničkih rješenja osim kada je to prijeko potrebno za interoperabilnost željezničke mreže. Međutim, inovativna rješenja za interoperabilnost mogu zahtijevati uvođenje novih specifikacija i/ili novih metoda ocjenjivanja. Da bi se omogućila tehnološka inovacija, specifikacije i metode ocjenjivanja razvijati će se koristeći postupak opisan u poglavljima 2.7.1.3. i 2.7.2.3.

Uzimajući u obzir sve primjenjive osnovne zahtjeve, elektroenergetski podsustav karakteriziraju specifikacije utvrđene u točkama od 2.5.2. do 2.5.7. Popis parametara od značaja za elektroenergetski podsustav, koji se prikuplja u registru infrastrukture, nalazi se u Prilogu C ovom TSI-ju.

Postupci za EZ provjeru elektroenergetskog podsustava navedeni su u točki 2.7.2.4. i Prilogu B, tablici B.1. ovog TSI-ja.

Za posebne slučajeve, vidjeti poglavlje 2.8.4.;

Kada se upućuje na EN norme, varijacije koje nose naziv 'nacionalna odstupanja' ili posebni nacionalni uvjeti' u EN normi se ne primjenjuju.

### 2.5.2. Funkcionalne i tehničke specifikacije podsustava

#### 2.5.2.1. Opće odredbe

Radne značajke koje elektroenergetski sustav mora postići odgovaraju mjerodavnim radnim značajkama željezničkog sustava u pogledu:

<sup>35</sup><sub>17</sub> najveće dopuštene brzine na pruzi, vrste vlaka i  
<sup>35</sup><sub>17</sub> energetske potražnje vlakova na oduzimačima struje.

#### 2.5.2.2. Osnovni parametri koji obilježavaju elektroenergetski podsustav su:

<sup>35</sup>/<sub>17</sub> Napajanje električnom energijom:

- Ħ napon i frekvencija (2.5.2.3.),
- Ħ parametri koji se odnose na radne karakteristike sustava napajanja (2.5.2.4.),
- Ħ strujni kapacitet, istosmjerni sustavi, vlakovi u mirovanju (2.5.2.5.),
- Ħ Regenerativno kočenje (2.5.2.7.),
- Ħ mehanizmi koordinacije električne zaštite (2.5.2.8.),
- Ħ harmonike i dinamički učinci za izmjenične pružne sustave za napajanje električnom energijom (2.5.2.9.).

<sup>35</sup>/<sub>17</sub> Geometrija kontaktne mreže i kakvoća oduzimanja struje:

- Ħ geometrija kontaktne mreže (2.5.2.13.),
- Ħ profil oduzimača struje (2.5.2.14.),
- Ħ srednja kontaktna sila (2.5.2.15.),
- Ħ dinamičko ponašanje i kakvoća oduzimanja struje (2.5.2.16.),
- Ħ razmak oduzimača struje za projektiranje kontaktne mreže (2.5.2.17.),
- Ħ materijal kontaktnog vodiča (2.5.2.18.),
- Ħ oprema za fazno sekcioniranje (2.5.2.19.)
- Ħ oprema za sustavno sekcioniranje (2.5.2.20.).

<sup>35</sup>/<sub>17</sub> Sustav za prikupljanje podataka o energiji u stabilnim postrojenjima (2.5.2.17.)

<sup>35</sup>/<sub>17</sub> Zaštitne mjere od strujnog udara (2.5.2.18.)

### 2.5.2.3. Napon i frekvencija

Za lokomotive i vučne jedinice potrebna je standardizacija vrijednosti napona i frekvencije. Vrijednosti i granične vrijednosti napona i frekvencije na priključcima elektrovučnih podstanica i na oduzimačima struje moraju biti u skladu s odredbom 4. norme EN50163:2004.

Izmjenični sustav 25 kV 50 Hz je ciljni sustav napajanja zbog usklađenosti sa sustavima proizvodnje i distribucije električne energije i zbog standardizacije opreme elektrovučnih podstanica.

Napon i frekvencija energetskeg podsustava jedan su od četiri sustava utvrđena u skladu s odjeljkom 2.8.:

- a) izmjenična struja 25 kV, 50 Hz;
- b) izmjenična struja 15 kV, 16,7 Hz;
- c) istosmjerna struja 3 kV;
- d) istosmjerna struja 1,5 kV.

### 2.5.2.4. Parametri koji se odnose na radne karakteristike sustava napajanja

Projekt elektroenergetskog podsustava utvrđuje se u skladu s brzinom pruge za predviđeno odvijanje prometa vlakova i s topografijom.

Stoga se moraju uzeti u obzir sljedeći parametri:

- a) najveće strujno opterećenje vlakova,

- b) faktor snage vlakova,
- c) srednji korisni napon.

#### 2.5.2.4.1. Najveće strujno opterećenje

Projektiranjem energetskog podsustava osigurava se mogućnost postizanja određenih radnih karakteristika napajanja električnom energijom te prometovanje vlakova snage manje od 2 MW bez ograničenja snage ili struje kako je opisano u točki 7.3. norme EN50388:2005.

#### 2.5.2.4.2. Faktor snage vlakova

Faktor snage vlakova mora biti u skladu sa zahtjevima iz Priloga G i točkom 6.3. norme EN50388:2005.

#### 2.5.2.4.3. Srednji korisni napon

Izračunani srednji korisni napon „na oduzimaču struje” u skladu je s odredbom 8. norme EN 50388:2012 (osim odredbe 8.3., koja se zamjenjuje točkom C.1. Dodatka C). Simulacijom se uzimaju u obzir vrijednosti stvarnog faktora snage vlakova. U točki C.2. Dodatka C navode se dodatne informacije uz odredbu 8.2. norme EN 50388:2012.

#### 2.5.2.5. Strujni kapacitet, istosmjerni sustavi, vlakovi u mirovanju

Kontaktna mreža istosmjernih sustava projektirana je za 300 A (za sustav napajanja od 1,5 kV) i 200 A (za sustav napajanja od 3 kV) po oduzimaču struje u kad je vlak u mirovanju.

Strujni kapacitet u mirovanju postiže se za ispitnu vrijednost statičke kontaktne sile navedene u tablici 4. odredbe 7.2. norme EN 50367:2012.

Kontaktna mreža projektira se uzimajući u obzir temperaturna ograničenja u skladu s odredbom 5.1.2. norme EN 50119:2009.

#### 2.5.2.6. Regenerativno kočenje

Izmjenični sustavi za napajanje električnom energijom projektiraju se na način kojim se omogućava upotreba regenerativnog kočenja kao radne kočnice te neometano izmjenjivanje struje s drugim vlakovima ili na neki drugi način.

Istosmjerni sustavi za napajanje električnom energijom projektiraju se na način kojim se omogućava upotreba regenerativnog kočenja najmanje izmjenom snage s ostalim vlakovima.

#### 2.5.2.7. Mehanizmi koordinacije električne zaštite

Projektiranje mehanizma koordinacije električne zaštite energetskog podsustava u skladu je sa zahtjevima detaljno propisanim u odredbi 11. norme EN 50388:2012.

#### 2.5.2.8. Harmonike i dinamički učinci za izmjenične pružne sustave za napajanje električnom energijom

Interakcija pružnog sustava napajanja i željezničkog vozila može uzrokovati električne nestabilnosti u sustavu.

Kako bi se postigla sukladnost električnog sustava, harmonijski prenaponi ograničeni su ispod kritičnih vrijednosti u skladu s odredbom 10.4. norme EN 50388:2012.

#### 2.5.2.9. Geometrija kontaktne mreže

Kontaktna mreža projektira se za oduzimače struje s geometrijom glave utvrđenom točkom 4.2.8.2.9.2. TSI-ja za LOC i PAS uzimajući u obzir propise utvrđene točkom 7.2.3. ovog TSI-ja.

Visina i bočni otklon kontaktnog vodiča pod utjecajem bočnog vjetrova jesu čimbenici koji utječu na interoperabilnost željezničke mreže.

##### 2.5.2.9.1. Visina kontaktnog vodiča

Dopuštene vrijednosti za visinu kontaktnog vodiča navedene su u tablici 2.2.

Opis	$v \geq 250$ [km/h]	$v < 250$ [km/h]
Nazivna visina kontaktnog vodiča [mm]	od 5 080 do 5 300	od 5 000 do 5 750
Minimalna projektirana visina kontaktnog vodiča [mm]	5 080	U skladu s odredbom 5.10.5. norme EN 50119:2009 ovisno o odabranoj širini
Maksimalna projektirana visina kontaktnog vodiča [mm]	5 300	6 200

Tablica 2.2. Visina kontaktnog vodiča

Nazivna visina kontaktnog vodiča mora biti u rasponu od 5,00 – 5,75 m. Za odnos između visina kontaktnog vodiča i radne visine oduzimača struje vidjeti sliku 1. u normi EN50119:2009.

U slučajevima u odnosu na slobodni profil (poput mostova, tunela) visina kontaktnog vodiča može biti i manja. Najmanja visina kontaktnog vodiča izračunava se u skladu s točkom 5.10.4. norme EN50119:2009.

Visina kontaktne mreže može biti viša kod slučaja kao što su željezničko-cestovni prijelazi, prostori za utovar itd. U tim slučajevima najveća projektirana visina kontaktnog vodiča ne smije prelaziti 6,20 m.

Uzimajući u obzir dozvoljena odstupanja i podizanja u skladu sa slikom 1. u normi EN50119:2009, najveća dozvoljena visina kontaktnog vodiča ne smije prelaziti 6,50 m.

Za odnos između visina kontaktnih vodiča i radnih visina oduzimača struje vidjeti sliku 1. norme EN 50119:2009.

Iznad prijelaza u istoj razini visina kontaktnog vodiča utvrđuje se nacionalnim propisima, odnosno, u izostanku nacionalnih propisa, u skladu s odredbama 5.2.4. i 5.2.5. norme EN 50122-1:2011.

Za pružni sustav širine 1 520 i 1 524 mm vrijednosti visine kontaktnog vodiča su kako slijedi:

- a) nazivna visina kontaktnog vodiča: od 6 000 mm do 6 300 mm;
- b) minimalna projektirana visina kontaktnog vodiča: 5 550 mm;
- c) maksimalna projektirana visina kontaktnog vodiča: 6 800 mm.

#### 2.5.2.9.2. Bočni otklon

Najveći dopušteni bočni otklon kontaktnog vodiča prema projektiranoj okomitoj osi kolosijeka pod utjecajem bočnog vjetrova, prikazan je u tablici 2.3.

Duljina oduzimača struje	Najveći dopušteni bočni otklon
1 600 mm	0,40 m
1 950 mm	0,55 m

Tablica 2.3. Najveći dopušteni bočni otklon kontaktnog vodiča

Vrijednosti se prilagođavaju tako što se u obzir uzima kretanje oduzimača struje i dozvoljeno odstupanje kolosijeka u skladu s Prilogom E.

U slučaju kolosijeka s više tračnica zahtjev se ispunjava za svaki par tračnica (predviđenih da se koriste kao odvojen kolosijek) koji je predviđen za ocjenu prema TSI-ju.

Sustav širine tračnica od 1520 mm:

Kod država članica koje primjenjuju profil oduzimača struje u skladu s točkom 4.2.8.2.9.2.3. TSI-ja za LOC i PAS maksimalni bočni otklon kontaktnog vodiča u odnosu na središte oduzimača struje pod utjecajem bočnog vjetrova iznosi 500 mm.

#### 2.5.2.10. Profil oduzimača struje

Niti jedan dio elektroenergetskog podsustava ne smije ulaziti u mehanički kinematički profil oduzimača struje (vidjeti Prilog D, sliku 2.3.), osim kontaktnog vodiča i poligonatora.

Mehanički kinematički profil oduzimača struje za interoperabilne pruge određuje se uporabom metode prikazane u Dodatku D.1.2., a profili oduzimača struje utvrđeni su u točki 4.2.8.2.9.2.1 i 4.2.8.2.9.2.2. TSI-ja za LOC i PAS.

Taj se profil izračunava uporabom kinematičke metode s vrijednostima:

- d) za nagib oduzimača struje –  $e_{pu}$  – 0,110 m na donjoj visini koja se provjerava –  $h'_u \leq 5,0$  m,
- e) za nagib oduzimača struje –  $e_{po}$  – 0,170 m na gornjoj visini koja se provjerava –  $h'_o = 6,5$  m,

u skladu s točkom D.1.2.1.4. Dodatka D i ostalim vrijednostima u skladu s točkom D.1.3. Dodatka D.

Pružni sustav širine 1 520 mm:



Kod država članica koje primjenjuju profil oduzimača struje u skladu s točkom 4.2.8.2.9.2.3. TSI-ja za LOC i PAS, statička širina oduzimača struje definirana je točkom D.2. Dodatka D.

#### 2.5.2.11. Srednja kontaktna sila

Srednja kontaktna sila  $F_m$  je statistička srednja vrijednost kontaktne sile.  $F_m$  sačinjavaju statičke, dinamičke i aerodinamične komponente kontaktne sile oduzimača struje.

Statička kontaktna sila određena je u točki 7.1. norme EN50367:2006. Rasponi  $F_m$  kontaktne sile za svaki sustava napajanja električnom energijom definirani su u tablici 6. norme EN 50367:2012.

Sustav napajanja	$F_m$ do 200 km/h
Izmjenični sustav	$60 \text{ N} < F_m < 0,00047 \cdot v^2 + 90 \text{ N}$
Istosmjerni sustav 3 kV	$90 \text{ N} < F_m < 0,00097 \cdot v^2 + 110 \text{ N}$
Istosmjerni sustav 1,5 kV	$70 \text{ N} < F_m < 0,00097 \cdot v^2 + 140 \text{ N}$

Tablica 2.4. Rasponi srednje kontaktne sile

pri čemu je  $[F_m]$  = srednja kontaktna sila u N, a  $[v]$  = brzina u km/h.

Kontaktne se mreže projektiraju tako da su u mogućnosti izdržati gornju projektiranu granicu kontaktne sile navedenu u tablici 6. norme EN 50367:2012., a kako je navedeno u tablici 2.4.

#### 2.5.2.12. Dinamičko ponašanje i kakvoća oduzimanja struje

Kontaktna mreža mora biti projektirana u skladu sa zahtjevima za dinamičko ponašanje. Podizanje kontaktnog vodiča pri projektiranoj brzini mora odgovarati vrijednostima iz tablice 2.5.

Kakvoća oduzimanja struje znatno utječe na životni vijek kontaktnog vodiča i stoga mora ispunjavati dogovorene i mjerljive parametre.

Sukladnost sa zahtjevima za dinamičko ponašanje provjerava se ocjenom:

- f) podizanja kontaktnog vodiča,
- g) srednje kontaktne sile  $F_m$  i standardne devijacije  $\sigma_{max}$ , ili
- h) postotka iskrenja.

Naručitelj navodi metodu koja će se koristiti za provjeru. Vrijednosti koje se moraju postići odabranom metodom utvrđene su u tablici 2.4.

Ovisno o metodi ocjenjivanja, kontaktna mreža ostvaruje vrijednosti dinamičkih performansi i podizanja kontaktnog vodiča (pri projektiranoj brzini) utvrđene tablicom 2.5.

Zahtjev	$v \geq 250$ [km/h]	$250 > v > 160$ [km/h]	$v \leq 160$ [km/h]
Prostor za podizanje poligonatora	$2S_0$		
Srednja kontaktna sila $F_m$	vidjeti točku 2.5.2.11.		
Standardni otklon pri maksimalnoj brzini na pruzi $\sigma_{max}$ [N]	$0.3 F_m$		
Postotak električnog luka pri maksimalnoj brzini na pruzi, NQ [%] (minimalno trajanje luka 5 ms)	$\leq 0,2$	$\leq 0,1$ za izmjenične sustave $\leq 0,2$ za istosmjerne sustave	$\leq 0,1$

Tablica 2.5. Zahtjevi za dinamičko ponašanje i kvalitetu oduzimanja struje

Za definicije, vrijednosti i metode ispitivanja vidjeti norme EN50317:2002 i EN50318:2002.

$S_0$  je izračunano, simulirano ili izmjereno podizanje kontaktnog vodiča na poligonatoru, koje se postiže u uobičajenim uvjetima prometovanja s jednim ili više oduzimača struje sa srednjom kontaktnom silom  $F_m$  pri najvećoj brzini kojom se vozi na pruzi. Kada je podizanje poligonatora fizički ograničeno zbog konstrukcije kontaktne mreže, dopušteno je smanjiti potreban prostor na  $1,5 S_0$  (točka 5.10.2. norme EN50119:2009).

Najveća sila ( $F_{max}$ ) na pruzi u pravcu uglavnom je u rasponu od  $F_m$  plus tri standardne devijacije  $\sigma_{max}$ ; više vrijednosti mogu nastati na određenim mjestima, a navedene su u tablici 4. točki 5.2.5.2. norme EN50119:2009.

Za čvrste komponente kao što su izolatori sekcija u sustavima kontaktne mreže, kontaktna sila se može povećati do najviše 350 N.

### 2.5.2.13. Razmak između oduzimača struje

Kontaktne mreže projektira se za najmanje dva aktivna susjedna oduzimača struje. Razmak dviju susjednih glava oduzimača struje, od središnje linije do središnje linije, jednak je ili manji od vrijednosti utvrđenih u stupcu „A”, „B” ili „C” iz tablice 4.2.13. 2.5.

Projektirana brzina [km/h]	Izmjenična ▶ M1			3 kV Istosmjerna ▶ M1			1,5 kV Istosmjerna ▶ M1		
	udaljenost [m]			udaljenost [m]			udaljenost [m]		
Vrsta	A	B	C	A	B	C	A	B	C
$v \geq 250$	200			200			200	200	35
$160 < v < 250$	200	85	35	200	115	35	200	85	35
$120 < v \leq 160$	85	85	35	20	20	20	85	35	20

Projektirana brzina [km/h]	Izmjenična ▶ M1			3 kV Istosmjerna ▶ M1			1,5 kV Istosmjerna ▶ M1		
	udaljenost [m]			udaljenost [m]			udaljenost [m]		
$80 < v \leq 120$	20	15	15	20	15	15	35	20	15
$v \leq 80$	8	8	8	8	8	8	20	8	8

Tablica 2.6. Razmak oduzimača struje za projektiranje kontaktne mreže

#### 2.5.2.14. Materijal kontaktnog vodiča

Kombinacija materijala kontaktnog vodiča i materijala kontaktnih letvica klizača ima snažan utjecaj na njihovo trošenje.

Dopušteni materijali kontaktnih letvica klizača definirani su točkom 4.2.8.2.9.4.2. TSI-ja za LOC i PAS.

Dopušteni materijali za kontaktne vodiče jesu bakar i bakrene legure. Kontaktni vodič u skladu je sa zahtjevima odredaba 4.2. (osim upućivanja na Prilog B norme), 4.3. i 4.6. do 4.8. norme EN 50149:2012.

#### 2.5.2.15. Oprema za fazno sekcioniranje

Projektiranjem oprema za fazno sekcioniranje omogućava se da se vlakovi mogu premještati s jedne dionice na susjednu bez premošćivanja dviju faza. Potrošnja električne energije vlaka (za vuču, pomoćne agregate te za struju neopterećenog transformatora) dovodi se do nule prije dolaska opreme za fazno sekcioniranje. Potrebno je predvidjeti odgovarajuće mehanizme (osim kratke opreme za sekcioniranje) kojima se omogućava ponovno pokretanje vlaka koji je zaustavljen unutar opreme za fazno sekcioniranje.

Ukupna duljina D neutralnih sekcija određena je u odredbi 4. norme EN 50367:2012. Za izračun razmaka D u skladu s normom EN 50119:2009 uzimaju se u obzir odredba 5.1.3. i podizanje poligonatora.

Brzine na pruzi  $v \geq 250$  km/h

Mogu se koristiti dvije vrste projekata opreme za fazno sekcioniranje:

- projekt faznog sekcioniranja u kojem se svi oduzimači struje najdužih vlakova sukladnih TSI-ju nalaze unutar neutralne sekcije. Ukupna duljina neutralnih sekcija iznosi najmanje 402 m.

Za detaljne zahtjeve vidjeti Prilog A.1.2. normi EN 50367:2012; ili

- kraće fazno sekcioniranje s tri izolirana preklapanja na način prikazan u Prilogu A.1.4. normi EN 50367:2012. Cjelokupna dužina neutralne sekcije manja je od 142 m uključujući razmake i odstupanja.

Brzine na pruzi  $v < 250$  km/h

Kod projektiranja opreme za sekcioniranje u pravilu se primjenjuju rješenja opisana u Prilogu A.1. normi EN 50367:2012. Kod predlaganja alternativnih rješenja dokazuje se da je predloženo rješenje barem jednako pouzdano.

#### 2.5.2.16. Oprema za sustavno sekcioniranje

Projektiranjem opreme za sustavno sekcioniranje osigurava se prelazak vlakova s jednog sustava za napajanje električnom energijom na susjedni različiti sustav za napajanje bez premošćivanja dvaju sustava. Postoje dvije metode za prolazak opreme za sustavno sekcioniranje:

- a) s podignutim oduzimačem struje koji dodiruje kontaktni vodič,
- b) sa spuštenim oduzimačem struje koji ne dodiruje kontaktni vodič.

Susjedni upravitelji infrastrukture biraju (a) ili (b) u skladu s prevladavajućim okolnostima.

Ukupna duljina  $D$  neutralnih sekcija određena je u odredbi 4. norme EN 50367:2012. Za izračun razmaka  $D$  u skladu s normom EN 50119:2009 uzimaju se u obzir odredba 5.1.3. i podizanje poligonatora  $S_0$ .

#### Podignuti oduzimači struje

Potrošnja električne energije vlaka (za vuču, pomoćne agregate te za struju neopterećenog transformatora) dovodi se do nule prije dolaska opreme za sustavno sekcioniranje.

Ako se preko opreme za sustavno sekcioniranje prolazi s oduzimačima struje podignutima do kontaktnog voda, njezin je funkcionalni dizajn kako slijedi:

- a) geometrijom različitih elemenata kontaktne mreže sprečava se kratki spoj oduzimača struje ili premošćivanje obaju sustava napajanja;
- b) potrebno je unutar energetskog podsustava predvidjeti načine sprečavanja premošćivanja obaju susjednih sustava za napajanje električnom energijom u slučaju neotvaranja jednog ili više prekidača u vlaku;
- c) varijacija visine kontaktnog vodiča duž cijele opreme za sekcioniranje u skladu je sa zahtjevima utvrđenima odredbom 5.10.3. norme EN 50119:2009.

#### Spušteni oduzimači struje

Ovo se rješenje bira se u slučaju nemogućnosti ispunjavanja uvjeta rada s podignutim oduzimačima struje.

Ako se preko opreme za sustavno sekcioniranje prelazi sa spuštenim oduzimačima struje, ona je projektirana tako da se izbjegne električna veza dvaju sustava za napajanje električnom energijom zbog nenamjerno podignutog oduzimača struje.

#### 2.5.2.17. Sustav za prikupljanje podataka o energiji u stabilnim postrojenjima

U točki 4.2.8.2.8. TSI-ja za LOC i PAS navedeni su zahtjevi za ugrađene energetske mjerne sustave (EMS) namijenjene prikupljanju i prenošenju prikupljenih podataka o naplati energije (CEBD) do sustava za prikupljanje podataka o energiji u stabilnim postrojenjima.

Sustavom za prikupljanje podataka o energiji u stabilnim postrojenjima (DCS) primaju se, pohranjuju i izvoze prikupljeni podaci o naplati energije bez njihova mijenjanja, u skladu sa zahtjevima navedenima u odredbi 4.12. norme EN 50463-3:2017.

Sustav za prikupljanje podataka o energiji u stabilnim postrojenjima podržava sve zahtjeve koji se odnose na razmjenu podataka definirane u točki 4.2.8.2.8.4. TSI-

ja za LOC i PAS, kao i zahtjeve utvrđene u odredbama 4.3.6. i 4.3.7. norme EN 50463-4:2017.

#### 2.5.2.18. Zaštitne mjere od strujnog udara

Električna sigurnost sustava kontaktne mreže i zaštita od strujnog udara ostvaruju se usklađivanjem s normom EN 50122 - 1:2011+A1:2011, odredbama 5.2.1 (samo za javne prostore), 5.3.1, 5.3.2, 6.1, 6.2 (ne uključujući zahtjeve za spajanja za tračničke strujne krugove), a u slučaju ograničenja izmjeničnog napona radi sigurnosti osoba usklađivanjem s odredbama 9.2.2.1 i 9.2.2.2 norme, dok u slučaju ograničenja istosmjernog napona usklađivanjem s odredbama 9.3.2.1 i 9.3.2.2. norme.

#### 2.5.3. Funkcionalne i tehničke specifikacije sučelja

##### 2.5.3.1. Opći zahtjevi

Sa stajališta tehničke kompatibilnosti sučelja su navedena prema redoslijedu podsustava kako slijedi: željeznička vozila, infrastruktura, prometno-upravljački i signalno-sigurnosni te odvijanje prometa i upravljanje prometom.

##### 2.5.3.2. Sučelje s podsustavom željezničkih vozila

Upućivanje u energetsom TSI-ju		Upućivanje u TSI-ju za LOC i PAS	
Parametar	Točka	Parametar	Točka
Napon i frekvencija	4.2.3.	Vožnja u rasponu napona i frekvencija	4.2.8.2.2.
Parametri koji se odnose na radne karakteristike sustava napajanja: -maksimalna struja vlaka - faktor snage vlakova i srednji korisni napon	4.2.4.	Najjača struja iz kontaktne mreže Faktor snage	4.2.8.2.4. 4.2.8.2.6.
Strujni kapacitet, istosmjerni sustavi, vlakovi u mirovanju	4.2.5.	Najjača struja u stanju mirovanja	4.2.8.2.5.
Regenerativno kočenje	4.2.6.	Regenerativno kočenje energijom prema kontaktnoj mreži	4.2.8.2.3.
Mehanizmi koordinacije električne zaštite	4.2.7.	Električna zaštita vlaka	4.2.8.2.10.
Harmonike i dinamički učinci za izmjenične pružne sustave za napajanje električnom	4.2.8.	Poremećaji u energetsom sustavu kod izmjeničnih sustava	4.2.8.2.7.

Upućivanje u energetskom TSI-ju		Upućivanje u TSI-ju za LOC i PAS	
Parametar	Točka	Parametar	Točka
energijom			
Geometrija kontaktne mreže	4.2.9.	Radni raspon na visini oduzimača struje Geometrija glave oduzimača struje	4.2.8.2.9.1. 4.2.8.2.9.2.
Profil oduzimača struje	4.2.10. Dodatak D	Geometrija glave oduzimača struje Kinematički slobodni profil	4.2.8.2.9.2. 4.2.3.1.
Srednja kontaktna sila	4.2.11.	Statička kontaktna sila oduzimača struje	4.2.8.2.9.5.
		Kontaktna sila i dinamičko ponašanje oduzimača struje	4.2.8.2.9.6.
Dinamičko ponašanje i kakvoća oduzimanja struje	4.2.12.	Kontaktna sila i dinamičko ponašanje oduzimača struje	4.2.8.2.9.6.
Razmak oduzimača struje za projektiranje kontaktne mreže	4.2.13.	Razmještaji oduzimača struje	4.2.8.2.9.7.
Materijal kontaktnog vodiča	4.2.14.	Materijal klizača oduzimača struje	4.2.8.2.9.4.
Oprema za sekcioniranje: fazno sustavno	4.2.15. 4.2.16.	Prolazak kroz sekciju za fazno ili sustavno razdvajanje	4.2.8.2.9.8.
Sustav za prikupljanje podataka o energiji u stabilnim postrojenjima	4.2.17.	Ugrađeni energetski mjerni sustavi	4.2.8.2.8.

Tablica 2.7. TSI prema lokomotivama i putničkim željezničkim vozilima

### 2.5.3.3. Sučelje s podsustavom infrastrukture

Upućivanje u energetskom TSI-ju		Upućivanje u TSI-ju za podsustav infrastrukture	
Parametar	Točka	Parametar	Točka
Profil oduzimača struje	4.2.10.	Slobodni profil	4.2.3.1.

Tablica 2.8. TSI prema podsustavu infrastrukture

#### 2.5.3.4. Sučelje s prometno-upravljačkim i signalno-sigurnosnim sustavima

Sučelje za upravljanje snagom je sučelje između energetskeg podsustava i podsustava željezničkih vozila.

Međutim, informacije se prenose prometno-upravljačkim i signalno-sigurnosnim podsustavima, zbog čega se sučelje prijenosa utvrđuje TSI-jem za prometno-upravljački i signalno-sigurnosni podsustav te TSI-jem za LOC i PAS.

Relevantne informacije o isključivanju prekidača, promjeni maksimalne struje vlaka, promjeni sustava za napajanje električnom energijom i upravljanju oduzimačem struje prenose se ERMTS-om ako on postoji na pruzi.

Harmonijske struje koje utječu na prometno-upravljački i signalno-sigurnosni podsustav utvrđuju se TSI-jem za prometno-upravljački i signalno-sigurnosni podsustav.

#### 2.5.3.5. Sučelja s podsustavom odvijanja prometa i upravljanja prometom

Upravitelj infrastrukture mora posjedovati sustav za komunikaciju sa željezničkim prijevoznicima.

Upućivanje u energetske TSI-ju		Upućivanje u TSI-ju za odvijanje prometa	
Parametar	Točka	Parametar	Točka
Maksimalna struja vlaka	4.2.4.1.	Sastav vlaka Priprema Priručnika o pruzi	4.2.2.5. 4.2.1.2.2.1.
Oprema za sekcioniranje: fazno sustavno	4.2.15. 4.2.16.	Sastav vlaka Priprema Priručnika o pruzi	4.2.2.5. 4.2.1.2.2.1.

Tablica 2.9. Podsustav odvijanja i upravljanja prometom

#### 2.5.4. Operativna pravila

Operativna se pravila razvijaju u okviru postupaka opisanih u sustavu upravljanja sigurnošću upravitelja infrastrukture. U njima se uzima u obzir dokumentacija koja se odnosi na odvijanje prometa koja je dio tehničke dokumentacije prema zahtjevu iz članka 15. stavka 4. Direktive (EU) 2016/797 [2] i utvrđene njezinim Prilogom IV.

U određenim situacijama koje uključuju unaprijed planirane radove, možda će biti potrebno privremeno odstupanje od specifikacija energetskeg podsustava i njegovih čimbenika interoperabilnosti koji su navedeni u odjeljcima 4. i 5. TSI-ja.

#### 2.5.5. Pravila održavanja

Pravila održavanja razvijaju se u okviru postupaka opisanih u sustavu upravljanja sigurnošću upravitelja infrastrukture.

Dokumentacija o održavanju za interoperabilne sastavne dijelove i elemente podsustava izrađuje se prije puštanja podsustava u rad kao dio tehničke dokumentacije uz izjavu o provjeri.

Plan održavanja podsustava izrađuje se kako bi se osiguralo zadržavanje zahtjeva utvrđenih ovim TSI-jem tijekom njegova životnog vijeka.

### 2.5.6. Stručne kvalifikacije

Stručne kvalifikacije osoblja nužne za upravljanje energetske podstavom i njegovo održavanje obuhvaćene su postupcima opisanima u sustavu upravljanja sigurnošću upravitelja infrastrukture te nisu utvrđene ovim TSI-jem.

### 2.5.7. Zdravstveni i sigurnosni uvjeti

Zdravstveni i sigurnosni uvjeti za osoblje potrebni za upravljanje energetske podstavom i njegovo održavanje u skladu su s relevantnim europskim i nacionalnim zakonodavstvom.

To je pitanje isto tako obuhvaćeno postupcima opisanima u sustavu upravljanja sigurnošću upravitelja infrastrukture.

## 2.6. Interoperabilni sastavni dijelovi

### 2.6.1. Popis sastavnih dijelova

Interoperabilni sastavni dijelovi obuhvaćeni su odgovarajućim odredbama Direktive (EU) 2016/797 i navedeni su u nastavku za energetske podstav.

Kontaktna mreža:

Interoperabilni sastavni dio kontaktne mreže sastoji se od sastavnica navedenih u nastavku koje se ugrađuju u energetske podstav te projekta i konfiguracijskih pravila.

Sastavni su dijelovi kontaktne mreže skup vodiča obješenih iznad željezničke pruge koji služe za napajanje električnih vlakova električnom energijom te za napajanje vezane opreme, izolatora i druge opreme, uključujući napojne vodove i prenosnike. Nalazi se iznad gornjeg ruba profila vozila te napaja vozila električnom energijom strujnim oduzimačem.

Potporni sastavni dijelovi poput konzola, stupova i temelja, povratnih vodova, napojnih vodova automatskih transformatora, prekidača i drugih izolatora nisu dio interoperabilnog sastavnog dijela kontaktne mreže. Kad je riječ o interoperabilnosti, oni su obuhvaćeni zahtjevima za podstav.

Ocjenjivanje sukladnosti uključuje faze i karakteristike navedene u točki 2.7.1.4. i označene oznakom X u tablici A.1. Dodatka A ovom TSI-ju.

### 2.6.2. Radne karakteristike i specifikacije sastavnih dijelova

#### 2.6.2.1. Kontaktne mreže

##### 2.6.2.1.1. Geometrija kontaktne mreže

Projekt kontaktne mreže u skladu je s točkom 2.5.2.9.

##### 2.6.2.1.2. Srednja kontaktne sile



Kontaktna mreža projektira se s pomoću prosječne kontaktne sile  $F_m$  utvrđene točkom 2.5.2.11.

#### 2.6.2.1.3. Dinamičko ponašanje

Zahtjevi za dinamičko ponašanje kontaktne mreže utvrđeni su točkom 2.5.2.12.

#### 2.6.2.1.4. Prostor za podizanje

Kontaktna mreža projektira se tako da se osigura propisani prostor za podizanje kako je utvrđeno točkom 2.5.2.12.

#### 2.6.2.1.5. Projektiranje razmaka između oduzimača struje

Kontaktna mreža projektira se za razmak oduzimača struje utvrđen točkom 2.5.2.13.

#### 2.6.2.1.6. Struja u mirovanju

Za istosmjerne sustave kontaktna se mreža projektira u skladu sa zahtjevima utvrđenima točkom 2.5.2.5.

#### 2.6.2.1.7. Materijal kontaktnog vodiča

Materijal kontaktnog vodiča u skladu je sa zahtjevima utvrđenima točkom 2.5.2.14.

### 2.7. Ocjenjivanje sukladnosti interoperabilnih sastavnih dijelova i EZ provjera podsustava

#### 2.7.1. Interoperabilni sastavni dijelovi

##### 2.7.1.1. Postupci ocjene sukladnosti

Postupci ocjenjivanja sukladnosti interoperabilnih sastavnih dijelova, prema definiciji iz odjeljka 2.6. ovog TSI-ja, provode se primjenom odgovarajućih modula.

Postupci ocjenjivanja određenih zahtjeva za interoperabilni sastavni dio utvrđeni su točkom 2.7.1.4.

##### 2.7.1.2. Primjena modula

Za ocjenjivanje sukladnosti interoperabilnih sastavnih dijelova koriste se sljedeći moduli:

<sup>35</sup> / <sub>17</sub>	CA	Unutarnja kontrola proizvodnje
<sup>35</sup> / <sub>17</sub>	CB	EZ pregled tipa
<sup>35</sup> / <sub>17</sub>	CC	Sukladnost s tipom utemeljena na unutarnjoj kontroli proizvodnje
<sup>35</sup> / <sub>17</sub>	CH	Sukladnost utemeljena na cjelovitom sustavu upravljanja kvalitetom

Postupci	Moduli
Stavljeno na tržište EU-a prije stupanja na snagu ovog TSI-ja	CA ili CH
Stavljeno na tržište EU-a nakon stupanja na snagu ovog TSI-ja	CB + CC ili CH1

Tablica 2.10. Moduli za ocjenjivanje sukladnosti koje treba primijeniti na interoperabilne sastavne dijelove

Moduli za ocjenjivanje sukladnosti interoperabilnih sastavnih dijelova odabiru se između onih navedenih u tablici 2.10.

U slučaju proizvoda stavljenih na tržište prije objavljivanja relevantnih TSI-jeva smatra se da je tip odobren te stoga EZ pregled tipa (modul CB) nije potreban uz uvjet da proizvođač dokaže da su ispitivanja i provjere interoperabilnih sastavnih dijelova bile uspješne pri prijašnjim primjenama u usporedivim uvjetima i da su sukladni sa zahtjevima ovog TSI-ja. U tom će slučaju te ocjene i dalje biti valjane za novu primjenu. Ako nije moguće dokazati da je rješenje u prošlosti dokazano kao pozitivno, primjenjuje se postupak za interoperabilne sastavne dijelove stavljene na tržište EU-a nakon objave ovog TSI-ja.

#### 2.7.1.3. Inovativna rješenja za interoperabilne sastavne dijelove

Kada je rješenje za koje se predlaže da postane interoperabilni sastavni dio inovativno, proizvođač ili njegov ovlašten zastupnik s poslovnim nastanom u Zajednici dužan je navesti odstupanja od odgovarajuće odredbe ovog TSI-ja te ih podnijeti Komisiji na analizu.

Ako je rezultat analize pozitivno mišljenje, odgovarajuće funkcionalne specifikacije i specifikacije za sučelje za sastavni dio i metoda ocjenjivanja razvit će se uz odobrenje Komisije.

Odgovarajuće funkcionalne specifikacije i specifikacije za sučelje te metode ocjenjivanja izrađene na ovaj način integriraju se u TSI putem postupka revizije.

Priopćenjem odluke Komisije, donesenim na temelju članka 29. Direktive korištenje inovativnog rješenja može se dozvoliti prije njegovog prenošenja u TSI tijekom postupka revizije.

#### 2.7.1.4. Poseban postupak ocjenjivanja za interoperabilni sastavni dio – kontaktna mreža

##### 2.7.1.4.1. Ocjena dinamičkog ponašanja i kakvoće oduzimanja struje

Metodologija:

Ocjenjivanje dinamičkog ponašanja i kvalitete oduzimanja struje uključuje kontaktnu mrežu (energetski podsustav) i oduzimač struje (podsustav željezničkih vozila).

Sukladnost sa zahtjevima za dinamičko ponašanje provjerava se ocjenjivanjem:

Ĥ podizanja kontaktnog voda

te

Ĥ prosječne kontaktne sile  $F_m$  i standardnog otklona  $\sigma_{max}$

ili

Ĥ postotka električnog luka

Naručitelj određuje metodu koja se upotrebljava za provjeru.

Projekt kontaktne mreže ocjenjuje se alatom za simulaciju potvrđenom u skladu s normom EN 50318:2002 te mjerenjem u skladu s normom EN 50317:2012.

Ako se postojeći projekt kontaktne mreže nalazi u radu najmanje 20 godina, tada zahtjev za simulaciju iz točke 2. nije obavezan. Mjerenje prema definiciji iz točke 3. obavlja se za scenarije najgorih slučajeva oduzimača struje u pogledu interaktivnih radnih karakteristika određenog projekta kontaktne mreže.

Mjerenje se može obaviti na posebno konstruiranoj ispitnoj sekciji ili na pruzi na kojoj je kontaktna mreža u izgradnji.

Simulacija:

Za potrebe simulacije i analize rezultata uzimaju se u obzir reprezentativna obilježja (primjerice tuneli, željeznički prijelazi, neutralne sekcije itd.).

Simulacije se obavljaju s pomoću najmanje dvaju različitih tipova oduzimača struje sukladna s TSI-jem za odgovarajuću brzinu ( 1 )) sustav napajanja do projektirane brzine predloženoga interoperabilnog dijela kontaktne mreže.

Dopuštena je simulacija s pomoću vrsta oduzimača struje koji su u postupku izdavanja potvrde za interoperabilni sastavni dio uz uvjet da ispunjavaju ostale zahtjeve TSI-ja LOC i PAS.

Simulacija se obavlja za pojedinačni oduzimač struje i za više oduzimača struje s razmakom u skladu sa zahtjevima utvrđenima točkom 2.5.2.13.

Da bi se smatrala prihvatljivom, simulirana kvaliteta oduzimanja struje u skladu je s točkom 2.5.2.12. za podizanje, prosječnu kontaktnu silu i standardni otklon za svaki oduzimač struje.

Mjerenje:

Ako su rezultati simulacije prihvatljivi, obavlja se dinamičko ispitivanje lokacije s pomoću reprezentativne sekcije nove kontaktne mreže.

Ovo se mjerenje može obaviti prije puštanja u rad ili u punom pogonu.

Za prethodno navedeno ispitivanje lokacije jedna od dvije vrste oduzimača struje odabrane za simulaciju ugrađuje se na željezničko vozilo koje može postići odgovarajuću brzinu na reprezentativnoj sekciji.

Ispitivanja se provode barem za scenarije najgorih slučajeva oduzimača struje u pogledu interakcijskih radnih karakteristika dobivenih tijekom simulacija. Ako ispitivanje s pomoću razmaka između oduzimača struje od 8 m nije moguće, dopušteno je za ispitivanja pri brzinama do 80 km/h povećati razmak između dva uzastopna oduzimača struje do 15 m.

Srednja kontaktna sila svakog oduzimača struje u skladu je sa zahtjevima iz točke 2.5.2.11. do predviđene projektirane brzine ispitivane kontaktne mreže.

Da bi se smatrala prihvatljivom, izmjerena kvaliteta oduzimanja struje u skladu je s točkom 2.5.2.12. za podizanje te prosječnu kontaktnu silu i standardni otklon ili postotak električnog luka.

U slučaju uspješnih rezultata svih gore navedenih ocjenjivanja ispitani projekt kontaktne mreže smatra se sukladnim te se može upotrebljavati na prugama sa sukladnim karakteristikama projekta.

Ocjenjivanje dinamičkog ponašanja i kvaliteta oduzimanja struje za interoperabilnost sastavnog dijela oduzimača struje utvrđeni su točkom 6.1.3.7. TSI-ja za LOC i PAS.

#### 2.7.1.4.2. Ocjena struje u mirovanju

Ocjenjivanje sukladnosti obavlja se u skladu s normom EN 50367:2012, prilogom A.3. za statičku silu definiranu točkom 2.5.2.5.

#### 2.7.1.5. EZ izjava o sukladnosti interoperabilnoga sastavnog dijela kontaktna mreža

U skladu s odjeljkom 3. Priloga IV. Direktivi 2008/57/EZ, EZ izjava o sukladnosti popraćena je izjavom kojom se utvrđuju uvjeti uporabe:

- a) najveća projektirana brzina;
- b) nazivni napon i frekvencija;
- c) stalna vrijednost struje;
- d) prihvaćeni profil oduzimača struje.

#### 2.7.2. Elektroenergetski podsustav

##### 2.7.2.1. Opće odredbe

Na zahtjev podnositelja zahtjeva, prijavljeno tijelo provodi EZ provjeru u skladu s člankom 15. Direktive (EU) 2016/797 i u skladu s odredbama odgovarajućih modula.

Ako podnositelj dokaže da su ispitivanja i provjere energetskog podsustava bili uspješni pri prijašnjim primjenama projekta u sličnim okolnostima, prijavljeno tijelo pri EZ provjeri ta ispitivanja i provjere uzima u obzir.

Postupci ocjenjivanja određenih zahtjeva za podsustav utvrđeni su točkom 2.7.2.4.

Podnositelj zahtjeva sastavlja izjavu o EZ provjeri za energetski podsustav u skladu s člankom 15. stavkom 1. i Prilogom IV. Direktivi (EU) 2016/797.

##### 2.7.2.2. Primjena modula

Za postupak EZ provjere energetskog podsustava podnositelj zahtjeva ili njegov ovlašten zastupnik s poslovnim nastanom u Zajednici može odabrati:

- (a) Modul SG: EZ provjera na temelju pojedinačne provjere ili
- (b) Modul SH1: EZ provjera na temelju cjelovitog sustava upravljanja kakvoćom s pregledom projekta.

#### 2.7.2.2.1. Primjena modula SG

U slučaju modula SG prijavljeno tijelo može uzeti u obzir dokaze o prethodnim pregledima, provjerama ili ispitivanjima koje su u usporedivim uvjetima uspješno obavila druga tijela ili ih je obavio (ili je naručio njihovo obavljanje) sam podnositelj zahtjeva.

#### 2.7.2.2.2. Primjena modula SH1

Modul SH1 moguće je odabrati samo kada su aktivnosti koje doprinose provjeri predloženog podsustava (projektiranje, proizvodnja, sastavljanje, ugradnja) predmet sustava upravljanja kakvoćom za projektiranje, proizvodnju, ispitivanje i testiranje gotovog proizvoda koje odobrava i nadzire prijavljeno tijelo.

#### 2.7.2.3. Inovativna rješenja

Ako se za energetske podsustav predlaže inovativno rješenje, primjenjuje se postupak iz članka 10. ove Uredbe.

#### 2.7.2.4. Posebni postupci ocjenjivanja za podsustav

##### 2.7.2.4.1. Ocjena srednjeg korisnog napona

Ocjenjivanje se dokazuje u skladu s odredbom 15.4. norme EN 50388:2012.

Ocjenjivanje se dokazuje samo u slučaju novoizgrađenih ili moderniziranih podsustava.

##### 2.7.2.4.2. Ocjenjivanje regenerativnog kočenja

Ocjenjivanje sukladnosti stabilnih postrojenja za izmjenično napajanje dokazuje se u skladu s odredbom 15.7.2. norme EN 50388:2012.

Ocjenjivanje istosmjernog napajanja dokazuje se revizijom projekta.

##### 2.7.2.4.3. Ocjena mehanizama koordinacije električne zaštite

Ocjenjivanje se dokazuje za projektiranje i rad podstanica u skladu s odredbom 15.6. norme EN 50388:2012.

##### 2.7.2.4.4. Ocjenjivanja harmonika i dinamičkih učinaka za izmjenične pružne sustave za napajanje električnom energijom

Studija usklađenosti provodi se u skladu s odredbom 10.3. norme EN 50388:2012.

Ta se studija provodi samo u slučaju uvođenja pretvarača s aktivnim poluvodičima u sustav napajanja električnom energijom.

Prijavljeno tijelo ocjenjuje jesu li ispunjeni kriteriji iz odredbe 10.4. norme EN 50388:2012.

#### 2.7.2.4.5. Ocjena dinamičkog ponašanja i kvalitete oduzimanja struje (integracija u podsustav)

Glavni je cilj ovog ispitivanja pronalazak grešaka u projektiranju i konstrukciji, a ne ocjenjivanje osnovnog projekta.

Mjerenja parametara interakcije obavljaju se u skladu s normom EN 50317:2012.

Ta se mjerenja obavljaju s pomoću interoperabilnoga sastavnog dijela oduzimača struje s obilježjima prosječne kontaktne sile propisane točkom 2.5.2.11. ovog TSI-ja za projektiranu brzinu pruge uzimajući u obzir aspekte koji se odnose na minimalnu brzinu i sporedne kolosijeka.

Instalirana kontaktna mreža prihvaća se ako su rezultati mjerenja sukladni zahtjevima propisanim točkom 2.5.2.12.

Kod operativnih brzina od najviše 120 km/h (izmjenični sustavi), odnosno do najviše 160 km/h (istosmjerni sustavi) mjerenje dinamičkog ponašanja nije obvezno. U tom se slučaju upotrebljavaju druge metode prepoznavanja konstrukcijskih pogrešaka poput mjerenja geometrije kontaktne mreže u skladu s točkom 2.5.2.9.

Ocjenjivanje dinamičkog ponašanja i kvaliteta oduzimanja struje kod integracije oduzimača struje u podsustav željezničkih vozila utvrđeni su točkom 6.2.3.20. TSI-ja za LOC i PAS.

#### 2.7.2.4.6. Ocjenjivanje zaštita od strujnog udara

Za svako se postrojenje dokazuje da je osnovni projekt zaštita od strujnog udara u skladu s točkom 2.5.2.18.

Osim toga, provjerava se postojanje pravila i postupaka kojima se osigurava da je postrojenje ugrađeno prema projektu.

#### 2.7.2.4.7. Ocjenjivanje plana održavanja

Ocjenjivanje se obavlja provjerom postojanja plana održavanja.

Prijavljeno tijelo nije odgovorno za ocjenjivanje prikladnosti detaljnih zahtjeva utvrđenih planom.

### 2.7.3. Podsustavi koji uključuju interoperabilne sastavne dijelove za koje ne postoji EZ izjava

#### 2.7.3.1. Uvjeti

Do 31. svibnja 2021. prijavljeno tijelo može izdati EZ potvrdu o provjeri za podsustav čak i ako neki interoperabilni sastavni dijelovi ugrađeni u podsustav nemaju odgovarajuće EZ izjave EZ o sukladnosti i/ili prikladnosti za upotrebu predviđenu ovim TSI-jem ako su ispunjeni sljedeći kriteriji:

- a) prijavljeno tijelo provjerilo je sukladnost podsustava sa zahtjevima iz odjeljka 4. i u vezi s točkama 2.7.2. i 2.7.3. i odjeljkom 2.8., osim točke 2.8.4. ovog TSI-ja. Nadalje, ne primjenjuje se sukladnost interoperabilnih sastavnih dijelovima s odjeljkom 5. i točkom 2.7.1. i
- b) interoperabilni sastavni dijelovi, koji nisu obuhvaćeni odgovarajućom EZ izjavom o sukladnosti i/ili prikladnosti za uporabu, upotrebljavaju se u

pod sustavu koji je već odobren i pušten u promet u najmanje jednoj državi članici prije stupanja na snagu ovog TSI-ja.

EZ izjave o sukladnosti i/ili prikladnosti za uporabu ne sastavljaju se za interoperabilne sastavne dijelove ocijenjene na ovaj način.

#### 2.7.3.2. Dokumentacija

U potvrdi o EZ provjeri pod sustava jasno se navode interoperabilni sastavni dijelovi koje je prijavljeno tijelo ocijenilo u okviru provjere pod sustava.

U izjavi o EZ provjeri pod sustava jasno se navodi:

- a) koji su interoperabilni sastavni dijelovi ocijenjeni kao dio pod sustava
- b) potvrda da pod sustav sadrži interoperabilne sastavne dijelove jednake onima koji su provjeravani kao dio pod sustava,
- c) razloge zbog kojih proizvođač za te interoperabilne sastavne dijelove nije osigurao EZ izjave o sukladnosti i/ili prikladnosti za upotrebu prije njihova uključivanja u pod sustav, uključujući primjenu nacionalnih pravila prijavljenih u skladu s člankom 13. Direktive (EU) 2016/797.

#### 2.7.3.3. Održavanje pod sustava potvrđenog u skladu s točkom 2.7.3.1.

Tijekom prijelaznog razdoblja, kao i nakon isteka prijelaznog razdoblja pa sve do modernizacije ili obnove pod sustava (uzimajući u obzir odluku države članice o primjeni TSI-ja), interoperabilni sastavni dijelovi za koje ne postoji EZ izjava o sukladnosti i/ili prikladnosti za uporabu i koji su iste vrste smiju se koristiti kao zamjenski dijelovi (rezervni dijelovi) pri održavanju pod sustava za koje je zaduženo odgovorno tijelo.

U svakom slučaju, tijelo odgovorno za održavanje mora jamčiti da su zamjenski dijelovi koji se upotrebljavaju za održavanje prikladni za svoje primjene, da se upotrebljavaju u okviru područja njihove uporabe te da njima omogućava interoperabilnost unutar željezničkog sustava, pri čemu istodobno ispunjavaju osnovne zahtjeve. Takvi interoperabilni sastavni dijelovi moraju biti sljedivi i potvrđeni u skladu sa svim nacionalnim ili međunarodnim propisima, odnosno šire prihvaćenim kodeksom prakse u području željeznica.

## 2.8. Provedba TSI elektroenergetskog pod sustava

Države članice izrađuju nacionalni plan provedbe ovog TSI-ja uzimajući u obzir usklađenost cjelokupnoga željezničkog sustava Europske unije. Tim se planom obuhvaćaju i svi projekti koji se odnose na novi energetska pod sustav i njegovu obnovu i modernizaciju u skladu s pojedinostima navedenima u točkama 2.8.1. do 2.8.4. u nastavku.

### 2.8.1. Primjena TSI elektroenergetskog pod sustava na željezničke pruge

Odjeljci 2.5. i 2.7. i sve posebne odredbe u točkama 2.8.2 do 2.8.3. u nastavku primjenjuju se u potpunosti na pruge unutar geografskog područja primjene ovog TSI-

ja, koje će biti puštene u promet kao interoperabilne pruge nakon stupanja na snagu ovog TSI-ja.

## 2.8.2. Primjena TSI elektroenergetskog podsustava na nove, obnovljene ili modernizirane željezničke pruge

Za potrebe ovog odjeljka „nova pruga” znači pruga koja do sada nije postojala. Sljedeće se situacije mogu smatrati modernizacijom ili obnovom postojećih pruga:

- a) ponovno polaganje dijela postojeće pruge;
- b) izgradnja obilaznice;
- c) dodavanje jednog ili više kolosijeka na postojeću prugu, bez obzira na razmak između prvotnih i dodatnih kolosijeka.

### 2.8.2.1. Provedbeni plan za napon i frekvenciju

Odabir sustava napajanja električnom energijom u nadležnosti je države članice. Odluku treba donijeti iz ekonomskih i tehničkih razloga, uzimajući u obzir najmanje sljedeće elemente:

- a) postojeći sustav napajanja električnom energijom u državi članici;
- b) sve priključke na željezničku prugu u susjednim državama s postojećim sustavom napajanja električnom energijom;
- c) energetska potražnja.

Nove pruge s brzinama većima od 250 km/h napajaju se jednim od izmjeničnih sustava definiranim točkom 2.5.2.3.

### 2.8.2.2. Provedbeni plan za geometriju kontaktne mreže

Područje primjene provedbenog plana

Provedbenim planom država članica uzimaju se u obzir sljedeći elementi:

- a) zatvaranje praznina između različitih geometrija kontaktne mreže;
- b) svi priključci na postojeće geometrije kontaktne mreže u okolnim područjima;
- c) postojeći interoperabilni sastavni dijelovi kontaktne mreže.

Provedbena pravila za sustav širine kolosijeka od 1435 mm

Kontaktna mreža projektirana je uzimajući u obzir sljedeća pravila:

- a) Na novim prugama na kojima je moguća brzina veća od 250 km/h moguća su oba oduzimača struje navedena u točkama 4.2.8.2.9.2.1. (1 600 mm) i 4.2.8.2.9.2.2. (1 950 mm) TSI-ja za LOC i PAS.

Ako to nije moguće, kontaktna mreža projektira se tako da je može upotrebljavati barem oduzimač struje s geometrijom glave naveden u točki 4.2.8.2.9.2.1. (1 600 mm) TSI-ja za LOC i PAS.



- b) Na obnovljenim ili moderniziranim prugama na kojima je moguća brzina jednaka ili veća od 250 km/h moguć je barem oduzimač struje s geometrijom glave naveden u točki 4.2.8.2.9.2.1. (1 600 mm) TSI-ja za LOC i PAS.
- c) Ostali slučajevi: kontaktna mreža projektira se tako da je može upotrebljavati barem jedan od oduzimača struje s geometrijom glave navedenom u točkama 4.2.8.2.9.2.1. (1 600 mm) i 4.2.8.2.9.2.2. (1 950 mm) TSI-ja za LOC i PAS.

Sustav i širine kolosijeka osim 1435 mm

Kontaktna mreža projektira se tako da je može upotrebljavati barem jedan od oduzimača struje s geometrijom glave navedenom u točki 4.2.8.2.9.2. TSI-ja za LOC i PAS.

### 2.8.2.3. Osiguranje provedbe sustava

Države članice dužne su do 1. siječnja 2022. osigurati da se u skladu s točkom 2.5.2.17. ovog TSI-ja provede sustav za prikupljanje podataka o energiji u stabilnim postrojenjima kojim se mogu razmjenjivati prikupljeni podaci o naplati energije.

### 2.8.3. Primjena TSI elektroenergetskog podsustava na postojeće pruge

U slučaju primjene ovog TSI-ja na postojeće pruge i ne dovodeći u pitanje točku 7.4. (posebni slučajevi) razmatraju se sljedeći elementi:

- (c) Područje primjene za modernizaciju ili obnovu energetskog podsustava može obuhvaćati cjelokupan podsustav na zadanoj pruži ili samo neke dijelove podsustava. U skladu s člankom 18. stavkom 6. Direktive (EU) 2016/797 nacionalno tijelo nadležno za sigurnost razmatra projekt i odlučuje je li potrebno novo odobrenje za stavljanje u uporabu.
- (d) Ako je potrebno novo odobrenje, dijelovi energetskog podsustava koji spadaju u područje primjene za modernizaciju ili obnovu moraju biti sukladni s ovim TSI-jem te podliježu postupku utvrđenom u članku 15. Direktive (EU) 2016/797, osim u slučaju dobivanja odobrenja da se TSI ne mora primjenjivati u skladu s člankom 7. Direktive (EU) 2016/797.
- (e) Ako je potrebno novo odobrenje za stavljanje u uporabu, naručitelj je dužan odrediti praktične mjere i različite faze projekta, koje su potrebne za postizanje potrebnih razina radnih karakteristika. Te faze projekta mogu uključivati prijelazna razdoblja za puštanje u uporabu opreme sa smanjenim razinama radnih karakteristika.
- (f) Ako novo odobrenje za stavljanje u uporabu nije potrebno, preporučuje se usklađivanje s ovim TSI-jem. Ako usklađivanje nije moguće, naručitelj obavještava državu članicu o razlozima.

#### 2.8.3.1. Modernizacija/obnova kontaktne mreže i/ili sustava napajanja električnom energijom

Moguće je postupno modernizirati cjelokupnu kontaktnu mrežu ili dio nje, odnosno cjelokupno napajanje ili njegov dio, element po element, tijekom duljeg razdoblja radi postizanja usklađenosti s ovim TSI-jem.

Tijekom postupka modernizacije/obnove treba uzeti u obzir potrebu za održavanjem sukladnosti s postojećim energetskim podsustavom i ostalim

podstavcima. Za projekt koji uključuje elemente koji nisu u skladu s TSI-jem, s državom članicom treba dogovoriti postupke za ocjenjivanje sukladnosti i EZ provjere koje treba primijeniti.

#### 2.8.3.2. Parametri u vezi s održavanjem

Tijekom održavanja energetske podstrukture nisu potrebne službene provjere i dozvole za puštanje u rad. Međutim, zamjene u okviru održavanja moguće je poduzeti u razumnim okvirima u skladu sa zahtjevima ovog TSI-ja, čime se doprinosi razvoju interoperabilnosti.

#### 2.8.3.3. Postojeći podstavak koji nije predmet projekta obnove ili modernizacije

Postupak koji treba primijeniti za dokazivanje razine sukladnosti postojećih pruga s osnovnim parametrima ovog TSI-ja u skladu je s Preporukom 2014/881/EU.

#### 2.8.3.4. Provjere kompatibilnosti pruga prije korištenja odobrenim vozilima

Postupak koji se primjenjuje i parametri energetske podstrukture koje upotrebljava željeznički prijevoznik u svrhu provjere kompatibilnosti pruga opisani su u točki 4.2.2.5. i dodatku D1 Priloga Provedbenoj uredbi Komisije (EU) 2019/773

### 2.8.4. Posebni slučajevi

Posebne odredbe koje su potrebne i odobrene na određenim mrežama svake države članice opisane su u posebnim slučajevima navedenima u točki 2.8.4.2.

- a) slučajevi „P”: trajni slučajevi;
- b) slučajevi „T”: privremeni slučajevi, kojima se ciljni sustav mora uspostaviti do 31. prosinca 2035.

Svi posebni slučajevi i datumi koji se na njih odnose preispitat će se tijekom budućih revizija TSI-ja s ciljem ograničavanja njihova tehničkog i geografskog područja primjene, na temelju procjene njihova utjecaja na sigurnost, interoperabilnost, prekogranične usluge, koridore TEN-T i praktičnih i gospodarskih efekata koje ima njihovo zadržavanje ili dokidanje. Posebna pažnja posvetit će se dostupnosti financiranja EU-a.

Posebni slučajevi ograničeni su na trase ili mreže na kojima su nužno potrebni, uz uzimanje u obzir postupaka koji se odnose na kompatibilnost rute za tranzitni promet.

#### 2.8.4.1. Popis posebnih slučajeva

##### 2.8.4.1.1. Posebna obilježja estonske mreže

#### Slučaj P

Maksimalni dopušteni napon kontaktne mreže u Estoniji iznosi 4 kV, odnosno 3 kV kod istosmjernih mreža.

#### 2.8.4.1.2. Posebna obilježja francuske mreže

##### 2.8.4.1.2.1. Napon i frekvencija

#### Slučaj T

Vrijednosti i ograničenja napona i frekvencije na terminalima podstanice i na oduzimaču struje istosmjerno elektrificiranih pruga od 1,5 kV:

<sup>35</sup><sub>17</sub> iz Nimesa do Port Boua,  
<sup>35</sup><sub>17</sub> iz Toulousa do Narbonnea,

mogu proširiti vrijednosti utvrđene odredbom 4. norme EN 50163:2004 ( $U_{\max 2}$  oko 2 000 V).

##### 2.8.4.1.2.2. Oprema za fazno sekcioniranje – pruge na kojima je moguća brzina $v \geq 250$ km/h (4.2.15.2.)

#### Slučaj P

U slučaju modernizacije/obnove pruga velike brzine LN 1, 2, 3 i 4 dopušteno je posebno projektiranje opreme za fazno sekcioniranje.

#### 2.8.4.1.3. Posebna obilježja talijanske mreže

##### 2.8.4.1.3.1. Oprema za fazno sekcioniranje – pruge na kojima je moguća brzina $v \geq 250$ km/h (4.2.15.2.)

#### Slučaj P

U slučaju modernizacije/obnove pruge velike brzine Rim – Napulj dopušteno je posebno projektiranje opreme za fazno sekcioniranje.

#### 2.8.4.1.4. Posebna obilježja latvijske mreže

##### 2.8.4.1.4.1. Napon i frekvencija

#### Slučaj P

Maksimalni dopušteni napon kontaktne mreže u Latviji iznosi 4 kV, odnosno 3 kV kod istosmjernih mreža.

#### 2.8.4.1.5. Posebna obilježja litavske mreže

##### 2.8.4.1.5.1. Dinamičko ponašanje i kvaliteta oduzimanja struje

#### Slučaj P

Kod postojećih projekata kontaktne mreže prostor za podizanje poligonatora računa se u skladu s nacionalnih tehničkim propisima koji su u tu svrhu prijavljeni.

#### 2.8.4.1.6. Posebna obilježja poljske mreže

##### 2.8.4.1.6.1. Mehanizmi koordinacije električne zaštite

#### Slučaj P

Kod poljske istosmjerne mreže od 3 kV bilješka c iz tablice 7. norme EN 50388:2012 zamjenjuje se bilješkom: Okidanje prekidača treba biti vrlo brzo u slučaju kratkog spoja. Prekidač električnog strujnog kruga trebao bi, u najvećoj mogućoj mjeri, okinuti kako bi se pokušalo izbjeći okidanje prekidača stanice.

#### 2.8.4.1.7. Posebna obilježja španjolske mreže

##### 2.8.4.1.7.1. Visina kontaktnog vodiča

#### Slučaj P

Na nekim sekcijama budućih pruga  $v \geq 250$  km/h, dopuštena je nazivna visina kontaktnog vodiča od 5,60 m.

##### 2.8.4.1.7.2. Oprema za fazno sekcioniranje – pruge na kojima je moguća brzina $v \geq 250$ km/h

#### Slučaj P

U slučaju modernizacije/obnove postojećih pruga velike brzine zadržava se posebno projektiranje opreme za fazno sekcioniranje.

#### 2.8.4.1.8. Posebna obilježja švedske mreže

##### 2.8.4.1.8.1. Ocjenjivanje srednjega korisnog napona

#### Slučaj P

Osim ocjenjivanja srednjega korisnog napona u skladu s odredbom 15.4. norme EN 50388:2012 radne karakteristike napajanja moguće je ocjenjivati s pomoću:

Ĥ usporedbe s referentnom vrijednošću ako se rješenje napajanja upotrebljava za sličan ili zahtjevniji red vožnje. Referentna vrijednost ima sličnu ili veću:

<sup>35</sup><sub>17</sub> udaljenost do naponom kontrolirane sabirnice (stanica za pretvaranje frekvencije);

<sup>35</sup><sub>17</sub> impedanciju sustava kontaktne mreže.

Ĥ grube procjene srednjega korisnog napona u jednostavnim slučajevima čija je posljedica veći dodatni kapacitet za buduće prometne potrebe.

#### 2.8.4.1.9. Posebna obilježja mreže Ujedinjene Kraljevine za Veliku Britaniju

##### 2.8.4.1.9.1. Napon i frekvencija

###### Slučaj P

Dopušten je nastavak modernizacije, obnove ili proširenja mreža opremljenih sustavom elektrifikacije koji funkcionira na 600/750 V istosmjerne struje kod kojih se upotrebljavaju vodljive šine u konfiguraciji tri i/ili četiri šine u skladu s nacionalnim tehničkim propisima prijavljenima u tu svrhu.

Poseban slučaj za Ujedinjenu Kraljevinu Velike Britanije i Sjeverne Irske koji se primjenjuje samo na glavnu mrežu u Velikoj Britaniji.

##### 2.8.4.1.9.2. Visina kontaktnog vodiča

###### Slučaj P

U slučaju novog, moderniziranog ili obnovljenoga energetskeg podsustava na postojećoj infrastrukturi dopušteno je projektiranje visine kontaktnog vodiča u skladu s nacionalnim tehničkim propisima prijavljenima u tu svrhu.

Poseban slučaj za Ujedinjenu Kraljevinu Velike Britanije i Sjeverne Irske koji se primjenjuje samo na glavnu mrežu u Velikoj Britaniji.

##### 2.8.4.1.9.3. Maksimalni bočni otklon i profil oduzimača struje

###### Slučaj P

U slučaju novog, moderniziranog ili obnovljenoga energetskeg podsustava na postojećoj infrastrukturi dopušten je izračun prilagodbe maksimalnoga bočnog otklona, visina provjere i profila oduzimača struje u skladu s nacionalnim tehničkim propisima prijavljenima u tu svrhu.

Poseban slučaj za Ujedinjenu Kraljevinu Velike Britanije i Sjeverne Irske koji se primjenjuje samo na glavnu mrežu u Velikoj Britaniji.

##### 2.8.4.1.9.4. Zaštitne mjere od strujnog udara

###### Slučaj P

U slučaju modernizacije ili obnove postojećega energetskeg sustava ili izgradnje novih energetskeg podsustava na postojećoj infrastrukturi, umjesto upućivanja na odredbu 5.2.1. norme EN 50122- 1:2011+A1:2011, dopušteno je projektiranje zaštita od strujnog udara u skladu s nacionalnim tehničkim propisima prijavljenima u tu svrhu.

Poseban slučaj za Ujedinjenu Kraljevinu Velike Britanije i Sjeverne Irske koji se primjenjuje samo na glavnu mrežu u Velikoj Britaniji.

##### 2.8.4.1.9.5. Ocjenjivanje sukladnosti OCL-a kao sastavnog dijela

###### Slučaj P

Nacionalnim pravilima može se definirati postupak sukladnosti koji se odnosi na točke 2.8.4.2.9.2. i 2.8.4.2.9.3. i povezane potvrde.

Postupak može uključivati ocjenu sukladnosti dijelova koji ne podliježu posebnom slučaju.

#### 2.8.4.1.10. Posebna obilježja Eurotunnel mreže

##### 2.8.4.1.10.1. Visina kontaktnog vodiča (4.2.9.1.)

#### Slučaj P

U slučaju modernizacije ili obnove postojećega energetskog podsustava dopušteno je projektiranje visine kontaktnog vodiča u skladu s tehničkim propisima prijavljenima u tu svrhu.

## 2.9. Dodaci A do G

### 2.9.1. Dodatak A: Ocjenjivanje sukladnosti interoperabilnih sastavnih dijelova

#### A.1. Područje primjene

U ovom se Dodatku navodi ocjenjivanje sukladnosti interoperabilnoga sastavnog dijela (kontaktna mreža) energetskog podsustava.

U slučaju postojećih interoperabilnih sastavnih dijelova primjenjuje se postupak opisan u točki 2.7.1.2.

#### A.2. Obilježja

Obilježja interoperabilnoga sastavnog dijela koja treba ocijeniti primjenom modula CB ili CH1 označena su oznakom X u tablici A.1. Faza proizvodnje ocjenjuje se u sklopu podsustava.

	Ocjenjivanje u sljedećoj fazi			
	Faza projektiranja i razvoja			Faza proizvodnje
Obilježje – točka	Revizija projekta	Revizija proizvodnog postupka	Ispitivanje <sup>(2)</sup>	Kvaliteta proizvoda (serijska proizvodnja)
Geometrija kontaktne mreže – 5.2.1.1.	X	N/P	N/P	N/P
Srednja kontaktna sila – 5.2.1.2. <sup>(1)</sup>	X	N/P	N/P	N/P
Dinamičko ponašanje – 5.2.1.3.	X	N/P	X	N/P
Prostor za podizanje poligonatora – 5.2.1.4.	X	N/P	X	N/P
Razmak oduzimača struje za projektiranje kontaktne mreže – 5.2.1.5.	X	N/P	N/P	N/P
Struja u mirovanju –	X	N/P	X	N/P

	Ocjenjivanje u sljedećoj fazi			
	Faza projektiranja i razvoja			Faza proizvodnje
Obilježje – točka	Revizija projekta	Revizija proizvodnog postupka	Ispitivanje <sup>(2)</sup>	Kvaliteta proizvoda (serijska proizvodnja)
5.2.1.6.				
Materijal kontaktnog vodiča – 5.2.1.7.	X	N/P	N/P	N/P
N/P nije primjenjivo (1) Mjerenje kontaktne sile uključeno je u postupak ocjenjivanja dinamičkog ponašanja i kvalitete oduzimanja struje. (2) Ispitivanje prema definiciji iz odjeljka 6.1.4. o posebnom postupku ocjenjivanja za interoperabilni sastavni dio – kontaktna mreža.				

Tablica 2.11. Ocjenjivanje interoperabilnoga sastavnog dijela: kontaktna mreža

## 2.9.2. Dodatak B: EZ provjera energetskog podsustava

### B.1. Područje primjene

U ovom se Dodatku navodi EZ provjera energetskog podsustava.

### B.2. Obilježja

Obilježja podsustava koje treba ocijeniti u različitim fazama projekta, ugradnje i rada označena su oznakom X u tablici 2.12.

Osnovni parametri	Faza ocjenjivanja			
	Faza razvoja projekta	Faza proizvodnje		
	Revizija projekta	Izgradnja, sastavljanje, postavljanje	Sastavljen, prije puštanja u pogon	Provjera u punim radnim uvjetima
Napon i frekvencija – 4.2.3.	X	N/P	N/P	N/P
Parametri koji se odnose na radne karakteristike sustava napajanja – 4.2.4.	X	N/P	N/P	N/P
Strujni kapacitet, istosmjerni sustavi, vlakovi u mirovanju – 4.2.5.	X <sup>(1)</sup>	N/P	N/P	N/P
Regenerativno kočenje – 4.2.6.	X	N/P	N/P	N/P
Mehanizmi koordinacije električne zaštite – 4.2.7.	X	N/P	X	N/P
Harmonike i dinamički učinci za izmjenične pružne sustave za napajanje električnom energijom – 4.2.8.	X	N/P	N/P	N/P
Geometrija kontaktne mreže –	X <sup>(1)</sup>	N/P	N/P <sup>(3)</sup>	N/P

Osnovni parametri	Faza ocjenjivanja			
	Faza razvoja projekta	Faza proizvodnje		
	Revizija projekta	Izgradnja, sastavljanje, postavljanje	Sastavljen, prije puštanja u pogon	Provjera u punim radnim uvjetima
4.2.9.				
Profil oduzimača struje – 4.2.10.	X	N/P	N/P	N/P
Srednja kontaktna sila – 4.2.11.	X <sup>(1)</sup>	N/P	N/P	N/P
Dinamičko ponašanje i kvaliteta oduzimanja struje – 4.2.12.	X <sup>(1)</sup>	N/P	X <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>	N/P <sup>(2)</sup>
Razmak oduzimača struje za projektiranje kontaktne mreže – 4.2.13.	X <sup>(1)</sup>	N/P	N/P	N/P
Materijal kontaktnog vodiča – 4.2.14.	X <sup>(1)</sup>	N/P	N/P	N/P
Oprema za fazno sekcioniranje – 4.2.15.	X	N/P	N/P	N/P
Oprema za sustavno sekcioniranje – 4.2.16.	X	N/P	N/P	N/P
Sustav za prikupljanje podataka o energiji u stabilnim postrojenjima – 4.2.17.	N/P	N/P	N/P	N/P
Zaštitne mjere od strujnog udara – 4.2.18.	X	X <sup>(4)</sup>	X <sup>(4)</sup>	N/P
Pravila održavanja – 4.5.	N/P	N/P	X	N/P
N/P nije primjenjivo				
<sup>(1)</sup> Provesti samo ako kontaktna mreža nije ocijenjena kao interoperabilni sastavni dio.				
<sup>(2)</sup> Provjera u punim radnim uvjetima obavlja se samo ako provjera u fazi „sastavljanje prije puštanja u pogon” nije moguća.				
<sup>(3)</sup> Provesti kao alternativnu metodu ocjenjivanja u slučaju da se ne mjeri dinamičko ponašanje kontaktne mreže integrirane u podsustav (vidjeti točku 2.7.2.4.5.)				
<sup>(4)</sup> Provesti u slučaju ako drugo neovisno tijelo nije provelo provjeru				

Tablica 2.12. EZ provjera elektroenergetskog podsustava

### 2.9.3. Dodatak C: Srednji korisni napon

#### C.1. Vrijednosti srednjega korisnog napona na oduzimaču struje

Minimalne vrijednosti srednjega korisnog napona na oduzimaču struje u redovnim radnim uvjetima navedene su u tablici 2.13.



Sustav napajanja električnom energijom	V	
	Brzina na pruzi $v > 200$ [km/h]	Brzina na pruzi $v \leq 200$ [km/h]
	Zona i vlak	Zona i vlak
izmjenična struja 25 kV, 50 Hz	22500	22000
izmjenična struja 15 kV, 16,7 Hz	14200	13500
istosmjerna struja 3 kV	2800	2700
istosmjerna struja 1,5 kV	1300	1300

Tablica 2.13. Minimalni srednji korisni napon na oduzimaču struje

## C.2. Pravila za simulaciju

Zona koja se upotrebljava za simulaciju radi izračuna srednjega korisnog napona:

<sup>35</sup><sub>17</sub> Simulacije se obavljaju na zoni koja predstavlja značajan dio pruge ili dio mreže poput relevantnih sekcija napajanja u mreži radi projektiranja i ocjenjivanja objekta.

Vremensko razdoblje koje se upotrebljava za simulaciju radi izračuna srednjega korisnog napona:

<sup>35</sup><sub>17</sub> Kod simulacije srednjega korisnog napona vlaka i srednjega korisnog napona zone treba razmatrati samo vlakove koji su obuhvaćeni simulacijom tijekom relevantnog razdoblja, poput vremena potrebnog za prelazak cijelom sekcijom napajanja.

## 2.9.4. Dodatak D: Specifikacija profila oduzimača struje

### D.1. Specifikacija mehaničko-kinematičkog profila oduzimača struje

#### D.1.1. Općenito

##### D.1.1.1. Prostor koji treba osloboditi za elektrificirane pruge

U slučaju pruga elektrificiranim putem kontaktne mreže potrebno je osloboditi dodatni prostor:

<sup>35</sup><sub>17</sub> za smještaj opreme kontaktne mreže;  
<sup>35</sup><sub>17</sub> za slobodan prolazak oduzimača struje.

U ovom se Dodatku govori o slobodnom prolasku oduzimača struje (profilu oduzimača struje a). Upravitelj infrastrukture bavi se električnom zračnošću.

##### D.1.1.2. Osobitosti

Profil oduzimača struje u nekim se aspektima razlikuje od širine prepreke.

- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> Oduzimač struje je (djelomično) pomičan i zato je potrebno osigurati električnu zračnost u skladu s vrstom prepreke (izolirana ili ne);
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> Prisutnost truba od izolirajućeg materijala treba uzeti u obzir prema potrebi. Zato treba odrediti dvostruki referentni profil kako bi se istodobno uzela u obzir mehanička i električna interferencija;
- <sup>35</sup>/<sub>17</sub> U stanju oduzimanja oduzimač struje je u stalnom doticaju s kontaktnim vodičem i zato je njegova visina varijabilna. Isto se odnosi i na profil oduzimača struje.

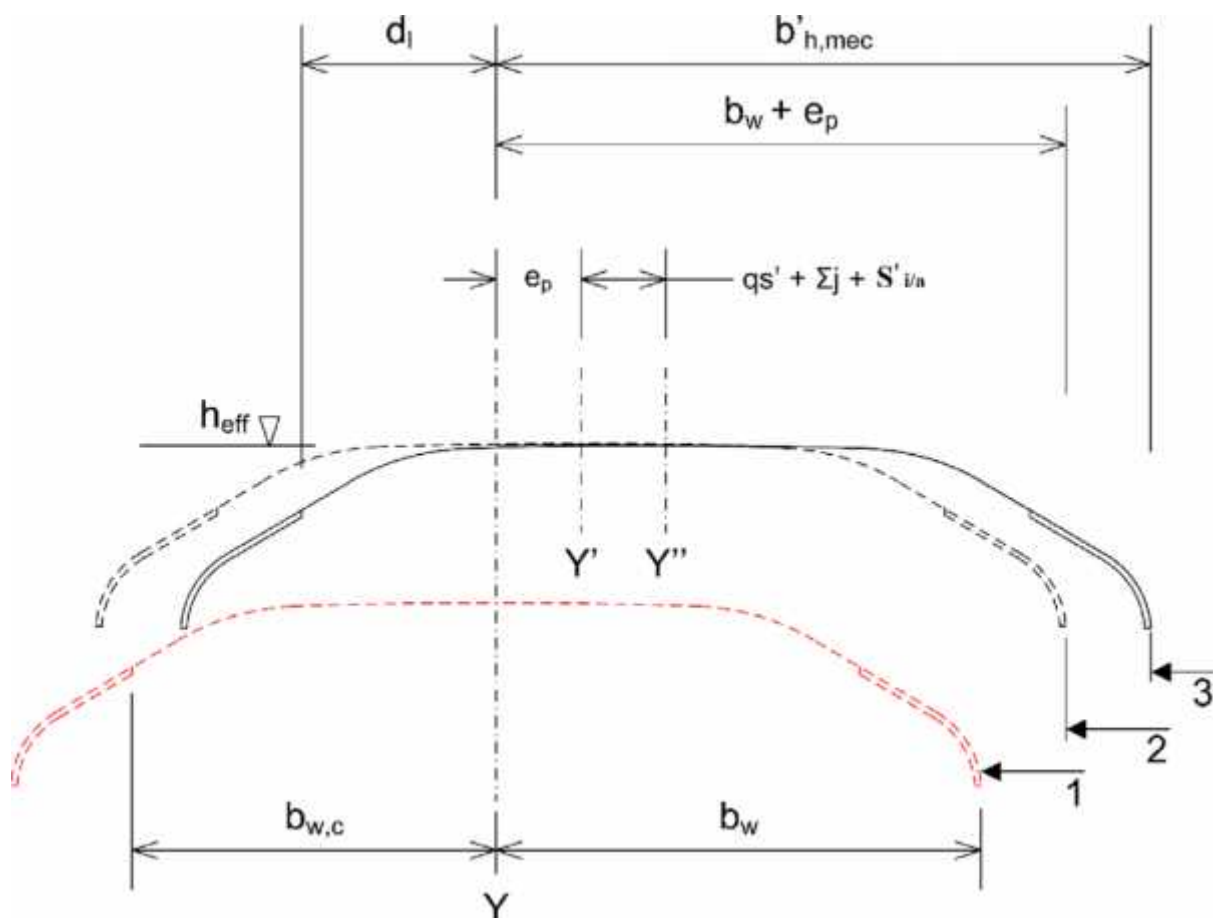
#### D.1.1.3. Simboli i kratice

Simbol	Naziv	Jedinica
$b_w$	Poluširina luka oduzimača struje	m
$b_{w,c}$	Poluširina upravljačke duljine (s trubama od izolirajućeg materijala) ili radnje duljine (s upravljačkim sirenama) luka oduzimača struje	m
$b'_{o,mec}$	Širina mehaničko-kinematičkog profila oduzimača struje u gornjoj točki provjere	m
$b'_{u,mec}$	Širina mehaničko-kinematičkog profila oduzimača struje u donjoj točki provjere	m
$b'_{h,mec}$	Širina mehaničko-kinematičkog profila oduzimača struje na međuisini, h	m
$d_l$	Bočni otklon kontaktnog vodiča	m
$D_o$	Referentno nadvišenje kolosijeka koje vozilo mora poštovati za profil oduzimača struje	m
$e_p$	Nagib oduzimača struje zbog obilježja vozila	m
$e_{po}$	Nagib oduzimača struje na gornjoj točki provjere	m
$e_{pu}$	Nagib oduzimača struje na donjoj točki provjere	m
$f_s$	Prostor za podizanje kontaktnog vodiča	m
$f_{wa}$	Prostor za trošenje letvice klizača oduzimača struje	m
$f_{ws}$	Prostor za prelazak luka preko kontaktnog vodiča zbog nagibanja oduzimača struje	m
$h$	Visina u odnosu na voznu površinu	m
$h'_{co}$	Referentna visina središta kotrljanja za profil oduzimača struje	m

Simbol	Naziv	Jedinica
$h'$	Referentna visina kod izračuna profila oduzimača struje	m
$h'_o$	Maksimalna visina provjere profila oduzimača struje u položaju oduzimanja	m
$h'_u$	Minimalna visina provjere profila oduzimača struje u položaju oduzimanja	m
$h_{eff}$	Efektivna visina podignutog oduzimača struje	m
$h_{cc}$	Statična visina kontaktnog vodiča	m
$l'_o$	Referentni manjak nadvisivanja koji vozilo uzima u obzir za profil oduzimača struje	m
L	Razmak između središta tračnica kolosijeka	m
l	Širina kolosijeka, razmak između gornjih rubova tračnica	m
q	Poprečno gibanje između osovine i okretnih postolja ili, u slučaju vozila koja nemaju okretna postolja, između osovine i sanduka vozila	m
qs'	Kvazistatičko gibanje	m
R	Polumjer vodoravnog luka	m
$s'_o$	Koeficijent fleksibilnosti uzet u obzir kod usklađivanja vozila i infrastrukture za profil oduzimača struje	
$S'_{i/a}$	Dopušteni dodatni otklon na unutrašnjem/vanjskom dijelu krivulje za oduzimača struje	m
w	Poprečno gibanje između okretnog postolja i sanduka	m
$\Sigma_j$	Zbroj (vodoravnih) sigurnosnih prostora koji obuhvaćaju iste nasumične pojave ( $j = 1, 2$ ili $3$ ) za profil oduzimača struje	m
<p>Oznaka <math>_a</math> odnosi se na vanjski dio krivulje  Oznaka <math>_i</math> odnosi se na unutarnji dio krivulje</p>		

Tablica 2.14. Simboli i kratice

#### D.1.1.4. Osnovna načela



Slika 2.2. Mehanički profili oduzimača struje

Legenda:

- Y Središnja linija kolosijeka
- Y' Središnja linija oduzimača struje – za izračun referentnog profila za slobodni prolazak
- Y'' Središnja linija oduzimača struje – za izračun mehaničko-kinematičkog profila oduzimača struje
- 1 Profil oduzimača struje
- 2 Referentni profil za slobodni prolazak
- 3 Mehaničko-kinematički profil

Profil oduzimača struje ostvaren je samo ako su istodobno ispunjeni mehanički i električni profili:

<sup>35</sup>/<sub>17</sub> Referentni profil za slobodni prolazak uključuje duljinu glave nosača oduzimača struje i nagibanje oduzimača struje  $e_p$ , koje se primjenjuje do referentnog nadvisivanja ili referentnog manjka nadvisivanja;

<sup>35</sup>/<sub>17</sub> Pomične i izolirane prepreke ostaju izvan mehaničkog profila;

<sup>35</sup>/<sub>17</sub> Neizolirane prepreke (uzemljene ili po potencijalu različite od kontaktne mreže) ostaju izvan mehaničkog i električnog profila.

## D.1.2. Specifikacija mehaničko-kinematičkog profila oduzimača struje

### D.1.2.1. Specifikacija širine mehaničkog profila

#### D.1.2.1.1. Područje primjene

Širina profila oduzimača struje uglavnom je određena duljinom i pomacima oduzimača struje koji se razmatra. Osim posebnih pojava, pojave slične onima širine prepreke nalaze se kod poprečnih pomaka.

Profil oduzimača struje razmatra se na sljedećim visinama:

<sup>35</sup><sub>17</sub> gornjoj visini provjere  $h'_o$   
<sup>35</sup><sub>17</sub> donjoj visini provjere  $h'_u$

Između tih dviju visina može se smatrati da širina profila varira linearno. Različiti parametri prikazani su na slici 2.4.

#### D.1.2.1.2. Metodologija izračuna

Širina profila oduzimača struje određena je zbrojem dolje definiranih parametara. U slučaju tračnica po kojima prometuju različiti oduzimači struje treba razmotriti maksimalnu širinu.

Za donju točku provjere s  $h = h'_u$ :

$$b'_{u(i/a),mec} = (b_w + e_{pu} + S'_{i/a} + qs'_{i/a} + \sum_j)_{max}$$

Za gornju točku provjere s  $h = h'_o$ :

$$b'_{o(i/a),mec} = (b_w + e_{po} + S'_{i/a} + qs'_{i/a} + \sum_j)_{max}$$

NAPOMENA:  $i/a$  = unutarjni/vanjski dio krivulje.

Za svaku srednju visinu  $h$ , širina se utvrđuje interpolacijom:

$$b'_{h,mec} = b'_{u,mec} + \frac{h - h'_u}{h'_o - h'_u} * (b'_{o,mec} - b'_{u,mec})$$

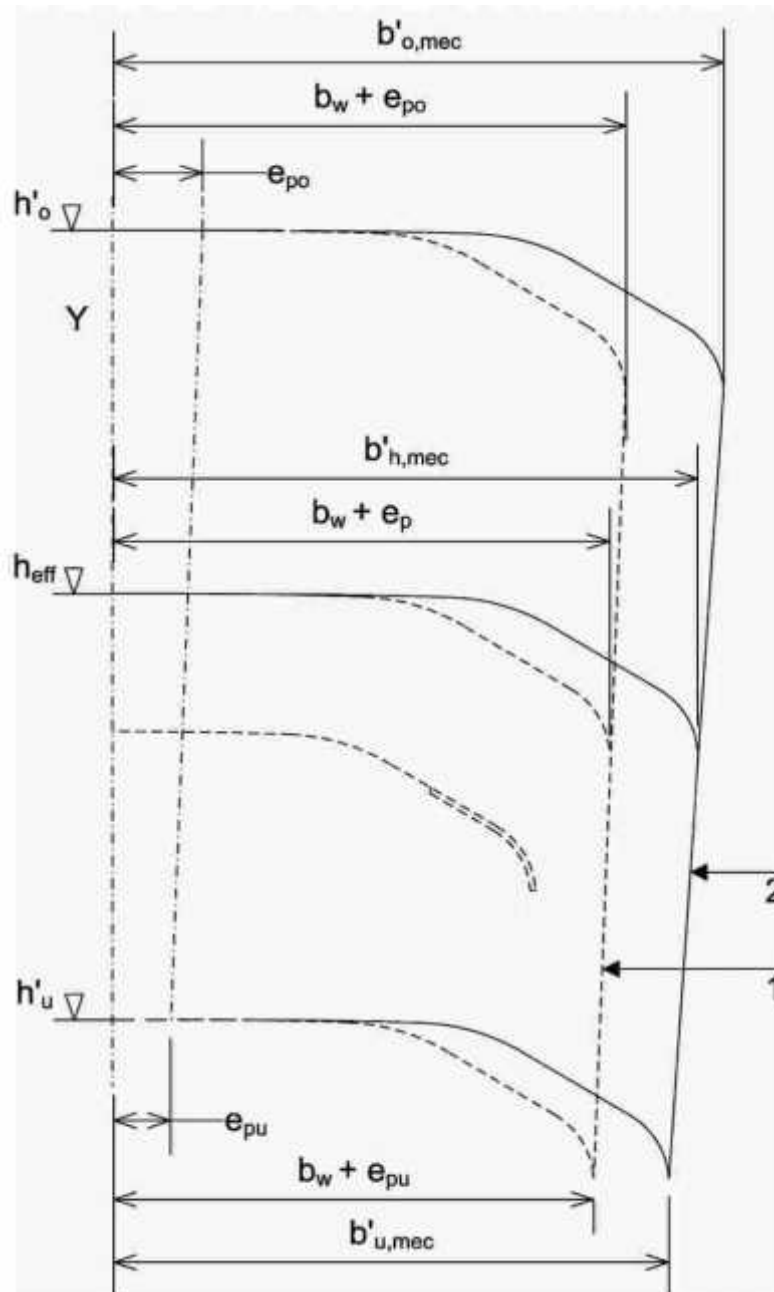
#### D.1.2.1.3. Poluširina $b_w$ luka oduzimača struje

Poluširina  $b_w$  luka oduzimača struje ovisi o vrsti oduzimača struje koji se upotrebljava. Profili oduzimača struje koje treba razmotriti definirani su točkom 4.2.8.2.9.2. TSI-ja za LOC i PAS.

#### D.1.2.1.4. Nagibanje oduzimača struje $e_p$

Nagibanje uglavnom ovisi o sljedećim pojavama:

<sup>35</sup>  
<sup>17</sup> gibanju  $q + w$  u osovinskim ležištima i između okretnog postolja i sanduka,  
<sup>35</sup>  
<sup>17</sup> vrijednosti otklona sanduka koju vozilo uzima u obzir (ovisno o specifičnoj  
 fleksibilnosti  $s'_0$ , referentnom nadvisivanju  $D'_0$  i referentnom manjku  
 nadvisivanja  $l'_0$ ),  
<sup>35</sup>  
<sup>17</sup> toleranciji kod pričvršćivanja oduzimača struje na krov,  
<sup>35</sup>  
<sup>17</sup> poprečnoj fleksibilnosti uređaja za pričvršćivanje na krovu,  
<sup>35</sup>  
<sup>17</sup> visinu koja se razmatra  $h'$ .



Slika 2.3. Specifikacija širine mehaničko-kinematičkog profila odzimača struje na različitim visinama

Legenda:

- Y Središte kolosijeka
- 1 Referentni profil za slobodni prolazak

## 2 Mehaničko-kinematički profil oduzimača struje

### D.1.2.1.5. Dodatni otkloni

Profil oduzimača struje ima posebne dodatne otklone. U slučaju standardne širine kolosijeka primjenjuje se sljedeća formula:

$$S'_{i/a} = \frac{2,5}{R} + \frac{-1,4}{2}$$

Za druge širine kolosijeka primjenjuju se nacionalni propisi.

### D.1.2.1.6. Kvizistatički učinak

S obzirom na to da se oduzimač struje nalazi na krovu, kvazistatički učinak ima važnu ulogu u izračunu profila oduzimača struje. Taj se učinak računa od specifične fleksibilnosti  $s_0'$ , referentnog nadvisivanja  $D'_0$  i referentnog manjka nadvisivanja  $l'_0$ :

$$qs'_i = \frac{s_0'}{L} [D - D'_0]_{>0} (h - h'_{c0})$$

$$qs'_a = \frac{s_0'}{L} [l - l'_0]_{>0} (h - h'_{c0})$$

NAPOMENA: Oduzimači struje se u pravilu ugrađuju na krov pogonske jedinice čija je referentna fleksibilnost  $s_0'$  u pravilu manja od referentne fleksibilnosti širine prepreke  $s_0$ .

### D.1.2.1.7. Odstupanja

U skladu s definicijom profila treba razmotriti sljedeće pojave:

- <sup>35</sup><sub>17</sub> asimetrično opterećenje,
- <sup>35</sup><sub>17</sub> poprečno pomicanje kolosijeka između dvaju uzastopnih održavanja,
- <sup>35</sup><sub>17</sub> varijaciju nadvisivanja između dva uzastopna održavanja,
- <sup>35</sup><sub>17</sub> oscilacije zbog neravnog kolosijeka.

Zbroj navedenih odstupanja navodi se kao  $\Sigma_j$ .

### D.1.2.2. Specifikacija visine mehaničkog profila

Visina profila određuje se na temelju statične visine  $h_{cc}$ , kontaktnog vodiča u lokalnoj točki koja se razmatra. U obzir treba uzeti sljedeće parametre:

- <sup>35</sup><sub>17</sub> dizanje  $f_s$  kontaktnog vodiča zbog kontaktne sile oduzimača struje. Vrijednost  $f_s$  ovisi o vrsti kontaktne mreže te je određuje upravitelj infrastrukture u skladu s točkom 2.5.2.12.

<sup>35</sup><sub>17</sub> dizanje glave oduzimača struje zbog nagnutosti glave oduzimača struje zbog nestabilnih kontaktnih točaka i trošenja klizača oduzimača struje  $f_{ws} + f_{wa}$ . Dopuštena vrijednost  $f_{ws}$  navedena je u TSI-ju za LOC i PAS, a  $f_{wa}$  ovisi o zahtjevima za održavanje.

Visina mehaničkog profila dobiva se sljedećom formulom:

$$h_{\text{eff}} = h_{\text{cc}} + f_s + f_{ws} + f_{wa}$$

### D.1.3. Referentni parametri

Parametri za kinematičko-mehanički profil oduzimača struje i za specifikaciju maksimalnoga bočnog otklona kontaktnog vodiča su kako slijedi:

<sup>35</sup><sub>17</sub> I - prema širini kolosijeka

<sup>35</sup><sub>17</sub>  $s'_o = 0,225$

<sup>35</sup><sub>17</sub>  $h'_{co} = 0,5 \text{ m}$

<sup>35</sup><sub>17</sub>  $l'_o = 0,066 \text{ m}$  i  $D'_o = 0,066 \text{ m}$

<sup>35</sup><sub>17</sub>  $h'_o = 6,500 \text{ m}$  i  $h'_u = 5,000 \text{ m}$

### D.1.4. Izračun maksimalnog bočnog otklona kontaktnog vodiča

Maksimalan bočni otklon kontaktnog vodiča izračunava se uzimajući u obzir ukupno kretanje oduzimača struje s obzirom na nazivni položaj kolosijeka i prijenosni raspon (ili radnu duljinu u slučaju oduzimača struje bez truba izrađenih od vodljivog materijala) kako slijedi:

$$d_1 = b_{w,c} + b_w - b'_{h,mec}$$

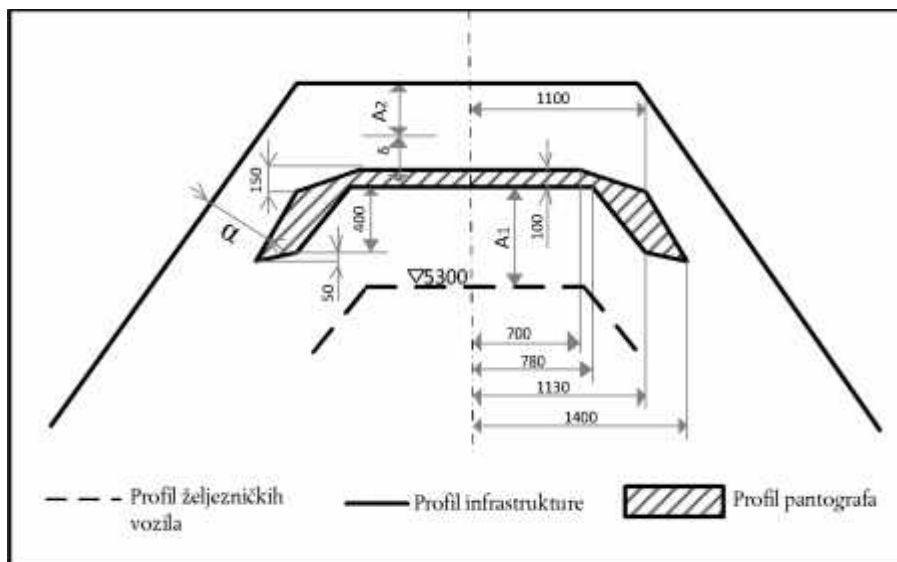
$b_{w,c}$  – definiran u točkama 4.2.8.2.9.1. i 4.2.8.2.9.2. TSI-ja za LOC i PAS

D.2. Specifikacija statičkog profila oduzimača struje (sustav širine kolosijeka od 1520 mm)

Ovo se primjenjuje u državama članicama koje prihvaćaju profil oduzimača struje u skladu s točkom 4.2.8.2.9.2.3. TSI-ja za LOC i PAS.

Profil oduzimača struje u skladu je sa slikom 2.4. i tablicom 2.15. (D.1.)





Slika 2.4. Statički profil oduzimača struje za sustav širine kolosijeka od 1520 mm

Napon kontaktnog sustava u odnosu na tlo [kV]	Okomiti zračni razmak $A_1$ između željezničkog vozila i najnižeg položaja kontaktnog vodiča [mm]			Okomiti zračni razmak $A_2$ između pomičnih dijelova kontaktne mreže i uzemljenih dijelova [mm]		Bočni zračni razmak $\alpha$ između pomičnih dijelova oduzimača struje i uzemljenih dijelova [mm]		Okomiti razmak $\delta$ za pomične dijelove kontaktne mreže [mm]			
	Normalan		Minimalni dopušteni za kolosijeka običnih stanica i kolodvora na kojima nije predviđeno mirovanje vlaka	Normalni	Minimalni dopušteni	Normalni	Minimalni dopušteni	Bez kontaktne mreže		S kontaktnom mrežom	
	Kolosijeci običnih stanica i kolodvora na kojima nije predviđeno mirovanje	Kolosijeci ostalih stanica						Normalni	Minimalni dopušteni	Normalni	Minimalni dopušteni
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1,5 - 4	450	950	250	200	150	200	150	150	100	300	250
6 - 12	450	950	300	250	200	220	180	150	100	300	250
25	450	950	375	350	300	250	200	150	100	300	250

Tablica 2.15. Razmaci između pomičnih dijelova kontaktne mreže i oduzimača struje i uzemljenih dijelova željezničkog vozila i stabilnih postrojenja kod sustava širine kolosijeka od 1 520 mm

## 2.9.5. Dodatak E: Popis referentnih normi

Redni broj	Oznaka	Naslov	Verzija	Značajke
1.	EN 50119	Željezničke primjene – Stabilna postrojenja – Nadzemni kontaktni vodovi u električnoj vuči	2009.	Strujni kapacitet, istosmjerni sustavi, vlakovi u mirovanju (2.5.2.5.) Geometrija kontaktne mreže (2.5.2.9.) Dinamičko ponašanje i kvaliteta oduzimanja struje (2.5.2.12.), oprema za fazno sekcioniranje (2.5.2.15.) i oprema za sustavno sekcioniranje (2.5.2.16.)
2.	EN 50122-1:2011+A1:2011	Željezničke primjene – Stabilna postrojenja – Električna sigurnost, uzemljenje i povratni vod – 1. dio Zaštitne mjere od strujnog udara	2011	Geometrija kontaktne mreže (2.5.2.9.) i zaštitne mjere od strujnog udara (2.5.2.18.)
3.	EN 50149	Željezničke primjene – Stabilna postrojenja – Električna vuča – Kontaktni vodiči od bakra i bakrenih legura	2012	Materijal kontaktnog vodiča (2.5.2.14.)
4.	EN 50163	Željezničke primjene – Naponi napajanja sustava vuče	2004	Napon i frekvencija (2.5.2.3.)
5.	EN 50367	Željezničke primjene – Sustavi oduzimanja struje – Tehnički kriteriji za interakciju između oduzimača struje i kontaktne mreže (radi postizanja slobodnog pristupa)	2012	Strujni kapacitet, istosmjerni sustavi, vlakovi u mirovanju (4.2.5.) Srednja kontaktna sila (4.2.11.) Oprema za fazno sekcioniranje (4.2.15.) i oprema za sustavno sekcioniranje (4.2.16.)
6.	EN 50388	Željezničke primjene – Opskrba električnom	2012	Parametri koji se odnose na radne karakteristike sustava

Redni broj	Oznaka	Naslov	Verzija	Značajke
		energijom i željeznička vozila – Tehnički kriteriji za koordinaciju između napajanja (podstanica) i željezničkih vozila radi postizanja interoperabilnosti		napajanja (4.2.4.), Mehanizmi koordinacije električne zaštite (4.2.7.), Harmonike i dinamički učinci za izmjenične sustave (4.2.8.)
7.	EN 50317	Željezničke primjene – Sustavi oduzimanja struje – Zahtjevi za dinamičku interakciju između oduzimača struje i kontaktne mreže i njezina provjera	2012	Ocjenjivanje dinamičkog ponašanja i kvalitete oduzimanja struje (6.1.4.1. i 6.2.4.5.)
8.	EN 50318	Željezničke primjene – Sustavi oduzimanja struje – Provjera dinamičke interakcije između oduzimača struje i kontaktne mreže	2002	Ocjenjivanje dinamičkog ponašanja i kvalitete oduzimanja struje (6.1.4.1.)
9.	EN 50463-3	Željezničke primjene – Mjerenje energije u vlakovima – Dio 3.: Obrada podataka	2017	Sustav za prikupljanje podataka o energiji u stabilnim postrojenjima (4.2.17.)
10.	EN 50463-4	Željezničke primjene – Mjerenje energije u vlakovima – Dio 4.: Komunikacija	2017	Sustav za prikupljanje podataka o energiji u stabilnim postrojenjima (4.2.17.)

Tablica 2.16. Popis referentnih normi

#### 2.9.6. Dodatak F: Popis otvorenih pitanja

Specifikacija koja se odnosi na protokole sučelja između sustava mjerenja energije (EMS) i sustava za prikupljanje podataka (DCS)n (2.5.2.17.).

### 2.9.7. Dodatak G: Pojmovnik

Pojam	Kratica	Definicija
AC		Izmjenična struja
DC		Istosmjerna struja
Prikupljeni podaci o naplati energije	CEBD	Skup podataka prikupljen s pomoću sustava za obradu podataka (DHS) prikladan za naplatu energije
Sustav kontaktne mreže		Sustav kojim se vrši distribucija električne energije vlakovima koji prometuju određenom rutom koja se prenosi vlakovima s pomoću oduzimača struje.
Kontaktna sila		Okomita sila koju oduzimač struje primjenjuje na kontaktnu mrežu.
Podizanje kontaktnog vodiča		Okomito podizanje kontaktnog vodiča zbog sile koju proizvodi oduzimač struje
Oduzimač struje		Oprema ugrađena na vozilo namijenjena za oduzimanje struje iz kontaktnog vodiča ili vodljivih šina
Profil		Skup pravila, uključujući referentni profil i njegova pripadajuća pravila za izračun kojima se omogućava određivanje vanjskih dimenzija vozila i prostor koji treba osigurati infrastrukturom.  NAPOMENA: Ovisno o primijenjenoj metodi izračuna, profil će biti statički, kinematički ili dinamički
Bočni otklon		Bočno pomicanje kontaktnog vodiča kod najjačega bočnog vjetrova
Cestovni prijelaz u razini		Križanje u istoj razini ceste i jednog željezničkog kolosijeka ili više njih
Brzina na pruzi		Maksimalna brzina mjerena u kilometrima na sat za koju je pruga projektirana
Plan održavanja		Niz dokumenata kojima se utvrđuju postupci održavanja infrastrukture koje donosi upravitelj infrastrukture
Srednja kontaktna sila		Statistička srednja vrijednost kontaktne sile
Srednji korisni napon vlaka		Napon kojim se određuje dimenzioniranje vlaka i kojim je omogućena kvantifikacija učinka na njegove radne karakteristike
Srednji korisni napon zone		Napon koji je pokazatelj kvalitete napajanja električnom energijom u geografskoj zoni tijekom razdoblja vršnog prometa voznog reda
Minimalna visina kontaktnog vodiča		Minimalna vrijednost visine napetoga kontaktnog vodiča kako bi se izbjegao luk između jednog kontaktnog vodiča ili više njih i vozila u svim položajima
Nazivna visina		Nazivna vrijednost visine kontaktnog vodiča

Pojam	Kratica	Definicija
kontaktnog vodiča		u potpornju u uobičajenim uvjetima
Nazivni napon		Napon prema kojem je projektirano postrojenje ili dio postrojenja
Redovan promet		Planirani red vožnje
Sustav za prikupljanje podataka o energiji u stabilnim postrojenjima (sustav za prikupljanje podataka)	DCS	Usluga prikupljanja podataka o naplati energije iz energetskoga mjernog sustava u stabilnim postrojenjima
Kontaktna mreža	OCL	Kontaktna mreža smještena iznad (ili pored) gornje granice profila vozila kojom se vozila opskrbljuju električnom energijom putem opreme za oduzimanje struje koja se nalazi na krovu.
Referentni profil		Profil povezan sa svim profilima koji predstavlja oblik presjeka i koji se upotrebljava kao osnova za izradu propisa i veličini infrastrukture s jedne strane, i vozila s druge
Povratni vod		Svi vodiči koji čine planiranu rutu povratnog toka vučne struje
Statična kontaktna sila		Prosječna okomita kontaktna sila kojom glava oduzimača struje djeluje okomito prema gore na kontaktnu mrežu i koju uzrokuje uređaj za podizanje oduzimača struje dok je oduzimač struje podignut, a vozilo u mirovanju.

Tablica 2.17. Pojmovnik

### **3. VEZE TSI ELEKTROENERGETSKOG PODSUSTAVA S OSTALIM TSI-ma**

#### **3.1. Uvodno o TSI drugih željezničkih podsustava**

Pitanje interoperabilnosti željezničkih podsustava uređeno je Direktivom (EU) 2016/797 o interoperabilnosti željezničkog sustava u Europskoj uniji [2]. Prema toj Direktivi, Prilogu II, željeznički sustav se dijeli na sljedeće podsustave:

- a. Strukturna područja:
  - građevinski podsustav,
  - elektroenergetski podsustav,
  - prometno-upravljački i signalno-sigurnosni podsustav,
  - prometno-upravljački i signalno-sigurnosni podsustav na vozilu i vozila ili
- b. Funkcionalna područja:
  - odvijanje prometa i upravljanje prometom,
  - održavanje i
  - telematske aplikacije za putnički i teretni promet.

Svaki od navedenih podsustava obuhvaćen je jednim tehničkim specifikacijama za interoperabilnost (TSI-em). Po potrebi, podsustav može biti obuhvaćen s nekoliko TSI-ova i jedan TSI može obuhvaćati nekoliko podsustava.

Tehničke specifikacije za interoperabilnost elektroenergetskog podsustava određene su Uredbom Komisije (EU) br. 1301/2014 [3], a detaljno su opisane u poglavlju 2. ovog dokumenta.

U točki 2.5.3. ovog dokumenta obrađena su pitanja vezano za sučelja s drugim željezničkim podsustavima u cilju ostvarenja predviđenih pogonskih, odnosno radnih karakteristika. Ti podsustavi su:

- (a) željeznička vozila,
- (b) infrastruktura (građevinski podsustav),
- (c) pružna prometno-upravljačka i signalno-sigurnosna oprema,
- (d) prometno-upravljačka i signalno-sigurnosna oprema na vozilu i
- (e) odvijanje prometa i upravljanje prometom.

Također je navedeno i sučelje TSI za elektroenergetski podsustav s TSI-jem za sigurnost u željezničkim tunelima u kojemu su definirani zahtjevi za sigurnost u željezničkim tunelima koji se odnose na energetske podsustav.

Funkcionalne i tehničke specifikacije sučelja TSI za elektroenergetski podsustav s ostalim podsustavima detaljno su opisane u točki 2.5.3. ovog dokumenta.

#### **3.2. Veza s podsustavom željezničkih vozila**

Veza TSI za elektroenergetski podsustav s podsustavom željezničkih vozila dana je tabličnim pregledom u Tablici 2.7. ovog dokumenta, gdje su navedeni svi parametri prema jednom i drugom TSI-ju, te njihovu upućenost jednih na druge uz naznaku točaka u kojima su navedeni zahtjevi na te parametre.

Kao što se može vidjeti u tom sučelju se nalazi najviše parametara jednog i drugog TSI-ja koji upućuju jedan na drugoga, što je i razumljivo s obzirom da ta dva podsustava imaju najviše dodirnih točaka.

U tablici je navedeno ukupno 14 parametara povezanih sa strujnim i naponskim prilikama, kvalitetom energije za električnu vuču, povratom energije pri regenerativnom kočenju, oduzimačem struje, elementima i karakteristikama kontaktne mreže, te prikupljanjem podataka o isporuci i povratu energije u stabilnim postrojenjima električne vuče.

### **3.3. Veza s građevinskim podsustavom**

Veza TSI za elektroenergetski podsustav s građevinskim podsustavom dana je tabličnim pregledom u Tablici 2.8. ovog dokumenta.

U tom sučelju se nalazi samo po jedan parametar u oba TSI-ja koji upućuju jedan na drugoga.

U TSI za elektroenergetski podsustav je to:

- profil oduzimača struje (4.2.10),

koji upućuje na slobodni profil pruge (4.2.3.1) u TSI za građevinski podsustav.

### **3.4. Veza s prometno-upravljačkim i signalno-sigurnosnim podsustavima**

Veza TSI za elektroenergetski podsustav s prometno-upravljačkim i signalno-sigurnosnim podsustavima detaljno je opisana u točki 2.5.3.4 ovog dokumenta.

Sučelje upravljanja snagom je sučelje elektroenergetskog podsustava i podsustava željezničkih vozila. Kako se informacije o tome prenose prometno-upravljačkim i signalno-sigurnosnim podsustavima to se sučelje prijenosa utvrđuje TSI-jem za prometno-upravljački i signalno-sigurnosni podsustav te TSI-jem za željeznička vozila. Relevantne informacije o isključivanju prekidača, promjeni maksimalne struje vlaka, promjeni sustava za napajanje električnom energijom i upravljanju oduzimačem struje prenose se ERMTS-om (ERTMS - Europski sustav upravljanja željezničkim prometom). Ovaj sustav se koristi na prugama za velike brzine.

### **3.5. Veza s podsustavom odvijanja prometa i upravljanja prometom**

Veza TSI za elektroenergetski podsustav s podsustavom odvijanja prometa i upravljanja prometom dana je tabličnim pregledom u Tablici 2.9. ovog dokumenta.

U tom sučelju se nalazi dva parametar u oba TSI-ja koji upućuju jedan na drugoga, a to su u TSI za elektroenergetski podsustav:

- Maksimalna struja vlaka (4.2.4.1) i
- Sekcije za razdvajanje faza (4.2.15) i sustava (4.2.16)

## 4. STABILNA POSTROJENJA ZA NAPAJENJE ELEKTRIČNE VUČE HŽ INFRASTRUKTURE

Stabilna postrojenja za napajanje električne vuče (SPEV) napajaju se iz 110 kV mreže HOPS-a, a moraju biti projektirana, izvedena i održavana na način da osiguraju pouzdanu i kvalitetnu opskrbu električnom energijom za potrebe električne vuče.

Dimenzioniranje SPEV-a provodi se na osnovi elektroenergetskog proračuna za elektrifikaciju pruga kako je to propisano člancima 17. do 19. Pravilnika [9].

### 4.1. Uvodno o SPEV-u

Stabilna postrojenja za napajanje električne vuče HŽ Infrastrukture čine prema Pravilniku o željezničkoj infrastrukturi [8] sljedeća postrojenja:

- kontaktna mreža,
- elektrovučne podstanice i napojni dalekovodi,
- postrojenja za sekcioniranje i
- postrojenja za daljinsko upravljanje

Na prugama Republike Hrvatske (RH) u primjeni je izmjenični sustav električne vuče 25 kV, 50 Hz, dok se istosmjerni sustav 3 kV zadržao samo u pograničnom kolodvoru Šapjane, gdje se kontaktna mreža napaja iz Republike Slovenije.

U Planu poslovanja HŽ Infrastrukture 2020.-2024. [17] navedeni su podaci o SPEV:

- Ukupna duljina kontaktne mreže na prugama RH je 1.775,109. HŽ Infrastruktura ima svega 37,2% elektrificiranih pruga odnosno 970,143 km (građ. duljina elektrificiranih pruga) od toga: 966,817 km elektrificirano je izmjeničnim sustavom (25 kV, 50 Hz), a 3,326 km elektrificirano je istosmjernim sustavom (3 kV, dionice pruga Šapjane-DG).
- U pogonu je 19 elektrovučnih podstanica 110/25 kV (dvije je isključena iz pogona zbog rekonstrukcije), 40 postrojenja za sekcioniranje (19 postrojenja za sekcioniranje kod neutralnih sekcija), 240 komada elektromotornih pogona rastavljača KM 25 kV, 50 Hz i oko 78 km dalekovoda 110 kV.

U Planu [17] se ne navode podaci o postrojenjima za DU, međutim sva postrojenja EVP i PS su daljinski i mjesno upravljana, kao i 240 rastavljača KM u izoliranim preklopima i neutralnim sekcijama.

Daljinsko upravljanje stabilnim postrojenjima za napajanje električne vuče obavlja se iz Centara daljinskog upravljanja (CDU) u Zagrebu, Rijeci i Vinkovcima, a mjesno upravljanje rastavljačima KM iz prometnih ureda, po nalogu elektroenergetskog dispečera iz nadležnoga CDU-a.

### 4.2. Tehničke karakteristike SPEV-a

Temeljne tehničke karakteristike postrojenja SPEV-a dane su u nastavku.

#### 4.2.1. Kontaktna mreža

Na elektrificiranim prugama RH u primjeni je kontaktna mreža prema rješenjima:

- 25R160, kompenzirana mreža za izmjenični sustav 25 kV, 50 Hz i brzinu do 160 km/h i



- 25R120, kompenzirana mreža za izmjenični sustav 25 kV, 50 Hz i brzinu do 120 km/h

#### Rješenje 25R160:

Ovo rješenje je dano Općim projektom kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz, S.A.E. Milano iz 1967. godine, za brzine do 160 km/h, a prvi prut je primijenjeno 1970. g. pri elektrifikaciji pruge Zagreb GK - Dugo Selo – Novska - Vinkovci – Tovarnik - državna granica.

Opći projekt KM sastoji se od više knjiga koje sadrže osnovna rješenja, mehaničke proračune elemenata i sklopova KM, električne proračune, te statičke proračune nosivih konstrukcija i temelja.

U sklopu navedenih knjiga dani su proračuni, dijagrami, tablice i nacrti vezano za proračune i montažu elemenata i sklopova KM. Svi ti proračuni, rješenja, te primijenjeni materijali i proizvodi provedeni su prema poznatim metodama, normama i UIC objavama.

Danas se te metode definiraju odgovarajućim normama, a temeljna norma za KM je HRN EN 50119, na koju upućuje TSI za EE podsustav, te Pravilnik [9].

To je razlog što rješenje KM i danas udovoljava praktični svim zahtjevima TSI-ja za EEP podsustav.

To se također odnosi na primjenu materijala i zahtjeve na pojedine elemente i sklopove, što je također definirano odredbama norme HRN EN 50119.

#### Rješenje 25R120:

Ovo rješenje se temelji na rješenju prema Općem projektu uz primjenu nosivog užeta BzII120 umjesto BzII70 i zadržavanje dva kontaktna vodiča na otvorenoj pruži i glavnim prolaznim kolosijecima u kolodvorima. Ovo rješenje je prvi put primijenjeno tijekom projekta Izmjene sustava električne vuče (ISEV) prijelaz sa sustava 3 kV= na sustav 25 kV, 50 Hz u periodu od 2007. do 2012. Razlog za primjenu nosivog užeta BzII120 i zadržavanje dva kontaktna vodiča je bio što su se svi radovi na ISEV-u odvijali u dnevnim zatvorima pruge nakon čega se uspostavljao promet električnom vuče.

U novim projektima isključivo se primjenjuje rješenje 25R160.

S obzirom na izvedbu voznog voda i brzinu vožnje kod 25R160 u primjeni je:

- Kompenzirana KM sa Y užetom za otvorenu prugu i glavne prolazne kolodvorske kolosijeke i brzine vožnje od 120 do 160 km/h,
- Kompenzirana KM za otvorenu prugu i glavne prolazne kolodvorske kolosijeke i brzine vožnje do 120 km/h,
- Kompenzirana ili nekompenzirana KM za sporedne i ostale kolodvorske kolosijeke i brzine vožnje do 80 km/h i
- Tramvajsko rješenje (samo kontaktni vodič) za brzine vožnje do 40 km/h

#### Osnovi podaci KM 25R160 za brzine vožnje 120 do 160 km/h su:

- Vozni vod: CU-ETP ili CuAg0,1 (AC-100) + nosivo uže BzII70, s Y užetom
  - Presjek kontaktnog vodiča: 100 mm<sup>2</sup>,
  - Presjek nosivog užeta: 70 (65,8) mm<sup>2</sup>,
- Y uže: Cu uže 16 mm<sup>2</sup>,
- Vješaljka dvodijelna: žica Cu ø 5 mm,
- Maksimalni raspon za prugu u pravcu: 65 m
- Nazivna sistemska visina: 1,4 m,

- Nazivna visina kontaktnog vodiča od gornjeg ruba tračnice: 5,50 m,
- Zajedničko automatsko zatezanje:
  - Sila zatezanja kontaktnog vodiča: 10 kN,
  - Sila zatezanja nosivog užeta: 10 kN.

Tehnički podaci za izvedbe KM 25R160 i 25R120 dani su u Prilogu 1.

Kontaktna mreža se sastoji od zateznih polja, koja u pravilu imaju 24 raspona, ali ukupna duljina zateznog polja ne može prijeći 1600 m. Na sredini zateznog polja izvodi se čvrsta točka, a na krajevima se vodni vod zateže uređajima za automatsko zatezanje.

U slučaju kada je broj raspona manji ili jednak 12, automatsko zatezanje se vrši samo na jednom kraju kontaktnog vodiča i nosivog užeta, a na drugom kraju se izvodi njihovo čvrsto zatezanje.

Kontaktna mreža se izvodi na način da se zatezna polja međusobno preklapaju u 3 ili više raspona, koji se izvode kao neizolirani ili izolirani.

Kod neizoliranih preklopa vodni vodovi se povezuju strujnim vezama radi ostvarivanja kontinuiteta u napajanju.

Izolirani preklopi izvode se na granici sekcija KM, najčešće sekcije otvorene pruge i sekcije kolodvora.

Podjela KM na sekcije omogućava elastičnije obavljanje prometa električnom vučom kao i radove na održavanju i otklanjanju kvarova

Primjer sekcioniranja KM za kolodvor Andrijevcima dan je shemom u Prilogu 2.

#### 4.2.2. Elektrovučne podstanice i napojni dalekovodi (EVP i DV)

Napojni dalekovodi HŽ 2 x 110 kV u primjeni su kada je EVP 110/25 udaljena od TS HOPS-a iz koje se napaja, kao što je to slučaj za EVP Nova Kapela i EVP Novska.

Sve elektrovučne podstanice (EVP) HŽ Infrastrukture napajaju se iz 110 kV mreže Hrvatskog operatora prijenosnog sustava – HOPS, a priključene su na faze 4 i 8, osim EVP-a Plase, Sušak i Matulji, koji su priključeni na faze 4 i 0.

Svaka EVP se sastoji od 110 i 25 kV dijela postrojenja kako je to prikazano jednopolnom shemom za EVP Andrijevcima – Prilog 2.

Postrojenje 110 kV se sastoji od dva dvofazna transformatorska polja A i B s energetskim transformatorima, svaki snage 7,5, 10 ili 15 MVA i prijenosnim omjerom  $110.000/27.500 \pm 10 \times 1,5 \% V$ .

Regulacija konstantnog napona na sabirnicama 25 kV postrojenja se izvodi pod opterećenjem s regulacijskim sklopkama ugrađenim u transformatore, a opremljene su mehaničkim pokazivačima položaja i brojačem broja preklapanja.

U 110 dijelu postrojenja ugrađeni su prekidači i rastavljači koji omogućavaju uključenje jednog ili oba energetska transformatora u pogon, ovisno o potrebama i pogonskim stanjima u postrojenju i na pruzi.

Postrojenje 25 kV smješteno je u zgradi, na katu, a sastoji se od vakumskih prekidača nazivnog napona 27,5 kV u trafo poljima A i B, te prekidača u izlazima prema KM s oznakama S i rednim brojem izlaza ovisno o kolosijeku pruge koji napaja. Rastavljači u 25 kV dijelu omogućavaju različita uklopna stanja ovisno o pogonskim prilikama u postrojenju i na pruzi. Eventualno ograničenje prometa se dogovara između elektroenergetskog i prometnog dispečera.

Kao pomoćni naponi najčešće se koriste 230 V, 50 Hz iz kućnog transformatora; 110 V DC i 220 V DC.

U EVP-ima se također izvode mjerenja napona, struje, električne energije, numerička zaštita i regulacija napona. Numerička zaštita i regulacija napona obrađuje se u zasebnim projektima u kojima se provode proračuni i daju parametri udešenja zaštite i regulatora napona.

Kod udešenja prorađanih vrijednosti automatskog regulatora napona, kao referentni napon podešava se odabire 106% od nazivnoga napona, što odgovara naponu od 26,5 kV na sabirnicama EVP-a.

Zaštita 25 kV napojnih vodova kontaktne mreže je ostvarena distantnim relejima koji omogućavaju sljedeće osnovne funkcije zaštite:

- distantna zaštita kontaktne mreže
  - mogućnost udešenja 3 distantne zone: Z1, Z2, Z3,
  - mogućnost produljenja 1 distantne zone: Z1 E,
  - izbor poligonalne ili kružne karakteristike,
  - detekcija uklopa na kvar,
  - detekcija uklapa različitih faza,
- rezervna nadstrujna zaštita,
- usmjerena nadstrujna zaštita,
- termička zaštita,
- nadnaponska i podnaponska zaštita,
- automatsko ponovno uključenje - APU,
- lokator kvara (FL),
- zaštita kod zatajivanja prekidača,
- nadzor isklopnih krugova prekidača,
- mogućnost više grupa udešenja,
- mogućnost komunikacije sa zaštitom na drugom kraju voda.

EVP su dimenzionirane tako da je u pogonu samo jedan transformator, a drugi se uključuje samo za slučaj potrebe, kao što je izvanredno povećanje prometa ili ispad susjedne EVP iz pogona.

Svaka EVP napaja svoj podstanični sektor koji se sastoji od dva ili više napojnih krakova, a na granici između dvije EVP se nalazi neutralna sekcija za razdvajanje faza.

#### 4.2.3. Postrojenja za sekcioniranje (PS i PSN)

Postrojenja za sekcioniranje i postrojenja za sekcioniranje kod neutralne sekcije služe za sekcioniranje KM na manje odsjeke kako bi se u slučaju održavanja ili kvara osiguralo da što manji dio pruge ostane bez napajanja.

Na granici dvije EVP negdje na sredini se nalazi neutralna sekcija, a na nekim prugama i postrojenje za sekcioniranje kod neutralne sekcije (PSN). Jednopolna shema postrojenja PSN1 Metković dana je u Prilogu 3.

Postrojenja za sekcioniranje smještena su otprilike na sredini napojnog kraka, uz kolodvore kao što je prikazano za napojni krak EVP Andrijevci - PSN2 Sibirj (Prilog 4), te jednopolnom shemom PS2+1BV Zaprešić (Prilog 5)

Na nekim prugama nisu izgrađena postrojenja PS, a sekcioniranje je izvedeno primjenom rastavljača snage u izoliranim preklopima kolodvora s kojima se daljinski i mjesno upravlja. Ovakvo rješenje se sve češće primjenjuje

U postrojenjima PSN ugrađena je distantna zaštita za slučaj da susjedna EVP preuzme napajanje dijela podstaničnog sektora EVP-a koji je van pogona.

#### 4.2.4. Postrojenja za daljinsko upravljanje (DU)

Postrojenja za DU imaju važnu ulogu u eksploataciji SPEV-a, jer omogućavaju:

- upravljanje rasklopnim aparatima SPEV-a,
- informacije o položaju rasklopnih aparata i opreme,
- informacije u slučaju neispravnosti, smetnji i kvarova na opremi i postrojenju,
- mjerenja električkih veličina i
- informacije o stanju informatičkog sustava

Sve to omogućava elektroenergetskom dispečeru efikasno upravljanje i donošenje odluka kod pojave smetnji i kvarova na SPEV, uvažavajući potrebe prometa, te sigurnost djelatnika na održavanju i korisnika usluga.

U slučaju kvara na postrojenjima DU i nemogućnosti upravljanja rasklopnim aparatima u EVP elektroenergetski dispečer daje nalog ekipi održavanja za zaposjedanje postrojenja, te potrebne manipulacije rasklopnim aparatima obavlja putem rukovatelja u zaposjednutom EVP-u.

#### 4.2.5. Dimenzioniranje SPEV-a

Dimenzioniranje SPEVA-a provodi se na temelju elektroenergetskog proračuna za konkretnu prugu, a koji se temelji na sljedećim podlogama prema Pravilniku [9]:

- prometno-tehnološkom elaboratu,
- elektroenergetskom proračunu stabilnih postrojenja za napajanje električne vuče,
- analizi izbora i načina priključka elektrovučnih podstanica 110/25 kV na prijenosnu mrežu 110 kV,
- analizi utjecaja elektrovučnih podstanica na prijenosnu i distribucijsku mrežu i
- analizi nesimetričnog opterećenja prijenosne mreže i uvjeta paralelnog rada elektrovučnih podstanica.

Prometno-tehnološki elaborat mora sadržavati grafikon tehnološki optimalnog voznog reda za prugu koja će se elektrificirati, te sljedećim podloge prema Pravilniku [9]:

- vrsta, brzina i masa vlakova,
- vrsta vučnih vozila,
- osnovni tehnički podaci o vučnim vozilima i elektromotornim vlakovima,
- vozna vremenima po vlakovima,
- organizacija prijevoza (kolodvorski ili blokovni razmak APB),
- slijed vlakova nakon poremećaja u prometu,
- faktori neravnomjernosti prometa.

Temeljem tih podataka provodi se elektroenergetski proračun, koji mora dati sljedeće:

- najveće 15 minutne snage podstanica,
- izbor instaliranih snaga energetskih transformatora podstanica,
- položaje elektrovučnih podstanica,
- podatke o kratkom spoju za referentnu godinu,
- dimenzioniranje vodiča kontaktne mreže, dopuštene trajne struje, dopuštene struje u funkciji vremena i vanjske temperature,
- struje u izlaznim vodovima podstanica za normalno pogonsko stanje i za slučaj ispada iz pogona susjedne podstanice,
- proračun padova napona,
- raspodjelu struja po vodičima kontaktne mreže,
- procjenu potrošnje radne i jalove energije, najveće 15 minutne snage te faktora snage, po elektrovučnim podstanicama i po godinama,
- najveću struju vlaka,
- prijedlog sheme sekcioniranja.

Proračun se često izrađuje u više varijanti ovisno o zahtjevima HŽ Infrastrukture, kako bi se mogla donijeti konačna odluka o primjeni načina napajanja i sekcioniranja, te tehničkim rješenjima SPEV u procesu projektiranja.

Podaci iz tog proračuna koriste se u postupku EZ provjere osnovnih parametara EE podsustava vezano za napajanje električnom energijom, a to su:

- napon i frekvencija (2.5.2.3.),
- parametri koji se odnose na radne karakteristike sustava napajanja (2.5.2.4.),
- strujni kapacitet, istosmjerni sustavi, vlakovi u mirovanju (2.5.2.5.),
- regenerativno kočenje (2.5.2.7.),
- mehanizmi koordinacije električne zaštite (2.5.2.8.),
- harmonike i dinamički učinci za izmjenične pružne sustave za napajanje električnom energijom (2.5.2.9.).

U zagradama su navedene točke u kojima su detaljno obrađeni zahtjevi iz TSI-ja na navedene parametre. U nekim točkama navedene su europske norme na koje ti zahtjevi upućuju i koje je potrebno ispuniti u skladu s odredbama tih normi.

Europska agencija za sigurnost željezničkog prometa (ERA) izdala je Vodič za primjenu tehničkih specifikacija za interoperabilnost podsustava ENE, kako bi se pojasnio i olakšalo ocjenjivanje u postupku EZ provjere [4].

### **4.3. Usklađenost sa zahtjevima TSI elektroenergetskog podsustava**

#### **4.3.1. Regulatorna Republike Hrvatske**

Iako je Republika Hrvatska članica EU od 2013. godine, pripreme za usklađenje regulatorne s EU regulatornom započele su znatno ranije, pa tako i u području željezničkog prometa. Tako je već u Zakonu o sigurnosti u željezničkom prometu (NN 040/2007) [5] iz 2007. godine u članku 9., stavku (3) navedeno:

„Za željezničke pruge od značaja za međunarodni promet, osim uvjeta propisanih stavkom 3. ovoga članka, moraju se primjenjivati i uvjeti koji se odnose na tehničke specifikacije za interoperabilnost željezničkih infrastrukturnih podsustava.“

Temeljem navedenoga Zakona [5] izrađen je čitav niz Pravilnika, pa tako i Pravilnik o tehničkim uvjetima kojima mora udovoljavati željeznički elektroenergetski infrastrukturni podsustav (NN 127/2008 i 16/2008) [9].

Pravilnik [9] je izrađen temeljem Tehničkih specifikacija za interoperabilnost elektroenergetskog podsustava (TSI) (2008/284/CE) [3], te niza općih akata HŽ Infrastrukture, kao što je Opći projekt kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz.

Ovaj pravilnik [9] je i danas važeći dokument, temeljem kojega Imenovano tijelo (DeBo) utvrđuje sukladnost elektroenergetskog podsustava sa zahtjevima iz istoga u postupku provjere, a u cilju puštanja u uporabu.

Zakon o sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava [6] donesen je u lipnju 2013. godine (NN 082/2013), a njime su u pravni poredak RH prenesene određene Direktive, a jedna od njih je i Direktiva 2008/57/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 17. lipnja 2008. o interoperabilnosti željezničkog sustava unutar Zajednice [1].

Tim Zakonom [6] su uređeni uvjeti koji se moraju ispuniti radi postizanja interoperabilnosti željezničkog sustava, a odnose se na projektiranje, izgradnju, puštanje u uporabu, modernizaciju, obnovu, uporabu i održavanje dijelova željezničkog sustava.

Zakon [6] je doživio tri izmjene i dopune do donošenja novog Zakona (NN 63/2020) [7].

Iako su u međuvremenu donesena dva Zakona o sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava uz niz prethodnih izmjena i dopuna, Pravilnika [9] nije usklađen s istima, mada je bilo pokušaja tijekom 2014. godine.

#### 4.3.2. Postupci ocjenjivanja sukladnosti

Ocjenjivanje sukladnosti interoperabilnih sastavnih dijelova i EZ provjeru podsustava provodi Prijavljeno tijelo (NoBo) koje je nadležno ministarstvo prijavilo Europskoj komisiji i državama članicama EU, prema poglavlju 6. TSI-ja kako je to opisano u točki 2.7. ovog dokumenta.

Do sada je u RH obavljena provjera za elektroenergetski podsustav u sklopu projekta:

- „Razvoj multimodalne platforme u luci Rijeka i povezivanje s kontejnerskim terminalom Jadranska vrata -"projekt Brajdica",

te je izdana potvrda, odnosno certifikat o provjeri podsustava. (Prilog 6)

U tijeku su provjere elektroenergetskih podsustava na projektima:

- „Rekonstrukcija postojećeg i izgradnja drugog kolosijeka željezničke pruge na dionici Dugo Selo – Križevci“ i
- “Unapređenje infrastrukture u luci Rijeka – kontejnerski terminal Zagrebačko pristanište”

Provjeru za navedeni projekt i provjere koje su u tijeku obavila je i obavlja tvrtka INFRACERT TSI sp. z o.o. iz Poljske, a u postupku sudjeluje i ekspert iz tvrtke INFRACERT d.o.o. iz Zagreba. Primjere izgleda stranica pojedinih dokumenata u postupku ocjenjivanja za priloge 6 do 9 ustupila je tvrtka INFRACERT d.o.o., Zagreb.

Karakteristike EE podsustava koje se ocjenjuju navedene su u Dodatku B TSI-ja, odnosno točki 2.9.2., tablici 2.12. ovog dokumenta.

Ocjenjivanje se provodi u dvije faza:

- Faza razvoja projekta,
- Faza proizvodnje.

Faza razvoja se sastoji od:

- Revizije (pregleda) projekta.

Faza proizvodnje se sastoji od:

- Izgradnja, sastavljanje i montaža,
- Sastavljen, prije puštanja u pogon,
- Provjera u punim radnim uvjetima.

U prvoj fazi prijavljeno tijelo prati tijek projektiranja te utvrđuje postoji li dokazi da projektna dokumentacija zadovoljava zahtjeve na karakteristike EE podsustava iz tablice 2.12. ovog dokumenta.

Sva zapažanja tijekom te faze ekspert prijavljenog tijela unosi u Kontrolnu listu, koja sadrži sljedeće:

1. Temeljne informacije

- Pod temeljne informacije se upisuju podaci o podnositelju zahtjeva, nazivu podsustava koji se ocjenjuje, njegovoj lokaciji i komentarima na ocjenu ukoliko postoje.

2. Popis dokaza

- Pod popis dokaza se upisuju dokumenti na kojima se temelji ocjena (broj, naziv dokumenta, naziv pdf verzije, verzija i datum)

3. Pregled zahtjeva

- Pod pregled zahtjeva se upisuju broj zahtjeva, pravni temelj zahtjeva, naziv (opis) zahtjeva, sukladnost sa zahtjevom (da, ne i nije primjenjiv), dokaz o usklađenosti, ime ocjenjivača i napomene/komentari.

Ukoliko dokaz postoji, ekspert prijavljenog tijela upisuje u Kontrolnu listu:

- U stupac Dokaz o sukladnosti upisuje redni broj dokumenta iz popisa dokaza s brojevima poglavlja, točkama ili nacrtima kojima se sukladnost potvrđuje,
- U stupac Napomene/komentari upisuje kratak opis vezano za dokaze i
- U stupac sukladnost sa zahtjevom (da, ne i nije primjenjiv) upisuje „da“

Ukoliko dokaz ne postoji, ne udovoljava ili je nepotpun, ekspert upisuje u Kontrolnu listu:

- U stupac Dokaz o sukladnosti upisuje redni broj dokumenta iz popisa dokaza s brojevima poglavlja, točkama ili nacrtima kojima se treba nalaziti dokaz o sukladnosti,
- U stupac Napomene/komentari upisuje da se dostave novi dokazi, odnosno očitovanje i po potrebi izračun kojim bi se potvrdilo da projektna dokumentacija u cijelosti ispunjava traženi zahtjev.
- U stupac sukladnost sa zahtjevom (da, ne i nije primjenjiv) upisuje „ne“

U slučaju da neki od zahtjeva nije primjenjiv u predmetnom projektu, ekspert upisuje u Kontrolnu listu:

- U stupac sukladnost sa zahtjevom (da, ne i nije primjenjiv) upisuje „nije primjenjiv“ i
- U stupac Napomene/komentari upisuje zašto zahtjev nije primjenjiv

Nakon što se obrade svi zahtjevi Kontrolna lista se dostavlja podnositelju zahtjeva na daljnje postupanje i očitovanje, radi dostave novih dokaza. Primjer

izgleda stranice Kontrolne liste za zahtjeve 4.2.6. i 4.2.7. iz TSI za EE podsustav dan je u Prilogu 7.

Ponovnim pregledom dostavljenih dokaza utvrđuje se sukladnost sa zahtjevom, te se nova verzija Kontrolne liste dostavlja podnositelju zahtjeva.

Nakon što su sve ocjene utvrđene, temeljem te Kontrolne liste ekspert prijavljenog tijela može pristupiti izradi Tehničkog dokumenta za privremeno izvješće o provjeri ISV (eng. Intermediate Statement of Verification).

Za projekt „Razvoj multimodalne platforme u luci Rijeka i povezivanje s kontejnerskim terminalom Jadranska vrata -"projekt Brajdica" proveden je postupak provjere za fazu projektiranja i provjere tijekom izgradnje.

Nakon što je prihvaćena Kontrolna lista, vezano za zahtjeve na projektnu dokumentaciju, obavljen je terenski pregled o čemu je sastavljeno izvješće, te se pristupilo izradi Tehničkog dokumenta, kao podloge za izdavanje potvrde. Primjer izvješća o terenskom pregledu dan je u prilogu 8, a izgleda stranice Tehničkog dokumenta u Prilogu 9.

Time je proces zaokružen i potvrda (certifikat) o provjeri (Prilog 6) je izdana podnositelju zahtjeva, kao preduvjet za sastavljanje »EZ« izjave o provjeri podsustava.

Podnositelj zahtjeva podnosi Agenciji zahtjev za odobrenje za puštanje u uporabu EE podsustava, uz koji prilaže »EZ« izjavu s pratećom dokumentacijom.

Nakon uspješno provedenog postupka ASŽ izdat će odobrenje za stavljanje u uporabu EE podsustava.

#### **4.4. Mjere i dinamika usklađenja SPEV-a sa zahtjevima TSI-ja za elektroenergetski podsustav**

Prema navedenom u točki 4.3. o usklađenosti SPEV HŽ Infrastrukture sa zahtjevima TSI EE podsustava i informacijama eksperta tvrtke Infracert d.o.o. o provedenom postupku na projektu Brajdica, SPEV HŽ Infrastrukture su ispunila zahtjeve TSI za EE podsustav s obzirom na rješenja i opseg zahvata u projektu.

Pri tome treba naglasiti sljedeće:

##### Zahtjev prema 4.2.12. TSI

- Operativna brzina u kolodvoru i tunelu Brajdica ne prelazi 40 km/h, pa nije bilo potrebno obavljati provjere dinamičkog ponašanja i kakvoću oduzimanja struje.
- Ne očekuju se problemi u ispunjenju tog zahtjeva niti na drugim dionicama.

##### Zahtjev prema 4.2.6.1. TSI

- Za regenerativno kočenje je prihvaćeno, temeljem ranije provedenih studija, da postojeće EVP ispunjavaju tehnički uvjeti za primjenu regenerativnog kočenja.
- Ne očekuju se problemi u ispunjenju tog zahtjeva niti na drugim dionicama, ali je potrebno da HŽ Infrastruktura razriješi pravne, financijske aspekte povrata energije u sustav HOPS-a, te usuglasi s HOPS-om i tehničke detalje.

##### Zahtjev prema 4.2.13. TSI

- Za razmak oduzimača struje za projektiranje kontaktne mreže je prihvaćeno očitovanje da vožnja s dva i više oduzimača struje ne utječe na dinamičko ponašanje i kvalitetu oduzimanja struje zbog male operativne brzine od 40 km/h.
- Općim projektom niti Internim tehničkim specifikacijama za gradnju KM (ITS K0.200) nije proveden proračun vezano za ponašanje voznog voda pri vožnji



električnih vozila s podignuta dva ili više oduzimača struje, njihovoj međusobnoj udaljenosti. O tom parametru projektant treba voditi računa, kako je to navedeno u točki 2.3.11. Vodič za primjenu [4].

#### Zahtjev prema 4.2.17. TSI

- Za sustav za prikupljanje podataka o energiji u stabilnim postrojenjima je ocjena je da zahtjev nije primjenjiv, jer se isti treba ispuniti do 1.1.2022. godine.
- U ovom trenutku nije poznato u kojoj fazi su aktivnosti u HŽ Infrastrukturi na ugradnji sustavi za primanje, pohranu i izvoz prikupljenih podataka o naplati energije.

To su sve olakotne okolnosti, koje će se na drugim projektima i u zadanim rokovima morati ispuniti.

Za sada jedini rok za ispunjenje nekog od zahtjeva je 1.1.2022. godine, pa je upitno hoće li isti biti moguće do tada ispuniti. Za ostale zahtjeve ne bi trebalo biti zapreka.

## 5. VAŽEĆA REGULATIVA RH U PODRUČJU ŽELJEZNIČKOG ELEKTROENERGETSKOG PODSUSTAVA

### 5.1. Uvodno o regulativi

Kao što je navedeno u poglavlju 3. željeznički sustav se sastoji od strukturnih i funkcionalnih podsustava, koji su međusobno povezani i imaju dodirne točke kao što je navedeno u sučeljima između TSI-ja EE podsustava i TSI-ja željezničkih vozila, TSI PUSSIP, TSI podsustav infrastrukture (građevinski) i TSI-ju za odvijanje prometa.

To ukazuje da je željeznički sustav tehnički i tehnološki vrlo složen, te su potrebni brojni akti, koji reguliraju pojedina područja, pa tako i EE podsustav o čemu više u nastavku.

### 5.2. Zakonska regulativa

Temeljni dokument koji između ostaloga regulira i pitanje interoperabilnosti željezničkih podsustava je Zakon o sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava (NN 63/2020) [7]. Kao što je navedeno u točki 4.2.1. tim zakonom su u pravni poredak RH prenesene Direktive, kao dio pravne stečevine EU, koje reguliraju pitanje sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava.

Po pitanju interoperabilnosti temeljni dokument je Direktiva (EU) 2016/797 Europskog parlamenta i Vijeća od 11. svibnja 2016. o interoperabilnosti željezničkog sustava u Europskoj uniji (Tekst značajan za EGP) (SL L 138, 26. 5. 2016.).

Člankom 84. Stavkom 1 Zakona [7] je propisano sljedeće:

„(1) Poslovi projektiranja, građenja, modernizacije, obnove i održavanja željezničke infrastrukture obavljaju se tako da udovoljavaju zahtjevima koji osiguravaju tehničko-tehnološko jedinstvo i uvjetima propisanim ovim Zakonom, uključujući tehničke uvjete za željezničku infrastrukturu i tehničke uvjete za željezničke infrastrukturne podsustave i njihovo održavanje te izravno primjenjive propise Europske unije, posebno TSI-e za infrastrukturne podsustave, u skladu s planovima njihove provedbe.“

Stavcima (10) i (11) istog članka je propisano sljedeće:

„(10) Tehničke uvjete za željezničku infrastrukturu iz stavka 1. ovoga članka propisuje ministar pravilnikom.“

(11) Tehničke uvjete za željezničke infrastrukturne podsustave i njihovo održavanje iz stavka 1. ovoga članka propisuje ministar pravilnikom.“

Treba napomenuti da su slični uvjeti i obveze ministra o donošenju provedbenih akata, odnosno pravilnika bili propisani i prethodnim Zakonima.

### 5.3. Podzakonska regulativa

Temeljni akt koji regulira pitanje interoperabilnosti elektroenergetskog podsustava je Pravilnik o tehničkim uvjetima kojima mora udovoljavati željeznički elektroenergetski infrastrukturni podsustav (NN 127/2008 i 16/2008) [9], koji je propisao ministar temeljem tada važećeg Zakonu o sigurnosti u željezničkom prometu (NN 040/2007) [5]

Pravilnik [9] je izrađen temeljem Tehničkih specifikacija za interoperabilnost elektroenergetskog podsustava (TSI) (2008/284/CE), niza općih akata HŽ

Infrastrukture, kao što je Opći projekt kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz, te dobre prakse tijekom eksploatacije SPEV-a.

Člankom 2. tog Pravilnika [9] je propisano da se pri gradnji (projektiranju, građenju, uporabi i uklanjanju) elektroenergetskog željezničkog infrastrukturnog podsustava moraju se primjenjivati uvjeti propisani zakonima i drugim propisima koji reguliraju sigurnost u željezničkom prometu, zaštitu okoliša, prostorno uređenje i gradnju te drugi propisani uvjeti.

Također je propisano da se u tim aktivnostima moraju primjenjivati odgovarajuće hrvatske norme i pravila struke, upute za rad, tehničko-tehnološki postupci i pravila za održavanje.

U stavku (3) istog članka je propisano da se na željezničkim prugama od značaja za međunarodni promet moraju primjenjivati i propisani zahtjevi interoperabilnosti, kao i tehnički i drugi uvjeti prema prihvaćenim međunarodnim ugovorima i međunarodnim željezničkim propisima.

Člankom 15. stavkom (2) Pravilnika [9] je propisano da se pri projektiranju, građenju i rekonstrukciji željezničkog elektroenergetskog infrastrukturnog podsustava moraju primjenjivati norme koje su navedene u prilogu 4 istoga.

U popisu su navedene europske norme za željezničku promjenu, koje je Hrvatski zavod za norme prihvatio kao hrvatske norme.

Većina tih normi je, u odnosu na Popis referentnih normi iz Dodatak E TSI-ja, odnosno točke 2.9.5. ovog dokumenta, povučeno zbog protoka vremena, jer Pravilnik [9] nije noveliran u skladu sa Zakonima o sigurnosti i interoperabilnosti, koji su u tom periodu usklađivani s EU pravnim aktima.

U svakom slučaju Pravilnik [9] je potrebno uskladiti s novim Zakonom [7] i TSI-jem za EE podsustav koji je u međuvremenu više puta ispravljen i dopunjen zbog donošenja provedbenih uredbi EK.

Treba napomenuti da je temeljem navedenog Zakona [5], u isto vrijeme kada i Pravilnik [9] izrađen i Pravilnik o održavanju željezničkog elektroenergetskog infrastrukturnog podsustava, ali iz nekog razloga nije donesen.

Bez obzira na navedeno treba napomenuti da se kod projektiranja SPEV-a projektanti, između ostalih propisa iz drugih područja, pozivaju na Pravilnik [9], kao i norme navedene u istome, s time da se u većini slučajeva pozivanju na norme bez oznake godine, dakle na aktivne norme.

#### **5.4. Opći akti HŽ Infrastrukture**

HŽ Infrastruktura svake godine u Službenom Vjesniku objavljuje popis općih akata koji su u primjeni.

Na tom popisu se nalaze i Pravilnik [9], koji se vodi pod oznakom RH-404, kao i veći broj akata HŽ Infrastrukture Pravilnika i Uputa za projektiranje, građenje, puštanje u pogon, korištenje, održavanje, mjere zaštite. Navedeni akti obrađuju problematiku, koja je dijelom vezana i za tehničke specifikacije parametara EE podsustava.

Velika većina tih akata su akti ZJŽ, koji su preuzeti odlukom objavljenom u Službenom vjesniku br. 20/91. Gotovo svi akti su u primjeni od početaka elektrifikacije, a tijekom eksploatacije su djelomično novelirani.

Mnogi od tih akata navedeni su u članku 99., stavku (2) Zakona [5], kao propisi koji ostaju na snazi i odgovarajuće se primjenjuju do stupanja na snagu propisa koje će ministar propisati.

Isti se i danas primjenjuju u dijelu u kojemu se njihove odredbe ne kose sa Zakonom [5] i Pravilnikom [9].

Opći akti HŽ Infrastrukture za EE podsustav, koji su u primjeni:

- 212 Pravilnik o korištenju stabilnih postrojenja električne vuče [10],
- 213 Pravilnik o održavanju stabilnih postrojenja električne vuče [11],
- 227 Upute o mjerama sigurnosti od električne struje na elektrificiranim prugama [12],
- 227a Priručnik za primjenu mjera sigurnosti od električne struje na kontaktnoj mreži jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz,
- 228 Upute za obavljanje poslova na prugama elektrificiranim jednofaznim sustavom 25 kV, 50 Hz,
- 237 Upute za primjenu signala za električnu vuču,
- 264 Upute za mjerenje i ispitivanje kontaktne mreže [13],
- Opći projekt kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz,
- Upute za projektiranje kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz,
- Upute za gradnju kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz,
- Upute za održavanje kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz,
- Specifikacije materijala i specifikacije ispitivanja elemenata kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz,
- TPE-KM 1 Privremene tehničke upute za projektiranje i gradnju kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz [14],
- TPE-KM 1/IV Privremene tehničke upute za projektiranje i gradnju kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz, dio IV-Povratni vod i uzemljenje [15].
- TPE-KM 2 Upute za preglede, ispitivanja i puštanje u pogon kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz [16],

## **6. USKLAĐENOST OPĆIH AKATA HŽ INFRASTRUKTURE SA ZAHTJEVIMA TSI ELEKTROENERGETSKOG PODSUSTAVA**

### **6.1. Stanje usklađenosti općih akata HŽ Infrastrukture**

Svi opći akti HŽ Infrastrukture preuzeti su odlukom objavljenom u Službenom vjesniku br. 20/91 i dostupni su u izvornom obliku iz perioda usvajanja.

Kao što je navedeno u točki 5.4. većina općih akata HŽ Infrastrukture su u primjeni od početaka elektrifikacije uz manje izmjene i dopune.

Obavljeno je noveliranje Općeg projekta, koji je izrađen pod nazivom Strukovne norme za gradnju kontaktne mreže 25 kV, 50 Hz, a prihvaćene su kao interna tehnička specifikacija s oznakom ITS K0.200.

Iako su neki akti stari i 50 godina i dalje se primjenjuju kod projektiranja, jer su mnoge odredbe u skladu sa zahtjevima iz Pravilnika [9] ili su propisuju i oštrije kriterije.

Kao primjer se može navesti primjena mjera uzemljenja u skladu s normom HRN EN 50122-1 za zaštitne mjere protiv električnog udara.

Člankom 70. Pravilnika [9] određeno je da se uzemljivanje u zoni kontaktne mreže i oduzimača struje izvodi neposrednim spajanjem metalnih konstrukcija na tračnicu povratnog voda ili u slučaju primjene kolosiječnih prigušnica, na neutralnu točku prigušnice. Zona kontaktne mreže definirana je temeljem norme HRN EN 50122-1, a dana je u prilogu 3 Pravilnika [9], vidi Prilog 9. U razini gornjeg ruba tračnice (GRT) ta zona iznosi 4 m lijevo i desno od osi elektrificiranog kolosijeka.

Prema točki 3.1.3. Privremenih tehničkih uputa za projektiranje i gradnju kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz, dio IV-Povratni vod i uzemljenje - TPE-KM 1/IV [15], uzemljuju se sve metalne konstrukcije koje se nalaze na udaljenosti manjoj od 8 m od najbliže tračnice povratnog voda.

Kod projektiranja KM i NN instalacija neki projektanti vezano za uzemljivanje metalnih masa primjenjuju odredbe iz Pravilnika [9], a neki odredbe iz Privremenih tehničkih uputa [15]. Oba pristupa su prihvatljiva, a neki projektanti se odlučuju za odredbe prema Privremenim tehničkim uputama [15], s obzirom na oštrije kriterije, a koji su se primjenjivali od početka elektrifikacije pruga.

U svakom slučaju potrebno je noveliranje navedenih općih akata, uz prethodno donošenje novog pravilnika koji propisuje tehničke uvjete za željezničku infrastrukturu i novih pravilnika koji propisuje tehničke uvjete za željezničke infrastrukturne podsustave i njihovo održavanje, kako je to određeno člankom 84., stavcima (10) i (11) i člankom 154., stavkom (1) novog Zakona [7].

### **6.2. Mjere i dinamika usklađenja općih akata HŽ Infrastrukture**

Po donošenju novih pravilnika o tehničkim uvjetima za željezničku infrastrukturu i pravilnika o tehničkim uvjetima za željezničke infrastrukturne podsustave i njihovo održavanje, kako je to navedeno u točki 6.1., potrebno je pristupiti usklađenju općih akata navedenih u točki 5.4.

U prvom redu potrebno je uskladiti opće akte:

- 213 Pravilnik o održavanju stabilnih postrojenja električne vuče,
- 227 Upute o mjerama sigurnosti od električne struje na elektrificiranim prugama,

- Specifikacije materijala i specifikacije ispitivanja elemenata kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz,
- TPE-KM 1 Privremene tehničke upute za projektiranje i gradnju kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz,
- TPE-KM 1/IV Privremene tehničke upute za projektiranje i gradnju kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz, dio IV-Povratni vod i uzemljenje i
- TPE-KM 2 Upute za preglede, ispitivanja i puštanje u pogon kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz.

S obzirom da se radi o opsežnom i zahtjevnom poslu teško je odrediti preciznu dinamiku, ali taj period svakako ne bi bio kraći od dvije godine od donošenja Pravilnika po novom Zakonu [7].

## 7. ZAKLJUČAK

Kao što je u uvodu navedeno cilj ovog rada je da se daju temeljne informacije o značenju interoperabilnosti u željezničkom elektroenergetskom podsustavu, njegovu povezanost s ostalim podsustavima, da se obradi sadržaj i zahtjevi TSI za EEP, te da se istakne važnost i značaj TSI za EEP.

Na području EU je u primjeni više sustava električne vuče, a najzastupljeniji su:

- Izmjenični 25 kV, 50 Hz,
- Izmjenični 15 kV, 16,7 Hz,
- Istosmjerni 3 kV i
- Istosmjerni 1,5 kV.

Također su u primjeni i različita rješenja kontaktnih mreža za gore navedene sustave električne vuče, rješenja za različite širine oduzimača struje, različite brzine vožnje i druge parametre SPEV-a što znatno otežava odvijanje međunarodnog željezničkog prijevoza.

Zbog navedenih razloga nametnula se potreba za ostvarivanjem uvjeta interoperabilnosti u željezničkom sustavu EU što bi trebalo dovesti do utvrđivanja optimalne razine tehničke usklađenosti, omogućilo poboljšanje i razvoj usluga međunarodnog željezničkog prijevoza u EU i s trećim zemljama, te doprinijelo postupnoj uspostavi unutarnjeg tržišta opreme i usluga za izgradnju, obnovu, modernizaciju i rad željezničkog sustava EU. Ti uvjeti odnose se na projektiranje, izgradnju, puštanje u uporabu i stavljanje na tržište, modernizaciju, obnovu, uporabu i održavanje dijelova željezničkog sustava, stručnu osposobljenost te zdravstvene i sigurnosne uvjete radnika koji pridonose njegovu radu, funkcioniranju i održavanju.

Za svaki podsustav utvrđene su odredbe o sastavnim dijelovima interoperabilnosti, sučeljima i postupcima, te uvjetima za ukupnu kompatibilnost željezničkog sustava EU koji su potrebni kako bi se ostvarila interoperabilnost. Željeznički sustav Europske unije, podsustavi i sastavni dijelovi interoperabilnosti, uključujući sučelja, moraju ispunjavati relevantne osnovne općenite zahtjeve i zahtjeve svojstvene pojedinom podsustavu.

Za elektroenergetski podsustav ti zahtjevi su definirani Uredbom Komisije (EU) br. 1301/2014 o tehničkim specifikacijama interoperabilnosti „energetskog” podsustava željezničkog sustava u Uniji [3] ili kraće TSI-jem za elektroenergetski podsustav.

Odredbe i zahtjevi prema TSI-ju za EE podsustav detaljno su opisani u poglavlju 2. ovog rada.

U poglavlju 3. dane su temeljne informacije o ostalim podsustavima, te sučeljima EE podsustava s ostalim podsustavima:

- željeznička vozila,
- infrastruktura (građevinski podsustav),
- pružna prometno-upravljačka i signalno-sigurnosna oprema,
- prometno-upravljačka i signalno-sigurnosna oprema na vozilu i
- odvijanje prometa i upravljanje prometom.

Funkcionalne i tehničke specifikacije sučelja TSI za elektroenergetski podsustav s ostalim podsustavima detaljno su opisane u točki 2.5.3., te u točkama 3.2. do 3.5. ovog dokumenta.

U poglavlju 4., točkama 4.1. i 4.2. dane su osnovne informacije i tehničke karakteristike stabilnih postrojenja za napajanje električne vuče (SPEV) HŽ Infrastrukture i to za:

- kontaktnu mrežu,

- elektrovučne podstanice i napojni dalekovodi,
- postrojenja za sekcioniranje i
- postrojenja za daljinsko upravljanje

Također su u točki 4.2.5. dane i informacije o dimenzioniranju SPEV, te su u prilogima date odgovarajuće jednopolne sheme i sheme napajanja i sekcioniranja.

U točki 4.3. navedene su informacije o usklađenosti SPEV HŽ Infrastrukture sa zahtjevima prema TSI-ja za EE podsustav i postupku ocjenjivanja sukladnosti. Navedeni su projekti na kojima je obavljeno ocjenjivanje i na kojima je ocjenjivanje u tijeku, te su u prilogima dani primjeri postupka ocjenjivanja s izgledom kontrolne liste, tehničkog dokumenta, izvješća o terenskom pregledu i EZ potvrde (certifikata).

U točki 4.4. su navedene mjere i dinamika usklađenja SPEV-a sa zahtjevima TSI-ja za EE podsustav kroz primjer provedenog postupka na projektu Brajdica o čemu će HŽ Infrastruktura morati voditi računa u sljedećim projektima.

U poglavlju 5. navedena je regulativa koja se u Republici Hrvatskoj primjenjuje vezano za zahtjeve o interoperabilnosti s naglaskom na novi Zakon o sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava (NN 63/2020) [7]. Trenutno važeći Pravilnik [9], koji definira tehničke uvjete za EE podsustav, izrađen je temeljem Zakona o sigurnosti u željezničkom prometu [5], te ga je zbog protoka vremena potrebno uskladiti s novim Zakonom [7] i TSI-jem, koji je u međuvremenu više puta ispravljen i dopunjen. Ili izraditi novi pravilnik.

Treba naglasiti da predstoji period u kojemu se, temeljem novog Zakona [7], moraju donijeti novi pravilnici kako o tehničkim uvjetima, tako i o održavanju svih željezničkih infrastrukturnih podsustava.

U točki 5.4. navedeni su opći akti HŽ Infrastrukture koji reguliraju problematiku koja se odnosi na tehničke specifikacije parametara EE podsustava, te ih je također potrebno novelirati po donošenju pravilnika za EE podsustav, temeljem novog Zakona [7].

Usklađenost općih akata HŽ Infrastrukture, koji su trenutno u primjeni, sa zahtjevima TSI-ja za EE podsustav, opisana je u poglavlju 6., te je istaknuta potreba za noveliranjem uz prethodno donošenje pravilnika po novom Zakonu [7]. S obzirom na količinu općih akata i složenost problematike procijenjeno je da bi taj proces od trenutka donošenja novih pravilnika trajao minimalno dvije godine.

Zaključno se može reći da je jedna od dobiti pristupanja Republike Hrvatske EU, između ostaloga i prenošenje u naš pravni poredak Direktiva i Uredbi, koje reguliraju pitanje željezničkog prijevoza u smislu ispunjenja uvjeta interoperabilnosti, radi uključivanja u željezničku mrežu EU.

Određeni koraci napravljeni su u tom smjeru donošenjem Zakona [5] tijekom 2007. godine i Pravilnika [9] tijekom 2010. godine, a rezultat toga je da su se SPEV HŽ Infrastrukture projektirala i gradila u skladu s odredbama tog Pravilnika [9], odnosno zahtjevima iz TSI-ja za EE podsustav i prihvaćenim HRN EN normama.

Međutim, donošenjem novog Zakona [7] u cilju usklađenja s EU regulativom nameće se potreba za izradom novih pravilnika i noveliranjem općih akata HŽ Infrastrukture.

U narednom periodu predstoji izrada novih pravilnika i usklađenju općih akata HŽ Infrastrukture, a s obzirom da se radi o opsežnom i zahtjevnom poslu taj period teško može biti kraći od dvije godine od donošenja pravilnika po novom Zakonu [7].



## 8. LITERATURA

- [1] DIREKTIVA 2008/57/EZ o interoperabilnosti željezničkog sustava unutar Zajednice
- [2] Direktiva (EU) 2016/797 o interoperabilnosti željezničkog sustava u Europskoj uniji
- [3] UREDBA KOMISIJE (EU) br. 1301/2014 o tehničkim specifikacijama interoperabilnosti „energetskog” podsustava željezničkog sustava u Uniji
- [4] Vodič za primjenu tehničkih specifikacija za interoperabilnost podsustava ENE, ERA/GUI/07-2011/INT
- [5] Zakonu o sigurnosti u željezničkom prometu (NN 040/2007)
- [6] Zakonu o sigurnosti u željezničkom prometu (NN 82/13, 18/15, 110/15, 70/17)
- [7] Zakon o sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava (NN 63/2020)
- [8] Pravilnik o željezničkoj infrastrukturi (NN 127/2008 i 16/2008)
- [9] Pravilnik o tehničkim uvjetima kojima mora udovoljavati željeznički elektroenergetski infrastrukturni podsustav (NN 129/2010)
- [10] Pravilnik o korištenju stabilnih postrojenja električne vuče (Pravilnik 212)
- [11] Pravilnik o održavanju stabilnih postrojenja električne vuče (Pravilnik 213)
- [12] Upute o mjerama sigurnosti od električne struje na elektrificiranim prugama (Upute 227)
- [13] Upute za mjerenje i ispitivanje kontaktne mreže (Upute 264)
- [14] Privremene tehničke upute za projektiranje i gradnju kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz (TPE-KM 1)
- [15] Privremene tehničke upute za projektiranje i gradnju kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz, dio IV-Povratni vod i uzemljenje (TPE-KM 1/IV)
- [16] Upute za preglede, ispitivanja i puštanje u pogon kontaktne mreže jednofaznog sustava 25 kV, 50 Hz (TPE-KM 2)
- [17] Plan poslovanja HŽ Infrastrukture 2020.-2024.

## 9. PRILOZI

- Prilog 1: Tehnički podaci za izvedbe kontaktne mreže
- Prilog 2: Jednopolna shema EVP 110/25 kV Andrijevci
- Prilog 3: Jednopolna shema PSN1 Metković
- Prilog 4: Napojni krak EVP Andrijevci – PSN2 Sibirj
- Prilog 5: Jednopolna shema PS2+1BV Zaprešić
- Prilog 6: Izgled potvrde (certifikata) prijavljenog tijela - INFRACERT TSI sp. z o.o.
- Prilog 7: Primjer stranice kontrolne liste prijavljenog tijela - INFRACERT TSI sp. z o.o.
- Prilog 8: Primjer stranice tehničkog dokumenta prijavljenog tijela - INFRACERT TSI sp. z o.o.
- Prilog 9: Primjer stranice izvješća o terenskom pregledu prijavljenog tijela - INFRACERT TSI sp. z o.o.
- Prilog 10: Zona KM i zona oduzimača struje – Pravilnik [9]

## 10. POPIS SLIKA

Slika 2.1. Elektroenergetski podsustav

Slika 2.2. Mehanički profili oduzimača struje

Slika 2.3. Specifikacija širine mehaničko-kinematičkog profila oduzimača struje na različitim visinama

Slika 2.4. Statički profil oduzimača struje za sustav širine kolosijeka od 1520 mm

## 11. POPIS TABLICA

Tablica 2.1. Osnovni parametri TSI-ja i povezanost s osnovnim zahtjevima

Tablica 2.2. Visina kontaktnog vodiča

Tablica 2.3. Najveći dopušteni bočni otklon kontaktnog vodiča

Tablica 2.4. Rasponi srednje kontaktne sile

Tablica 2.5. Zahtjevi za dinamičko ponašanje i kvalitetu oduzimanja struje

Tablica 2.6. Razmak oduzimača struje za projektiranje kontaktne mreže

Tablica 2.7. TSI prema lokomotivama i putničkim željezničkim vozilima

Tablica 2.8. TSI prema podsustavu infrastrukture

Tablica 2.9. Podsustav odvijanja i upravljanja prometom

Tablica 2.10. Moduli za ocjenjivanje sukladnosti koje treba primijeniti na interoperabilne sastavne dijelove

Tablica 2.11. Ocjenjivanje interoperabilnoga sastavnog dijela: kontaktna mreža

Tablica 2.12. EZ provjera elektroenergetskog podsustava

Tablica 2.13. Minimalni srednji korisni napon na oduzimaču struje

Tablica 2.14. Simboli i kratice

Tablica 2.15. Razmaci između pomičnih dijelova kontaktne mreže i oduzimača struje i uzemljenih dijelova željezničkog vozila i stabilnih postrojenja kod sustava širine kolosijeka od 1 520 mm

Tablica 2.16. Popis referentnih normi

Tablica 2.17. Pojmovnik

## 12. SAŽETAK

Uvjeti koji se moraju ispuniti radi postizanja interoperabilnosti željezničkog sustava Europske unije utvrđuju se u svrhu definiranja optimalne razine tehničke usklađenosti, omogućavanja, olakšavanja, poboljšanja i razvoja usluga željezničkog prijevoza unutar Europske unije i s trećim zemljama te doprinosa dovršavanja jedinstvenog europskog željezničkog prostora i postupnog stvaranja jedinstvenog unutarnjeg tržišta Europske unije.

Na postojećim prugama pokušava se postići da se nakon završetka radova usmjerava na postizanje potpune usklađenosti s ENE TSI-jem.

Elektroenergetski TSI utvrđuje zahtjeve nužne za osiguranje interoperabilnosti željezničkog sustava. Ovaj TSI obuhvaća sva stabilna postrojenja, za istosmjernu ili izmjeničnu struju, potrebna za napajanje vlaka energijom za vuču, s obzirom na osnovne zahtjeve.

U skladu s člankom 4. stavkom 1. Direktive 2008/57/EZ, željeznički sustav, njegovi podsustavi i njihovi interoperabilni sastavni dijelovi moraju ispunjavati osnovne zahtjeve utvrđene u općim uvjetima u Prilogu III. Direktivi.

Željeznički sustav na koji se odnosi Direktiva 2008/57/EZ, i čiji je dio ovaj podsustav, predstavlja integrirani sustav čija je sukladnost podložna provjeri. Ta se sukladnost posebno provjerava u odnosu na specifikacije podsustava, njegova sučelja prema sustavu u koji je integriran, kao i u odnosu na operativna pravila i pravila za održavanje.

Na prugama Republike Hrvatske (RH) u primjeni je izmjenični sustav električne vuče 25 kV, 50 Hz, dok se istosmjerni sustav 3 kV zadržao samo u pograničnom kolodvoru Šapjane, gdje se kontaktna mreža napaja iz Republike Slovenije.

Iako je Republika Hrvatska članica EU od 2013. godine, pripreme za usklađenje regulative s EU regulativom započele su znatno ranije.

Temeljni dokument koji između ostaloga regulira i pitanje interoperabilnosti željezničkih podsustava je Zakon o sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava (NN 63/2020) [7].

Može se zaključiti da je jedna od dobrobiti pristupanja Republike Hrvatske EU, između ostaloga i prenošenje u naš pravni poredak Direktiva i Uredbi, koje reguliraju pitanje željezničkog prijevoza u smislu ispunjenja uvjeta interoperabilnosti, radi uključivanja u željezničku mrežu EU.

### **13. SUMMARY**

The conditions to be met in order to achieve the interoperability of the European Union rail system shall be determined in order to define the optimal level of technical harmonization, enable, facilitate, improve and develop rail transport services within the European Union and with third countries and contribute to the completion of European Union markets.

On existing railways, efforts are being made to focus on achieving full compliance with the ENE TSI after completion of works.

The ElectroEnergetic TSI sets out the requirements necessary to ensure the interoperability of the rail system. This TSI covers all fixed installations, for direct current or alternating current, required to supply the train with traction energy, with regard to the essential requirements.

In accordance with Article 4 (1) of Directive 2008/57 / EC, the railway system, its subsystems and their interoperable constituents must meet the essential requirements set out in the general conditions in Annex III. Directives.

The railway system covered by Directive 2008/57 / EC, of which this subsystem is a part, is an integrated system whose conformity is subject to verification. This compliance shall be checked in particular against the specifications of the subsystem, its interfaces vis-à-vis the system in which it is integrated, as well as with regard to operational and maintenance rules.

On the railways of the Republic of Croatia (RH), an alternating electric traction system of 25 kV, 50 Hz is in use, while the 3 kV DC system remained only at the Šapjana border station, where the catenary is supplied from the Republic of Slovenia.

Although the Republic of Croatia has been a member of the EU since 2013, preparations for the harmonization of regulations with EU regulations began much earlier

It can be concluded that one of the benefits of Croatia's accession to the EU is, among other things, the transposition into our legal order of Directives and Regulations, which regulate the issue of rail transport in terms of meeting interoperability requirements, to join the EU rail network.

## 14. ŽIVOTOPIS

<b>Osobni podaci</b>	Neven Ivošević Datum rođenja: 31.01.1981., Ogulin Adresa: Otok Oštarijski, Otok Oštarski 39, 47300 Ogulin mob: 099/311-60-03 e-mail: neven.ivosevic@gmail.com
<b>Obrazovanje</b>	2016. (2020.) Upis u Imenik inženjera gradilišta Hrvatske komore inženjera elektrotehnike, Zagreb 2016. Upis u Imenik ovlaštenih inženjera elektrotehnike Hrvatske komore inženjera elektrotehnike, Zagreb 2010. Stručni ispit za obavljanje poslova prostornog uređenja i graditeljstva (Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva), Zagreb 2007. Položen stručni željeznički ispit (HŽ Infrastruktura d.o.o.), Zagreb 1999. – 2006. Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb Smjer Elektroenergetika – Energetski sustavi 1995. – 1999. Obrtnička i tehnička škola, Ogulin Elektrotehničar
<b>Radno iskustvo</b>	Pružne građevine d.o.o., Zagreb Tehnički direktor poslovnog područja POSIT Lipanj 2013. - Danas  POSIT d.o.o. - Pružne građevine d.o.o., Zagreb Glavni inženjer za kontaktnu mrežu Svibanj 2006. - Lipanj 2013.
<b>Vještine</b>	NEPLAN, AutoCad, Windows okruženje, vrlo dobro upravljanje uredskim protokolom (procesorom teksta, tablica, prezentacija, Internet, pošta)
<b>Strani jezici</b>	Engleski (aktivno u govoru i pismu), B2
<b>Vozačka dozvola</b>	B kategorija

## 15. BIOGRAPHY

<b>Personal data</b>	Neven Ivošević Date of birth: 31.01.1981., Ogulin Adress: Otok Oštarijski, Otok Oštarski 39, 47300 Ogulin mob: 099/311-60-03 e-mail: neven.ivošević@gmail.com
<b>Education</b>	2016. (2020.) Registration in the Directory of Construction Engineers of the Croatian Chamber of Electrical Engineers, Zagreb 2016. Registration in the Directory of Certified Electrical Engineers of the Croatian Chamber of Electrical Engineers, Zagreb 2010. Professional exam for performing spatially planning and construction work (Ministry of Environmental Protection, Physical Planning and Construction), Zagreb 2007. Professional railway exam (Croatian Railways), Zagreb 1999. – 2006. Faculty of Electrical Engineering and Computing, Zagreb Degree: Master's Degree in Electrical Engineering 1995. – 1999. Craft and technical school, Ogulin Electrician
<b>Work experience</b>	Pružne građevine d.o.o., Zagreb Technical director of the POSIT sector Lipanj 2013. - Danas  POSIT d.o.o. - Pružne građevine d.o.o., Zagreb Head engineer for the catenary Svibanj 2006. - Lipanj 2013.
<b>Skills</b>	NEPLAN, AutoCad, Windows interface, very good office protocol management (word processor, spreadsheet, presentation, Internet, mail)
<b>Languages</b>	English (active in speech and writing), B2
<b>Driver license</b>	Category B

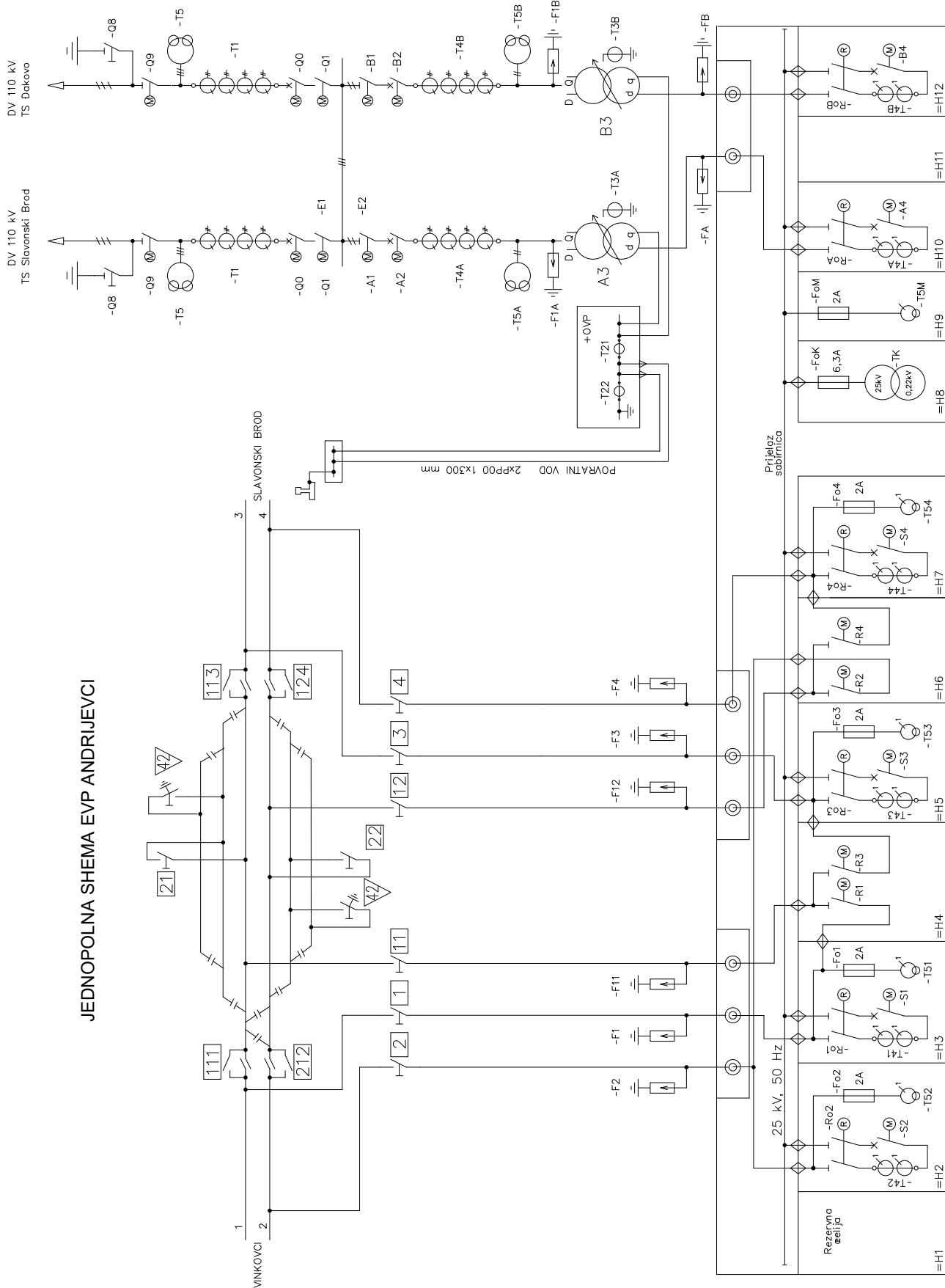
## TEHNIČKI PODACI ZA IZVEDBE KONTAKTNE MREŽE

PODACI	KM 25R160	KM 25R120
<b>Opći podaci</b>		
Nazivni napon / frekvencija	25 kV / 50 Hz	25 kV / 50 Hz
Najveća brzina vožnje na glavnim kolosijecima sa Y užetom	160 km/h	-
Najveća brzina vožnje na glavnim kolosijecima bez Y užeta	120 km/h	120 km/h
Najveća brzina vožnje na sporednim kolosijecima	80 km/h	80 km/h
Oduzimač struje (pantograf)	1600 mm - prema UIC 608	1600 mm - prema UIC 608
Statička sila oduzimača min / max	60 N / 90 N	60 N / 90 N
Dinamička sila oduzimača min / max	40 N / 200 N	40 N / 200 N (70)?
Trajno dopušteno strujno opterećenje voznog voda, istrošenog 20%, kod 70 °C	560 A	1250 A
<b>Tehnički podaci voznog voda</b>		
<u>Kontaktни vodič (KV):</u>		
Tip	Ri 100, CuAg0,1 AC100	Ri 100, CuAg0,1 AC100
Presjek	100 mm <sup>2</sup>	2 x 100 mm <sup>2</sup>
Sila zatezanja kontaktnog vodiča	10 kN	7,5 kN
Zatezanje kontaktnog vodiča	Automatsko	Automatsko, zajedničko
<u>Nosivo uže (NU):</u>		
Materijal / Presjek	Bronca BZ II 70 / 65 mm <sup>2</sup>	Bronca BZ II 120, 120 mm <sup>2</sup> – otvorena pruga i glavni prolazni kolosijeci, Bronca BZ II 70, 65 mm <sup>2</sup> - ostali kolosijeci
Sila zatezanja nosivog užeta	10 kN	10 kN
Zatezanje nosivog užeta	Automatsko	Automatsko
Način zatezanja KV / NU	Zajedničko ili odvojeno	Odvojeno
Prijenosni omjer uređaja za automatsko zatezanje	1 : 4	1 : 4
<u>Y uže:</u>		
Materijal / Presjek	Uže Cu / 16 mm <sup>2</sup>	-
Sila zatezanja Y užeta	1,0 - 1,7 kN	
Duljina Y užeta	12,5 m	
<u>Vješaljke:</u>		
Izvedba	Dvodjelna i jednodjelna	Dvodjelna i jednodjelna
Materijal / presjek	Cu-ETP, 20 mm <sup>2</sup> , Ø 5 mm, Prokrom uže, Ø 3 mm,	Cu-ETP, 20 mm <sup>2</sup> , Ø 5 mm Prokrom uže, Ø 3 mm
<u>Obilazni / napojni vod :</u>		
Materijal / Presjek	Cu-ETP, 150 mm <sup>2</sup> , uže	Cu-ETP, 150 mm <sup>2</sup> , uže Cu-ETP, 95 ili 2x95 mm <sup>2</sup> , uže
<u>Ostali podaci:</u>		
Najveća duljina polovice zateznog polja	750 m 800 m	800 m
Duljina raspona najveća / najmanja	65 / 30 m	60/16,5 m
Normalna visina voznog voda (KV -	5,5 m	5,5 m

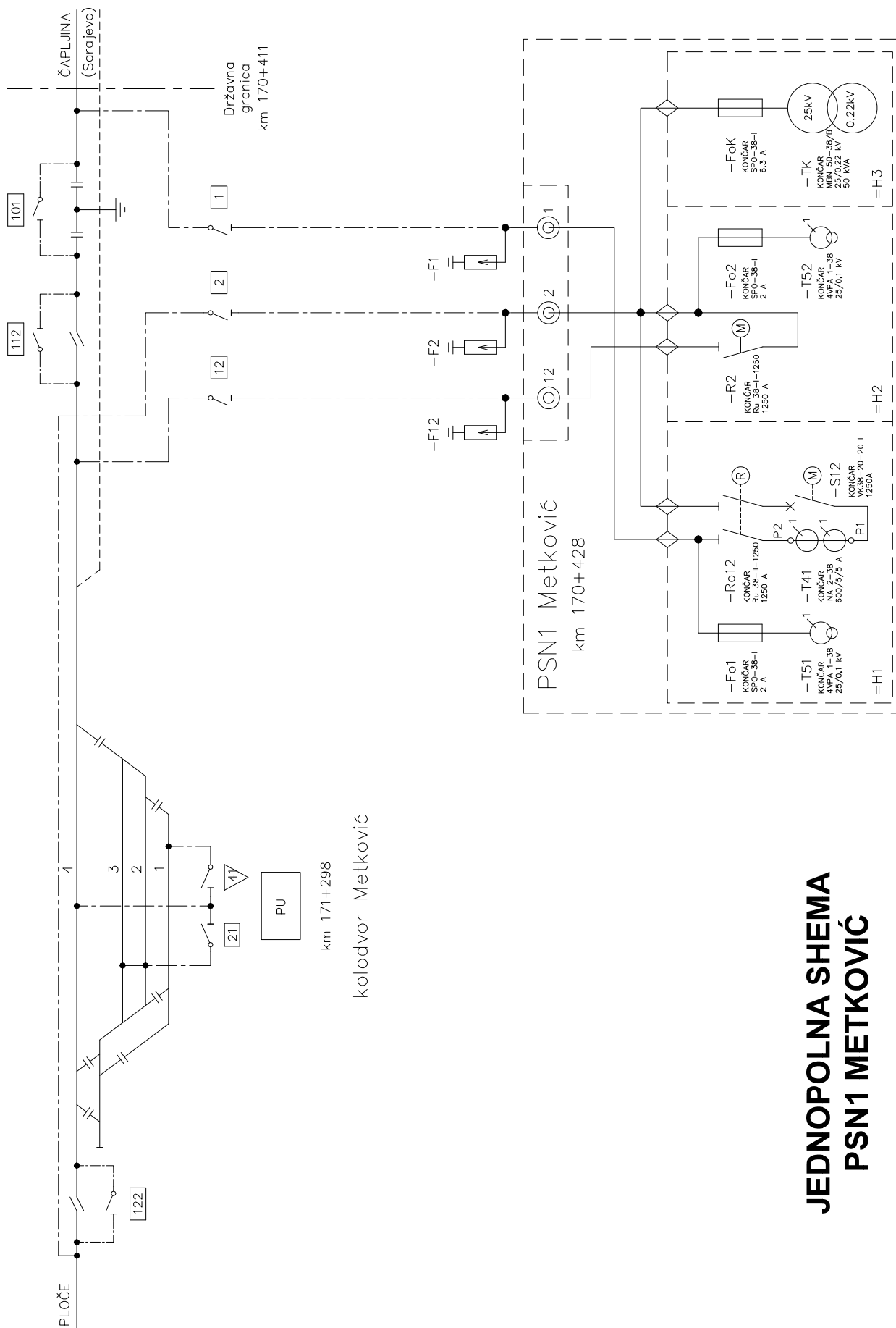
<b>PODACI</b>	<b>KM 25R160</b>	<b>KM 25R120</b>
GRT)		
Minimalna visina voznog voda	5,02 m	5,02 m
Normalna sistemska visina (SV)	1,4 m	1,4 m
Smanjene sistemske visine	1,2 - 1,0 - 0,8 m	1,2 - 1,0 - 0,8 m
Normalna poligonacija	± 0,2 m	± 0,2 m
Duljina najkraće vješaljke	0,2 m	0,2 m
Razmak kontaktnih vodiča u preklopima:		
- izolirani preklop i neutralna sekcija	0,4 m	0,4 m
- neizolirani preklop	0,2 m	0,2 m
<u>Konzole:</u>		
Materijal osnovnih dijelova	Čelične, vruće cinčane cijevi	Čelične, vruće cinčane cijevi
Materijal spojnih dijelova	Aluminijska bronca	Aluminijska bronca
Materijal pričvrstne opreme konzola	Temper lijev, kovani čelik	Temper lijev, kovani čelik
<u>Izolatori:</u>		
Materijal izolatora	Porculanski ili kompozitni	Porculanski ili kompozitni



# JEDNOPOLNA SHEMA EVP 110/25 kV ANDRIJEVCI

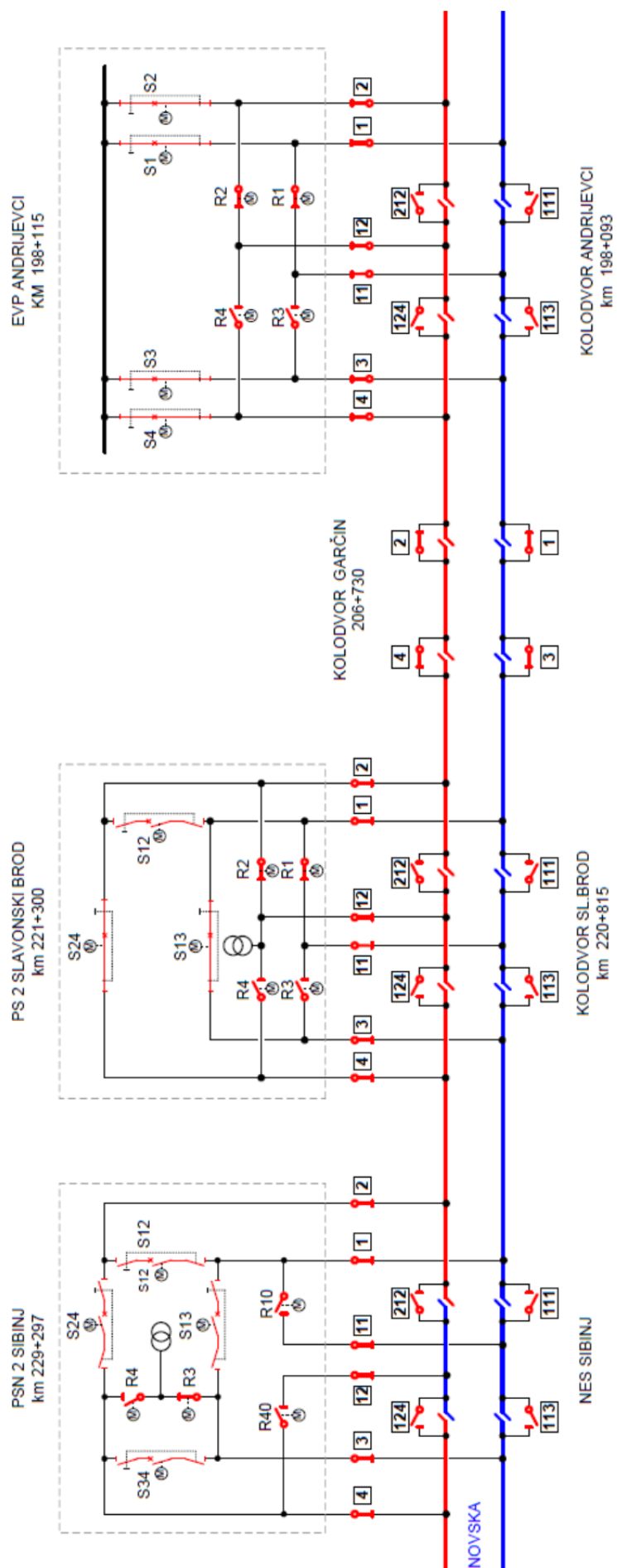


# JEDNOLINIJNA ŠHEMA PSN1 METKOVIĆ

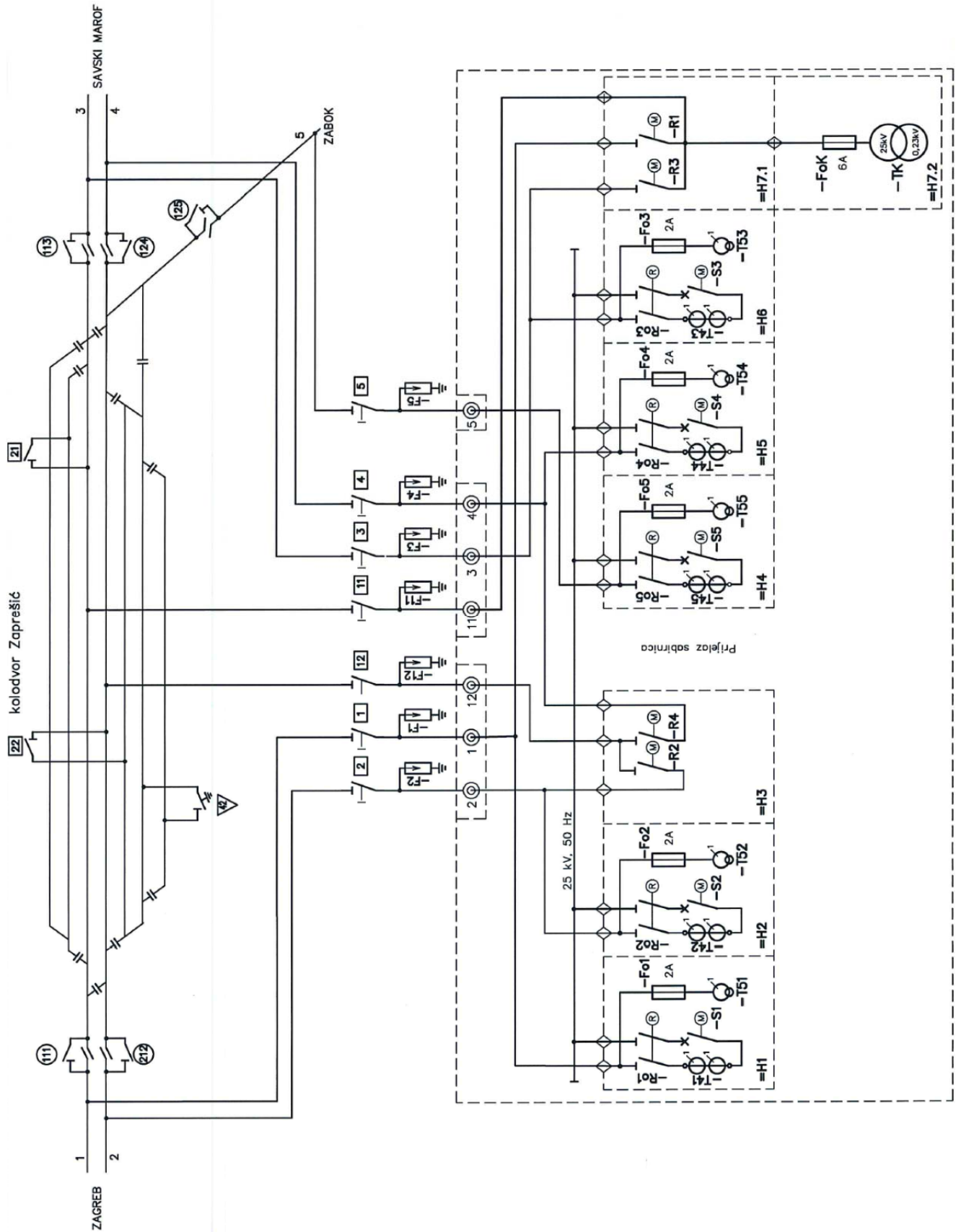


# JEDNOLINIJNA ŠHEMA PSN1 METKOVIĆ

### Napojni krak EVP Andrijevci – PSN2 Sibinj



### Jednopolna shema PS2+1BV Zapešić





## EZ CERTIFIKAT O PROVJERI

**Broj certifikata 2837/6/SG/2020/ENE/ENHR/27/20/124**

U skladu s Direktivom 2008/57/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 17. lipnja 2008. o interoperabilnosti željezničkog sustava unutar Zajednice (Službeni list Europske unije L 191/1 od 18. Srpnja 2008., prelnaka)

**Podsustav koji se ocjenjuje (opseg certifikata):**

Strukturni podsustav „energetski“.

U sklopu projekta: „Razvoj multimodalne platforme u luci Rijeka i povezivanje s kontejnerskim terminalom Jadranska vrata - Rekonstrukcija željezničkog kolodvora Rijeka Brajdica i kontejnerskog terminala Brajdica “.

**Prijavitelj:**

Kolektor Koling d.o.o. Arkova 43, Idrija, 5280 Idrija

i

Kolektor Koling d.o.o. Glavna podružnica Petrinja, Voćarska 11, Petrinja (Grad Petrinja)

**Zahtjevi za ocjenu:**

Postupak EZ provjere proveden je u skladu s: Uredbom Komisije (EU) br. 1301/2014 od 18. studenoga 2014. o tehničkim specifikacijama interoperabilnosti „energetskog“ podsustava željezničkog sustava u Europskoj uniji (Službeni list Europske unije L 356/179 od 12. prosinca 2014.)

**Primijenjeni modul:**

SG modul uspostavljen Odlukom Komisije br. 2010/713/EU od 9. studenoga 2010. o modulima za postupke ocjene sukladnosti, prikladnosti za uporabu i EZ provjere podsustava koji se koriste u tehničkim specifikacijama za interoperabilnost donesenima na temelju Direktive 2008/57/EZ Europskog parlamenta i Vijeća (Službeni list Europske unije L 319/1 od 4. prosinca 2010.)

**Rezultat ocjene:**

Predmetni podsustav ispunjava zahtjeve zadane u gore navedenim dokumentima, uzimajući u obzir ograničenja navedena u točki 3. EZ Tehničkog dokumenta br. ENE/ENHR/27/20/01.

Podsustav je ocijenjen u fazama projektiranja, izgradnje i završnog ispitivanja. Detaljni rezultati ocjene predstavljeni su u priloženom Tehničkom dokumentu koji je sastavni dio ove EZ potvrde o provjeri podsustava. Sukladnost s osnovnim zahtjevima dokazana je ocjenom sukladnosti s tehničkim zahtjevima gore spomenutih Tehničkih specifikacija interoperabilnosti (TSI).

**Ograničenja / Isključenja / Uvjeti uporabe:**

Ograničenja su navedena u točki 3. EZ Tehničkog dokumenta br. ENE/ENHR/27/20/01.

**EZ Tehnički dokument:**

EZ Tehnički dokument za EZ potvrdu o provjeri u sklopu projekta: „Razvoj multimodalne platforme u luci Rijeka i povezivanje s kontejnerskim terminalom Jadranska vrata - Rekonstrukcija željezničkog kolodvora Rijeka Brajdica i kontejnerskog terminala Brajdica “, u skladu s Uredbom Komisije (EU) br. 1301/2014 od 18. studenoga 2014. o tehničkim specifikacijama interoperabilnosti „energetskog“ podsustava željezničkog sustava u Europskoj uniji, br. ENE/ENHR/27/20/01.

Datum izdavanja: 30-10-2020

Datum isteka: Neodređeno

Ime i prezime: dr inz. Andrzej Maciejewski  
Pozicija: Chairman of the board

INFRACERT TSI sp. z o.o. – Notified Body NB 2738  
Jagiellońska 32/3, 03-719 Warsaw

**Kontrolna lista broj 3\_5- za elektroenergetski podsustav za fazu projektiranja i provjere tijekom izgradnje TSI 1301/2014 s izmjenama iz 2018/868 i 2019/776 i ispravcima SL L 13 od 20.1.2015 i SL L 127 od 16.5.2019, te Uredbi Komisije (EU) br. 1303/2014 s izmjenama broj 2016/912 i 2019/776**

Br.	Zahtjevi	Pravni temelj zahtjeva	Naziv zahtjeva	Sukladnost sa zahtjevom (da / ne / nije primjenjiv)	Dokaz o usklađenosti	Ime ocjenjivača	Napomene/komentari
4.2.6. Regenerativno kočenje							
6.	4.2.6.1	UREDBA (EU) Broj 1301/2014 od 18.11.2014.	Regenerativno kočenje Izmjenični sustavi za napajanje električnom energijom projektiraju se na način kojim se omogućava upotreba regenerativnog kočenja kao radne kočnice te neometano izmjenjivanje struje s drugim vlakovima ili na neki drugi način. 6.2.4.2 "Ocjenjivanje regenerativnog kočenja" je određeno: 1. Ocjenjivanje sukladnosti stabilnih postrojenja za izmjenično napajanje dokazuje se u skladu s odredbom 15.7.2. norme EN 50388:2012.	da	Dokument 1.1., Elabarat udešenja, točka 4.8.; Dokument 1.4., točka 7.; Dokument 1.5., stranica 37, točka 3.4.7. i Dokument 1.10., poglavlja 4., 6., 7. i 9.	Milivoj Mandić	U sklopu ovog projekta nema izgradnje novih niti rekonstrukcije postojećih elektroenergetskih postrojenja (EVP), međutim postrojenja EVP Sušak I i EVP Matulji omogućavaju regenerativno kočenje, odnosno razmjenu energije između vlakova, te povrat energije u javnu mrežu (HOPS). Dokumenti 1.1., 1.4. i 1.10. potvrđuju da su ispunjeni tehnički uvjeti za primjenu regenerativnog kočenja za EVP na prugama HŽI.
7.	4.2.6.2	UREDBA (EU) Broj 1301/2014 od 18.11.2014	Istosmjerni sustavi za napajanje električnom energijom projektiraju se na način kojim se omogućava upotreba regenerativnog kočenja najmanje izmjenom snage s ostalim vlakovima.	nije primjenjiv	-	Milivoj Mandić	Podsustav koji se ocjenjuje napaja se izmjeničnom strujom (25 kV, 50 Hz).
4.2.7. Mehanizmi koordinacije električne zaštite							
8.	4.2.7	UREDBA (EU) Broj 1301/2014 od 18.11.2014.	Mehanizmi koordinacije električne zaštite Projektiranje mehanizma koordinacije električne zaštite energetskog podsustava u skladu je sa zahtjevima detaljno propisanim u odredbi 11. norme EN 50388:2012. 6.2.4.3 Ocjenjivanje mehanizama koordinacije električne zaštite Ocjenjivanje se dokazuje za projektiranje i rad podstanica u skladu s odredbom 15.6. norme EN 50388:2012.	da	Dokument 1.1., Knjiga E-2.1, EVP-202, točka 1.; Elabarat udešenja, točka 2.1., str. 11/25, 2.4 i EVP_Sušak-Funkcionalno ispitivanje zaštite.pdf i Dokument 1.2., Knjiga E-2.1, EVP-202, točka 1.; Elabarat udešenja, točka 2.1., 2.4 i EVP_Matulji-Funkcionalno ispitivanje zaštite.pdf	Milivoj Mandić	Prema zahtjevima iz odredbe 11 norme EN 50388:2012 (HRN EN 50388:2013) koje se odnose na EVP: Prema Dokumentu 1.1. i Dokumentu 1.2. <u>Maksimalna struja kvara na sabirnicama 25 kV.</u> Za EVP Sušak: Ik = 6,6 kA f 15 kA bez paralelnog rada, Za EVP Matulji: Ik = 5,096 kA f 15 kA bez paralelnog rada, Prema Elaboratu udešenja: <u>Isključenje prekidača:</u> Trenutno djelovanje distantne zaštite u 1. zoni, a 200 ms u 2. i 3. Zoni. Neusmjerena/usmjerena nadstrujna zaštita 400 ms.

Tehnički dokument br. ENE/HR/xy/2020/01 za „EZ” potvrdu o provjeri elektroenergetskog podsustava na projektu „Razvoj multimodalne platforme u luci Rijeka i povezivanje s kontejnerskim terminalom Jadranska vrata- "projekt Brajdica"

## 6.2.5 Ocjena zahtjeva 4.2.7 TSI-ja za EEP „Mehanizmi koordinacije električne zaštite”

### 6.2.5.1 Zahtjev

Zahtjev 4.2.7. TSI-ja za EEP:

*Projektiranje mehanizma koordinacije električne zaštite energetskog podsustava skladišta zahtjeva detaljno propisanim u odredbi 11. norme EN 50388:2012.*

*UT SI-juza EEP, točka 6.2.4.3. "Ocjena i vanjski mehanizmi koordinacije električne zaštite" je određeno: Ocjena i vanjski mehanizmi koordinacije električne zaštite je određena odredbom 15.6. norme EN 50388:2012.*

### 6.2.5.2 Provjera usklađenosti sa zahtjevom

Uvažavajući zahtjeve iz odredbe 11 norme EN 50388:2012 (HRN EN 50388:2013) koji se odnose na elektrovučne podstanice (EVP), te pregledom priloženih dokumenata utvrđeno je sljedeće:

Prema Dokumentu 1.1. i Dokumentu 1.2. maksimalna struja kvara na sabirnicama 25 kV iznosi:

Za EVP Sušak:  $I_k = 6,6 \text{ kA} \leq 15 \text{ kA}$  bez paralelnog rada,

Za EVP Matulji:  $I_k = 5,096 \text{ kA} \leq 15 \text{ kA}$  bez paralelnog rada,

Prema Elaboratu udešenja isključenje prekidača iznose:

Trenutno djelovanje distantne zaštite u 1. zoni, a 200 ms u 2. i 3. Zoni.

Neusmjerena/usmjerena nadstrujna zaštita 400 ms.

Automatski ponovni uklop (APU):

Izravni APU nakon 6 s  $\leq$  5 s.

Time su svi zahtjevi ispunjeni.

Funkcionalna ispitivanja EVP Sušak i EVP Matulji provedena su ranije, prije puštanja istih u pogon, a zapisnici o tome potvrđuju ispravnost instalacije u skladu s odredbom 15.6. norme EN 50388:2012 (HRN EN 50388:2013)

(Dokument 1.1., Knjiga E-2.1, EVP-202, točka 1.; Elaborat udešenja, točka 2.1., str. 11/25, 2.4 i EVP\_Sušak-Funkcionalno ispitivanje zaštite.pdf i

Dokument 1.2., Knjiga E-2.1, EVP-202, točka 1.; Elaborat udešenja, točka 2.1., 2.4 i EVP\_Matulji-Funkcionalno ispitivanje zaštite.pdf)

### 6.2.5.3 Rezultat provjere

Zahtjev 4.2.7. TSI-ja za EEP je ispunjen.

## Izvešće o terenskom pregledu EE podsustava

R.br	Zahjev	Pravni temelj zahjeva	Aktivnosti tijekom terenskog pregleda	Predmet provjere (da/ne)	Dokazi o usklađenosti	U skladu sa zahtjevom (da /ne /nije)	Napomene/komentari
			<p>Obuhvaćene aktivnosti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mjerenje geometrije kontaktne mreže s obzirom na operativnu brzinu 40 km/h</li> </ul>				<p>mjerenje dinamičkog ponašanja nije obvezno, kao što je slučaj u ovom projektu. U tom slučaju se pri ocjenjivanju koristi metoda mjerenja geometrije kontaktne mreže u skladu s točkom 4.2.9.</p>
4	4.2.18	UREDBA (EU) Broj 1301/2014 od 18.11.2014.	<p><u>Zaštitne mjere od strujnog udara</u></p> <p>Ovaj zahtjev se odnosi na električnu sigurnost sustava kontaktne mreže i zaštita od strujnog udara.</p> <p>Obuhvaćene aktivnosti:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. mjerenje sigurnosnih razmaka radi sprečavanja pristupa vodljivim dijelovima kontaktne mreže</li> <li>2. provjera postoje li zapreke koje sprečavaju pristup vodljivim dijelovima sustava na mjestima na kojima se ne može održavati sigurnosni razmak.</li> <li>3. provjera materijala od kojeg su izrađeni gore navedeni štitovi</li> <li>4. mjerenje promjera mrežice u zaštitnim mrežama (u slučaju njihove primjene)</li> <li>5. provjera ispravnosti spojeva povratnog voda (PV)</li> <li>6. provjera prisutnosti pojedinačnih ili grupnih veza, ako ih ima</li> <li>7. provjera pratećih objekata (vodljive ograde, pregrade, paravani, skloništa itd.)</li> </ol>	da	<p>Prilog 5 Prilog 6 Prilog 7 Prilog 8 Prilog 9 Prilog 10 Prilog 11 Prilog 12 Prilog 13 Prilog 14 Prilog 15</p>	da	<p><b>1. Mjerenje sigurnosnih razmaka</b> <u>Za signale:</u> Prilog 7: RB-Izveštaj o sigurnosnim razmacima signala.pdf <u>Za stupove KM 4/1 i 5:</u> Prilog 10: RB-KM_stupovi-Izveštaj o postavljenoj zaštitnoj ogradi.pdf</p> <p><b>2. Zapreke, ograde</b> <u>Za signale:</u> Postavljene su zaštitne zapreke (košare) na signale SS C2, C4, C6 i D1-8. <u>Fotografije- Prilog 15:</u> RB-SS-zastita-2020-08.jpg, RB-KM-SS-zastita C2.jpg, RB-KM-SS-zastita C4.jpg, RB-KM-SS-zastita C6.jpg i RB-KM-SS-zastita D1-8.jpg <u>Stupovi KM 4/1 i 5:</u> Prilog 10: RB-KM_stupovi-Izveštaj o postavljenoj zaštitnoj ogradi.pdf <u>Fotografije- Prilog 15:</u> RB-Zastita stupova KM1-stup_4-1.jpg, do RB-Zastita stupova KM6-stup_4-1.jpg (6 kom) i RB-Zastita stupova KM1-stup_5.jpg do RB-Zastita stupova KM5-stup_5.jpg (5 kom)</p> <p><b>3. Provjera materijala</b></p>

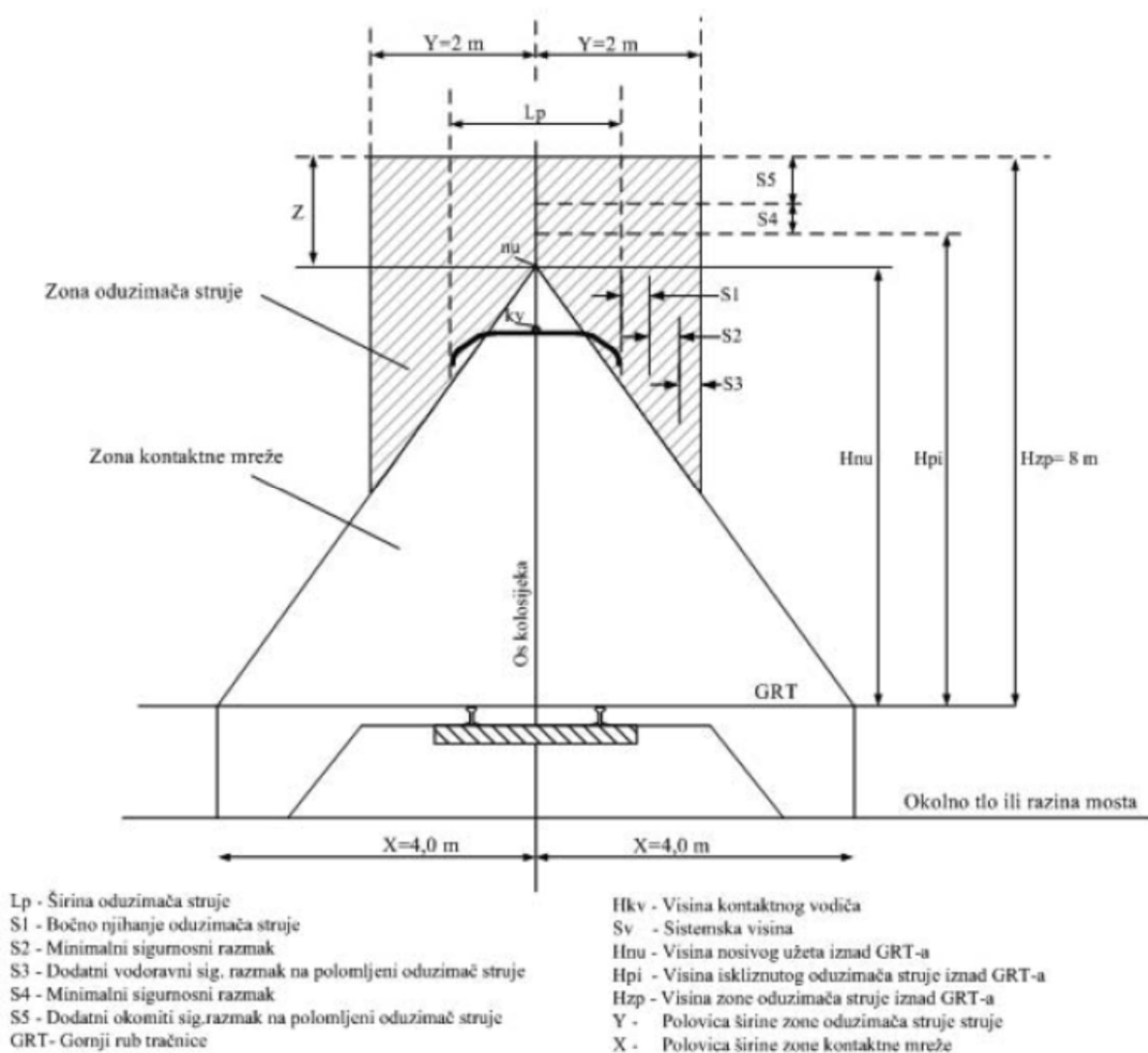


## PRILOG 3

(prema članku 69.)

## ZONA KONTAKTNE MREŽE I ZONA ODUZIMAČA STRUJE

(Prema HRN EN 50122-1)



$$\begin{aligned}
 H_{nu} &= H_{kv} + S_v = 5,5 + 1,4 = 6,9 \text{ m} \\
 H_{zp} &= H_{pi} + S_4 + S_5 \\
 Z &= H_{zp} - H_{nu} \\
 Y &= L_p / 2 + S_1 + S_2 + S_3
 \end{aligned}$$