

Marinko Tuškanec, univ. spec. el.

ČIMBENICI MOGUĆNOSTI ODRŽAVANJA SIGNALNO-SIGURNOSNIH UREĐAJA

1. Uvod

Signalno-sigurnosni (SS) uređaj dio je prometno-upravljačkoga i signalno-sigurnosnoga željezničkog infrastrukturnog podsustava koji signalizira i osigurava vožnje željezničkih vozila i manevarski rad. SS-uređaji dijele se na uređaje za:

- osiguranje službenih mjesta (kolodvorski uređaji)
- osiguranje prometa u međukolodvorskom području (pružni uređaji)
- osiguranje željezničko-cestovnih prijelaza (ŽCP) i pješačkih prijelaza (PP)
- središnje upravljanje prometom (telekomanda)
- upravljanje manevarskim radom
- prijenos podataka i djelovanje na vlak (AS i ETCS)
- automatizaciju ranžirnih kolodvora
- dopunsku zaštitu.

Vrijednost SS-uređaja u željezničkome prometu očituje se nizom sigurnosnih i tehnoloških prednosti. Osnovne sigurnosne značajke SS-uređaja jesu:

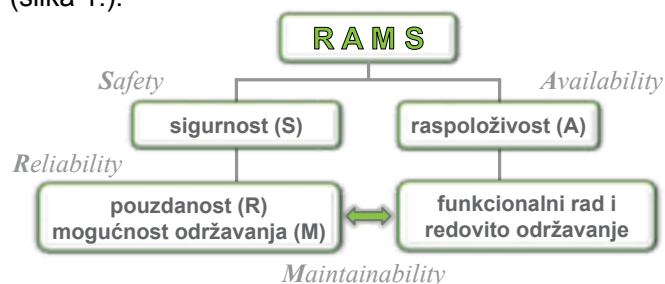
- većina uređaja izvedena je tzv. *fail-safe* projektiranjem kojim se uređaj u slučaju kvara automatski dovodi u stupanj više sigurnosti
- sprječavaju nastanak izvanrednih događaja u slučaju eventualnih propusta izvršnih radnika i poboljšavaju radne uvjete, ponajprije prometnika vlakova i strojovođa
- zaštićuju vožnju vlakova
- povećavaju razinu sigurnosti na ŽCP-ima i PP-ima
- povećavaju razinu pouzdanosti sustava smanjenjem udjela ljudskog čimbenika.

U pogledu tehnoloških vrijednosti suvremenim SS-uređajima moguće je:

- povećati propusnu moć pruga
- povećati tehničku i komercijalnu brzinu vlakova
- povećati razinu interoperabilnosti
- smanjiti troškove održavanja
- smanjiti broj potrebnih radnika.

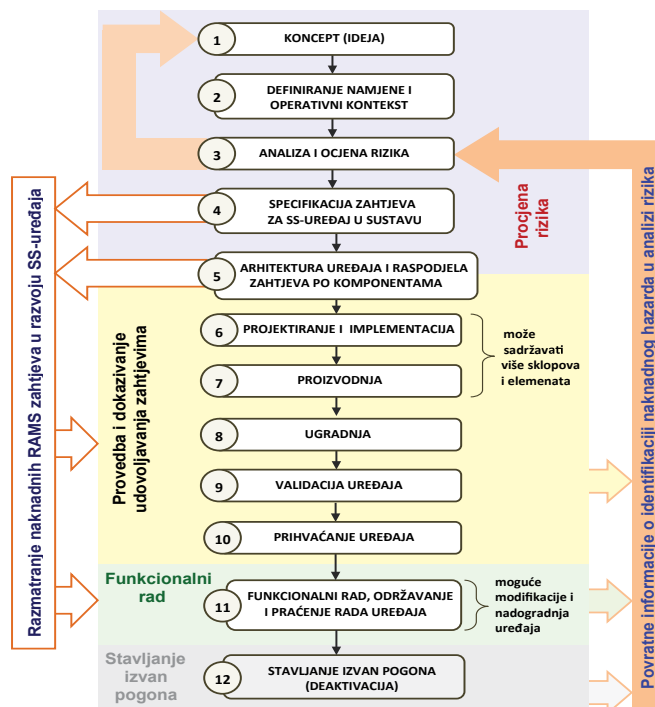
2. Glavne karakteristike kvalitete SS-uređaja (RAMS)

Tradicionalno se u željezničkoj stručnoj literaturi iz područja SS-tehnike pouzdanost i sigurnost percipiraju kao dvije međusobno povezane komponente. Kada se pouzdanost i sigurnost uređaja, uz mogućnosti njihova održavanja, razmatraju u funkciji raspoloživosti željezničkog sustava, tada se govori o RAMS-u (engl. *Reliability, Availability, Maintainability and Safety*), odnosno o procesu upravljanja tim komponentama. Prva europska norma u tome kontekstu, HRN EN 50126, kao glavne karakteristike kvalitete željezničkog sustava navodi pouzdanost, raspoloživost, mogućnost održavanja i sigurnost, odnosno RAMS-komponente (slika 1.).



Slika 1. Međuovisnost RAMS-komponenti

Upravljački proces RAMS primjenjuje se pri ugradnji novih i modifikaciji postojećih uređaja. Normom HRN EN 50126 utvrđeni su zahtjevi, generički postupak i metode kojima se dokazuje da uređaj udovoljava zahtjevima. RAMS-zahtjevi odnose se na slijedne faze u životnome ciklusu uređaja (slika 2.). Iako se RAMS-



Slika 2. RAMS u životnome ciklusu SS-uređaja

proces retroaktivno ne može u cijelosti primijeniti na postojeće uređaje, i za njih vrijedi povezanost RAMS-komponentata.

2.1. Sigurnost SS-uređaja

Sigurnost tehničkih sustava definira se kao neprisutnost neprihvatljivih rizika. Funkcionalna je sigurnost dio cjelokupne sigurnosti koja je zadovoljena ako se svaka specificirana sigurnosna funkcija izvodi ispravno i na zadovoljavajući način te doprinosi smanjenju rizika¹.

Osim *fail-safe* izvedbom, sigurnost SS-uređaja postiže se izborom komponenti visokog stupnja pouzdanosti i sigurnosti rada uz primjenu zalihosti te projektantskim predviđanjima mogućih stanja u slučaju neispravnog rada neke od komponenti uređaja, kao i pronalaskom odgovarajućih rješenja. U skladu s tehničkim i tehnološkim razvojem uređaja različitih generacija pojavljuju se sve sofisticiraniji, ali i složeniji postupci dokazivanja sigurnosti.

U svrhu dokazivanja sigurnosti relejnih uređaja provodi se sigurnosna analiza. To je postupak kojim se na temelju unaprijed definiranog popisa mogućih kvarova komponenti uređaja u svim radnim stanjima utvrđuju posljedice dopuštenih kvarnih stanja odnosno otpornost na pojavu stanja opasnog za sigurnost prometa. Ako pri simulaciji određenog kvara ne dolazi do pojave koja potencijalno ugrožava sigurnost jer uređaj postaje sigurniji, to je dokaz o tome da su zadovoljeni sigurnosni zahtjevi. Sigurnosnu analizu provodi proizvođač, a ovjerava sigurnosni ocjenitelj odnosno inspeksijsko tijelo.

Da bi se dokazala sigurnost elektroničkog uređaja, certificiranje provodi inspeksijsko tijelo akreditirano po normi HRN EN ISO/IEC 17020 ili sigurnosni ocjenitelj, odnosno fizička osoba koju za to ovlašćuje inspeksijsko tijelo. Izvješćem o sigurnosti dokazuje se ispunjenje zahtjeva za rad uređaja ili njegovih dijelova prema unaprijed definiranome stupnju sigurnosne razine SIL koji određuju analiza rizika i prihvatljiva učestalost pojavljivanja hazarda THR. Za procjenu sigurnosti u fazama projektiranja, izrade, puštanja u pogon, rada i održavanja novih uređaja te za izmjenu ili proširenje postojećih sustava primjenjuju se brojne norme. Procjena sigurnosti uređaja može se odnositi na njegovu opću primjenu u sustavu, specifičnu primjenu u određenome službenom mjestu ili na pružnoj dionici i na primjenu pojedinog dijela. Norme vezane uz funkcionalnu sigurnost SS-sustava jesu HRN EN 50128 za softver i HRN EN 50129 za hardver.

¹ Kroz norme su u područje sigurnosti željezničkog prometa uvedeni pojmovi „rizik“ i „hazard“. Hazard je izvor potencijalne opasnosti, a rizik je procjena vjerojatnosti nastanka i posljedica opasnog stanja odnosno nesreće ako se ona stvarno i dogodi.

2.2. Pouzdanost SS-uređaja

S aspekta željezničkih infrastrukturnih podsustava, pouzdanost je mjerilo kvalitete ugrađenih elemenata i radova izvedenih pri njihovoj ugradnji. Pouzdanost SS-uređaja vjerojatnost je da će uređaj sigurno i pouzdano raditi unutar određenoga razdoblja uz unaprijed definirane radne uvjete. Podrazumijeva se da će uređaj obavljati funkcije pod početnim preduvjetima, bez neispravnosti u određenome periodu. Ti uvjeti ne ukazuju samo na složenost projektiranja, nego i na zahtjevnu zadaću održanja visoke razine pouzdanosti u eksploataciji. Pouzdanost sklopova i elemenata odlučujuća je pri procjeni pouzdanosti uređaja. Viša razina pouzdanosti postiže se udvostručenjem elemenata, ispitivanjem, homologacijom, standardizacijom i kontrolom kvalitete te preventivnim održavanjem.

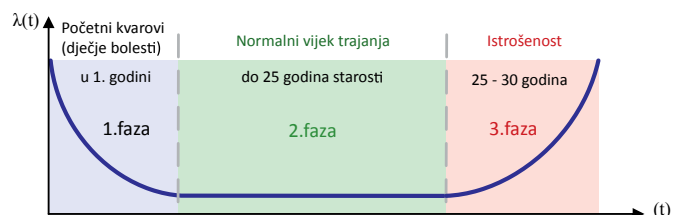
U osnovi se pouzdanost određuje statistički brojem kvarova u jedinici vremena. Najvažniji parametar na kojemu se temelji analiza pouzdanosti jest prosječno vrijeme između kvarova MTBF koje se računa kao omjer vremena rada i broja kvarova:

$$MTBF = \frac{\text{ukupno vrijeme rada}}{\text{broj kvarova}} \text{ [sati]}$$

Povećanjem prosječnog vremena između kvarova povećava se pouzdanost uređaja.

Učestalost kvarova nije uvijek konstantna pa se za opisivanje intenziteta kvarova u nekome trenutku koristi funkcija hazarda. Dijagram kade (slika 3.), poseban oblik funkcije hazarda, tipična je reprezentacija intenziteta kvarova $\lambda(t)$ za vrijeme t životnog vijeka uređaja.

Prva faza obuhvaća početne kvarove koji se tijekom probnog rada nakon neposredne ugradnje pojavljuju učestalo, a nakon kratkog perioda imaju tendenciju smanjivanja. Te su neispravnosti većinom uzrokovane projektnim, proizvodnim i montažnim pogreškama. Druga je faza razdoblje normalnog vijeka trajanja uređaja, tj. funkcionalni rad za koji je projektiran. Kvarovi se ne pojavljuju često i rezultat su slučajnosti. U tom razdoblju bitno je preventivno održavanje. U trećoj fazi pojavljuje se istrošenost sklopova i elemenata pa intenzitet kvarova ima tendenciju porasta. To ukazuje na dotrajalost uređaja i potrebu za njegovom obnovom ili zamjenom. Ako faza istrošenosti traje dulje od predviđene, do izražaja dolazi mogućnost održavanja koja



Slika 3. Funkcija intenziteta kvarova – dijagram kade

ovisi o organizaciji održavanja, materijalnim resursima i stručnim kompetencijama održavatelja. Dugoročno su troškovi održavanja u toj fazi puno veći od zamjene uređaja i važno je da tijela nadležna za strateško planiranje prepoznaju potrebu za ulaganjem u obnovu i modernizaciju.

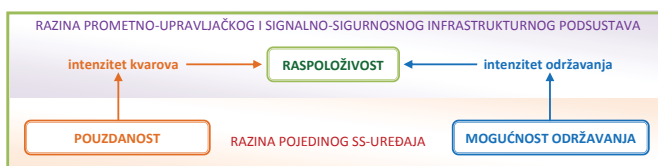
2.3. Raspoloživost SS-uređaja

Prema normi HRN EN 50126, raspoloživost jest sposobnost proizvoda za izvođenje potrebne funkcije pod zadanim uvjetima u određenome trenutku ili intervalu uz osigurane vanjske resurse. Sukladno s tim raspoloživost željezničkog sustava jest sposobnost omogućivanja sigurnog tijeka prometa u funkciji prijevoza putnika i robe u skladu s voznim redom. Raspoloživost SS-uređaja utječe i na učinkovitost željezničkog sustava, a ovisi o pouzdanosti, organizaciji održavanja i sposobnosti za brzo obnavljanje u slučaju pojave neispravnosti koja često povećava udio ljudskog čimbenika u tijeku prometa, pri čemu se umanjuje razina sigurnosti. Pouzdanost i mogućnost održavanja svojevrsne su komponente raspoloživosti, a taj međuodnos prikazan je na slici 4. gdje je vidljivo da postizanje visoke raspoloživosti ovisi o provedbi dvaju zahtjeva vezanih uz pouzdanost i mogućnost održavanja: niskom intenzitetu kvarova i visokom intenzitetu održavanja.

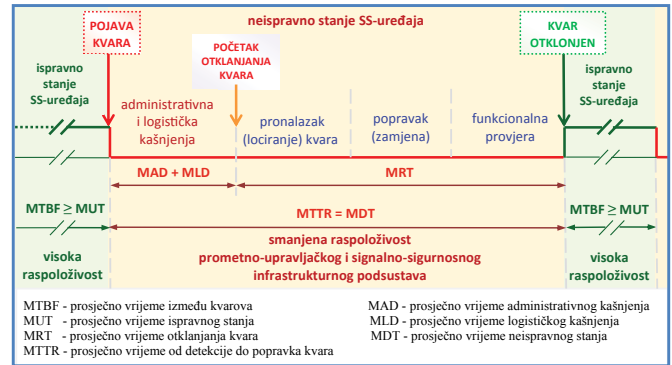
2.4. Mogućnost održavanja SS-uređaja

Mogućnost održavanja jest vjerojatnost toga da postupci u sklopu održavanja uređaja mogu biti obavljeni unutar zadanoga vremenskog intervala. Pokazatelji mogućnosti održavanja usko su povezani s parametrima pouzdanosti i raspoloživosti, a temelje se na vremenskim intervalima kao što su prosječno vrijeme ispravnog stanja uređaja MUT, prosječno vrijeme neispravnog stanja uređaja MDT, prosječno vrijeme od detekcije do popravka kvara MTTR, prosječno vrijeme popravka MRT, prosječno vrijeme administrativnog kašnjenja MAD i prosječno vrijeme logističkog kašnjenja MLD. Na slici 5. prikazan je utjecaj mogućnosti održavanja na raspoloživost.

Raspoloživost prometno-upravljačkog i signalno-sigurnosnog podsustava bit će veća ako je broj kvarova SS-uređaja manji. Bitno je pronaći načine za skraćivanje vremenskih intervala o kojima ovisi trajanje neispravnog stanja. Stoga se moraju uspostaviti učinkoviti



Slika 4. Utjecaj pouzdanosti i mogućnosti održavanja SS-uređaja na raspoloživost



Slika 5. Utjecaj mogućnosti održavanja SS-uređaja na raspoloživost podsustava

sustav praćenja i analize neispravnosti rada uređaja te poduzimati mjere za poboljšanje procesa održavanja.

3. Održavanje SS-uređaja na željezničkoj mreži Republike Hrvatske

3.1. Osnovni elementi procesa održavanja SS-uređaja

Proces održavanja SS-uređaja određen je elementima prikazanim na slici 6.

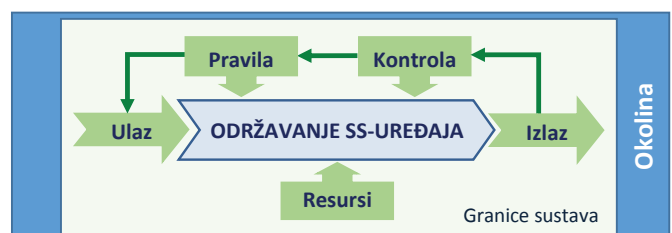
Ulazni elementi jesu zahtjevi, podaci i dokumenti koji određuju što se želi ili mora postići u procesu. Ulaz su i zakonske odredbe koje upravitelja infrastrukture obvezuju na održavanje infrastrukturnih podsustava.

Resursi su neophodni da se zahtjevi na ulazu, kroz aktivnosti, pretvore u planirane rezultate na izlazu iz procesa. To su ljudski potencijali i materijalni resursi.

Pravila obuhvaćaju opće akte, dokumente i postupke koji propisuju što, kako i na koji način treba raditi tijekom procesa.

Kontrole su nadzorne aktivnosti te predstavljaju metode i postupke ugrađene u proces kako bi osigurale ostvarenje ciljeva.

Izlaz iz procesa jesu rezultati koji prikazuju što se postiglo izvedbom procesa. Opisuju što je provedeno i u kojoj mjeri, a moraju biti usklađeni s pravilima i zahtjevima korisnika. Izlazni rezultati moraju imati definiran kriterij prihvatljivosti. Izlaz iz procesa održavanja



Slika 6. Elementi procesa održavanja SS-uređaja

SS-uređaja očituje se u raspoloživosti infrastrukturnog podsustava.

3.2. Ciljevi i strategija održavanja SS-uređaja

Održavanje SS-uređaja podrazumijeva skup aktivnosti, mjera i postupaka koji se poduzimaju radi održanja tehničkih parametara, funkcionalne sigurnosti i pouzdanosti uređaja u skladu s tehničkim uvjetima i projektiranim stanjem. Globalni je cilj procesa održavanja visoka raspoloživost prometno-upravljačkog i signalno-sigurnosnog infrastrukturnog podsustava u funkciji sigurnog tijeka prometa.

Strategija održavanja obuhvaća kombinaciju tehničkih i administrativnih mjera te nadzorne aktivnosti, praćenje i analizu procesa. Svrha je provedbe mjera održati uređaj u onome stanju, ili ga osposobiti za ono stanje u kojemu ispunjava zahtijevanu funkciju. Administrativne mjere odnose se na planiranje i upravljanje materijalnim resursima i ljudskim potencijalima. Tehničke mjere provode se ovisno o karakterističnim aktivnostima procesa održavanja. Razlikuju se četiri vrste održavanja: preventivno, interventno, korektivno i investicijsko. Kategorizacija je prikazana u tablici 1.

U pogledu tijeka i upravljanja prometom ključan je ustroj održavanja prema tehnološkoj namjeni gdje se provode aktivnosti u cilju neprekidnog, sigurnog i besprijekornog funkcioniranja uređaja te sprječavanja nastanka neispravnosti. To se ostvaruje u sklopu tehničkih uvjeta, odgovarajućim održavanjem komponenti uređaja. Tekuće ili redovito održavanje obavljaju radnici pri intervencijama, periodičnim obilascima i radovima

na uređajima, a ono može biti interventno, preventivno i korektivno. Tijekom prometa prioritetno je interventno održavanje.

Interventno održavanje odnosi se na otklanjanje neispravnosti u radu uređaja u što kraćem roku bez ugrožavanja sigurnosti i redovitosti prometa. Preventivno održavanje obuhvaća propisane aktivnosti na uređaju u eksploataciji. To su ispitivanja, mjerenja i kontrolni pregledi na terenu te radovi u servisnim radionicama. Prepoznavanje potencijalnih uzroka neispravnosti i njihovo sprječavanje temeljna je zadaća preventivnog održavanja. Korektivno održavanje podrazumijeva korektivne zahvate koji se izvode zbog odstupanja i nedostataka uočenih pri preventivnom održavanju, radove nakon modifikacije i/ili nadogradnje uređaja i radove koji se izvode po otklanjanju neispravnosti. Investicijsko održavanje čine radovi koji prelaze opseg redovitog održavanja i za koje je potrebna dodatna radna snaga. Prilikom te vrste održavanja obavljaju se popravci ili zamjene dijelova uređaja u većem opsegu. Investicijsko održavanje obavlja se po potrebi, ovisno o stanju uređaja, u skladu s poslovnim planovima. Iz praćenja, nadzornih aktivnosti i analiza procesa održavanja proizlazi ocjena stanja pojedinih uređaja, a u konačnici i cjelokupnoga infrastrukturnog podsustava. Analize moraju davati smjernice za poboljšanje sustava upravljanja održavanjem uređaja.

4. Čimbenici mogućnosti održavanja SS-uređaja u Republici Hrvatskoj

Sa stajališta vlasnika (Vlade RH) i upravitelja infrastrukture (HŽ Infrastrukture), mogućnost održavanja SS-uređaja na željezničkoj mreži određuju brojni čimbenici.

Osnovni unutarnji čimbenici mogućnosti održavanja na koje izravno može utjecati HŽ Infrastruktura (slika 7.) jesu:

- tehnička struktura uređaja s obzirom na vrste, tipove, proizvođače i starost
- tehničko stanje strukturnih podsustava i kompatibilnost
- organizacija održavanja
- pravila u procesu održavanja uređaja
- unutarnji mehanizmi praćenja rada uređaja (kontrola funkcionalnosti i održavanja te statističko praćenje i analiza neispravnosti).

Uspješnim upravljanjem čimbenicima ostvaruje se njihov sinergijski učinak kao jamstvo visoke raspoloživosti uređaja. Osnovni vanjski čimbenici mogućnosti održavanja odnose se na stanje željezničkih vozila prijevoznika, djelovanje korisnika ŽCP-a i trećih osoba te vremenske i elementarne nepogode. Iako vanjski

Tablica 1. Kategorizacija vrsta održavanja SS-uređaja

Prema izvoru financiranja i izvođaču radova	Prema tehnološkoj namjeni	Prema vremenu u odnosu na nastanak neispravnosti
Tekuće (redovito) održavanje: preventivno, interventno i korektivno	1. Otklanjanje neispravnosti (interventno održavanje)	Korektivno održavanje
	2. Pregled, mjerenje, ispitivanje, podmazivanje i čišćenje (preventivno održavanje)	Preventivno održavanje
	3. Zamjena dotrajalih dijelova i sanacija oštećenih dijelova (korektivno održavanje)	
Investicijsko održavanje	4. Planirano održavanje većeg opsega, npr. modifikacija, zamjena uređaja i sl. (investicijsko održavanje)	



Slika 7. Unutarnji čimbenici mogućnosti održavanja SS-uređaja

čimbenici nisu u izravnoj nadležnosti HŽ Infrastrukture, postoje preventivne aktivnosti koje se poduzimaju u cilju smanjenja njihova negativnog utjecaja.

4.1. Tehnička struktura SS-uređaja

Tehnička struktura ugrađenih uređaja na mreži određena vrstama, tipovima i starošću uređaja, sklopova i elemenata utječe na značajke svih čimbenika mogućnosti održavanja. Osnovna je značajka nerazmjer ugrađenog velikog broja tipova sklopova i elemenata različitih generacija uređaja u tehničkom, tehnološkom i starosnom pogledu na relativno maloj željezničkoj mreži Republike Hrvatske. Može se zaključiti da je prometno-upravljački i signalno-sigurnosni podsustav u prethodnome razdoblju razvijan bez jasnih razvojnih smjernica koje su trebale proizići iz nacionalnih programa razvoja željezničke infrastrukture utemeljenih na strategijama kojima se uređuje prometni razvoj Hrvatske. Većina dionica održavanja na svome području održava brojne vrste i tipove uređaja, od mehaničkih do elektroničkih, što je posebno izraženo kod uređaja za osiguranje ŽCP-a. Znakovito je i to da među elektroničkim uređajima, kojima je od 2012. do danas osigurano sedam kolodvora, nalazimo tri različita tipa uređaja. Heterogenost SS-tehnike negativno se odražava na proces održavanja jer:

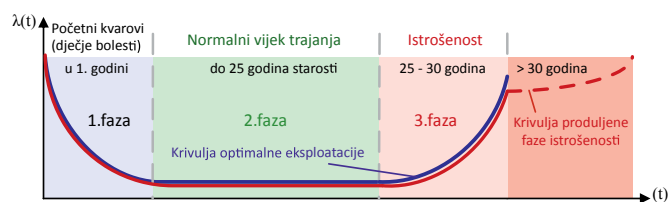
- narušava tehničko i tehnološko jedinstvo prometno-upravljačkoga i signalno-sigurnosnoga infrastrukturnog podsustava koje će u budućnosti otežavati nadogradnju u funkciji interoperabilnosti ili pri uvođenju uređaja za središnje upravljanje prometom i tako povećati investicije
- povećava troškove održavanja zbog višestruke potrebe za materijalnim resursima
- čini složenim proces nabave komponenti uređaja
- izvršni radnici na održavanju moraju istodobno imati znanja i vještine bravara, mehaničara, elektrotehničara i informatičara, što proces stručne izobrazbe čini složenim.

S obzirom na tehničku sposobnost pruga, razina osiguranja kolodvorskih i pružnih uređaja zadovoljava postojeće prometno opterećenje. Međutim, starost kolodvorskih uređaja ukazuje na potrebu zamjene ili obnove. Na slici 8. prikazan je dijagram kade za optimalnu eksploataciju uređaja (plava krivulja) i eksploataciju produljene faze istrošenosti (crvena krivulja) koja opisuje uređaje na hrvatskoj željezničkoj mreži.

Više od 90 posto kolodvorskih uređaja ugrađeno je prije 30 i više godina i pripada skupini uređaja produljene faze istrošenosti. Zbog istrošenosti sklopova i elemenata povećava se broj neispravnosti. Kako bi se smanjio udio interventnog odražavanja i zadržala optimalna razina pouzdanosti i raspoloživosti, potrebno je provoditi dodatne mjere poput povećanja učestalosti periodičnih pregleda, ispitivanja i mjerenja kod preventivnog održavanja, češće zamjene dijelova te pojačanog nadzora i praćenja rada uređaja. Sve to povećava troškove poslovanja.

Dio pružnih uređaja (APB i MO), među kojima s udjelom od 87 posto prevladavaju relejni uređaji APB-a, djelomično je obnovljen 2009. (tip Integra), ali pri obnovi uređaja nisu zamijenjeni dotrajali pružni kabeli, iako se na određenim pružnim dionicama u to vrijeme izvodio pružni remont. Tijekom 2014. i 2015. na pružnoj dionici Moravice – Škrljevo ugrađen je novi relejni uređaj APB-a tipa SbL-5 koji je i najzastupljeniji na cijeloj mreži.

Na željezničkoj mreži nalaze se raznovrsni uređaji za osiguranje ŽCP-a i PP-a u različitim kombinacijama načina rada i kontrole ispravnog djelovanja. Unutar kategorizacije na pasivne (62,43 %) i aktivne (37,57 %) ŽCP-e potrebno je istaknuti nerazmjer razine osiguranja ŽCP-a u odnosu na gustoću prometa. Konkretno, na mreži postoje ŽCP-i osigurani elektroničkim uređajima kojima se ne može prići osobnim automobilom jer ne postoji cesta, a dnevna gustoća prometa preko prijelaza je zanemariva ili ne postoji. U slučaju neispravnosti tih uređaja, posebno u zimskom razdoblju popraćenom snježnim padalinama, izvršnim je radnicima otežan pristup uređajima, zbog čega otklanjanje neispravnosti traje znatno dulje. Pasivni ŽCP-i na kojima je gustoća prometa velika prioritetniji su za podizanje razine osiguranja ugradnjom SS-uređaja. Za kontrolu ispravnog djelovanja uređaja za osiguranje



Slika 8. Dijagram kade za kolodvorske SS-uređaje s produljenom fazom istrošenosti

ŽCP-a, koja može biti provedena daljinskom kontrolom u najbližem zaposjednutom službenom mjestu ili ugradnjom kontrolnih signala, nisu primijenjena jedinstvena rješenja. Na prugama koje nisu osigurane APB-om, ispravan rad ŽCP-a trebao bi se kontrolirati kontrolnim signalima, ponajprije iz sigurnosnih razloga, ali i zbog jednostavnije provedbe. Pruga M604 Oštarije – Knin – Split nije opremljena APB-om, vozno vrijeme i udaljenosti između zaposjednutih službenih mjesta su velike, a ispravan rad ŽCP-a provjerava se daljinskom kontrolom.

Kod postojećih uređaja za prijenos podataka i djelovanje na vlak pozitivan je trend zamjene starih pružnih baliza. Do kraja 2016. svi pružni dijelovi AS-uređaja trebali bi biti tipizirani balizama PM1020 i PM500 proizvođača Altpro. U skladu sa zakonskim odredbama, pružnim dijelom AS-uređaja moraju se opremiti svi svjetlosni glavni signali i predsignalni te kontrolni i pomoćni kontrolni signali uređaja za osiguranje ŽCP-a.

4.2. Tehničko stanje strukturnih podsustava i kompatibilnost

Tehničko stanje strukturnih podsustava utječe na mogućnost održavanja SS-uređaja. Uređaji koji se ugrađuju na određenoj pruzi moraju biti kompatibilni s postojećom infrastrukturom. Kompatibilnost uređaja treba dokazati s obzirom na utjecaje koje na njih mogu imati željeznička vozila, stabilna postrojenja električne vuče, druga elektroenergetska postrojenja te telekomunikacijski uređaji i vodovi. U postupku dokazivanja kompatibilnosti moraju se pribaviti dokumenti o sukladnosti ili dokazati da se određeni uređaj, sklop ili element koristi najmanje dvije godine na željezničkoj pruzi istog ranga i pod istim uvjetima u nekoj od zemalja EU-a. Valjanost priloženih dokumenata provjerava Agencija za sigurnost željezničkog prometa.

Postoje slučajevi u kojima na RAMS-komponente uređaja negativno utječu neispravnosti drugih strukturnih podsustava. Kao primjer mogu se istaknuti utjecaji elektroenergetskoga i građevinskoga infrastrukturnog podsustava na rad sklopova za osiguranje kontrole slobodnosti kolosijeka izvedenih uz pomoć izoliranih odsjeka. U praksi se na elektrificiranome dijelu mreže pojavljuju neispravnosti izoliranih odsjeka čiji je uzrok neosigurani kontinuitet povratnog voda kontaktne mreže. Vezano uz građevinski podsustav, na rad izoliranih odsjeka negativno utječe loš zastor koji pri većim padalinama može prouzročiti lažnu zauzetost kontroliranog dijela kolosijeka. Loše građevinsko stanje skretnica negativno utječe na vrijednosti sila koje moraju zadovoljavati skretničke postavne sprave. Neispravni dijelovi željezničkih vozila smanjuju razinu pouzdanog i sigurnog rada uređaja. Na primjer, neodgovarajući omski otpor osovinskog sklopa određene serije vozila može umanjiti pouzdanost ključnih elemenata uređaja za osiguranje ŽCP-a, a time ugroziti i prometnu sigurnost.

4.3. Organizacija održavanja SS-uređaja

Za upravljanje čimbenicima mogućnosti održavanja važno je uspostaviti učinkovitu organizaciju koju čine ljudski i materijalni resursi u objedinjenoj tehnološkoj cjelini. U organizaciji HŽ Infrastrukture mogu se prepoznati tri organizacijske cjeline održavanja SS-uređaja (slika 9.).



Slika 9. Organizacijske cjeline nadležne za održavanje SS-uređaja u HŽ Infrastrukтури

Organizacijska jedinica koja se bavi poslovima vezanima uz održavanje uređaja na razini Direkcije jest Služba za upravljanje održavanjem i obnovu signalno-sigurnosnih uređaja, a u procesu održavanja ima krovnu funkciju u planiranju i koordinira aktivnosti sektora. Ukupno pet sektora SS i TK teritorijalno je raspodijeljeno u pet regionalnih jedinica HŽ Infrastrukture. U nadležnosti sektora je 25 izvršnih organizacijskih jedinica odnosno dionica koje neposredno održavaju uređaje na cijeloj mreži. Detaljnijim uvidom može se uočiti nerazmjer broja radnika u odnosu na područje održavanja i strukturu uređaja na tim područjima. Broj izvršnih radnika koji su sukladno opisu poslova zaduženi za održavanje SS-uređaja kreće se u rasponu od pet do 26 u različitim dionicama. Prethodnim organizacijskim promjenama smanjen je broj sistematiziranih radnih mjesta vezanih uz proces održavanja, a zbog smanjenja broja i nepovoljne dobne strukture radnika preventivno održavanje svedeno je na minimum.

Ovisno o radnim mjestima, radnici Službe i sektora SS i TK moraju imati visoku ili višu stručnu spremu, a radnici dionica višu ili srednju stručnu spremu. Po zapošljavanju u HŽ Infrastrukтури novozaposleni radnici odrađuju pripravnički staž. Za to vrijeme uz pomoć mentora usvajaju znanja potrebna za polaganje stručnog ispita i početak samostalnog rada. Pripravnici koji se izravno po završetku studija raspoređuju u Direkciju ne upoznaju u dovoljnoj mjeri rad sektora i dionica što predstavlja nedostatak za njihov profesionalni razvoj, ali i za učinkovitost krovne službe jer se usporava stjecanje kompetencija potrebnih za učinkovito obavljanje radnih zadaća. Radnici dionica održavanja su izvršni radnici i za njih je organizirano poučavanje. Kvaliteta održavanja uređaja, osobito interventnog održavanja, ovisi o skupu znanja i vještina koje bi radnici trebali steći kroz proces stručnog osposobljavanja. Ta tvrdnja utemeljena na analizi provedbe stručne izobrazbe radnika iz 2009. nije prepoznata i u tome području nema većih pomaka. Organizacijske su jedinice zadužene za izradu okvirnih programa poučavanja u prethodnome periodu tu zadaću svodile na formalnost. Voditelji dionica dužni

su izraditi izvedbeni program i provesti poučavanje na temelju navedenih okvirnih programa. Može se zaključiti da redovito poučavanje izvršnih radnika još uvijek nije na zadovoljavajućoj razini.

Organizacijske jedinice mjerodavne za održavanje moraju biti opremljene materijalnim resursima. Služba za upravljanje održavanjem i obnovu SS-uređaja i sektori SS i TK moraju raspolagati odgovarajućim prostorima za rad, arhivu poslovne dokumentacije i smještaj mjerne opreme, informatičkom i uredskom opremom te cestovnim vozilima.

Prioritetna je opremljenost dionica održavanja koje moraju raspolagati: odgovarajućim alatom, mjernom opremom i informatičkom opremom, rezervnim dijelovima, potrošnim materijalom i zaštitnim sredstvima, pouzdanim cestovnim vozilima, odgovarajućim objektima za rad i smještaj zaposlenika te sredstvima za rad, prostorom za smještaj cestovnih vozila, rezervnih dijelova i materijala.

Nemogućnost nabave rezervnih dijelova za pojedine tipove uređaja može stvara probleme koji utječu na raspoloživost. Ponekad se određeni uređaji zbog nedostatka zamjenskog dijela dugotrajno moraju isključiti iz rada. Uglavnom su to uređaji na željezničkoj mreži sa specifičnim, nerijetko i jedinim ugrađenim tipom elementa koji je doveo do neispravnosti.

4.4. Pravila u procesu održavanja SS-uređaja

Pravila obuhvaćaju opće akte, dokumente i postupke koji propisuju što, kako i na koji način treba raditi u procesu održavanja, a na slici 10. prikazane su razine pravila u HŽ Infrastrukturi.

Proces održavanja SS-uređaja temelji se na brojnim pravilima, a osnovni opći akti u višegodišnjoj primjeni jesu Pravilnik o održavanju SS-postrojenja (Pravilnik 400) i Uputa o postupku radnika izvršnih služba s kolodvorskim i pružnim SS i TK-uređajima (Uputa HŽI-432). Pravilnikom 400 propisani su opći tehnički uvjeti koje moraju ispunjavati uređaji, mjere koje se moraju poduzeti pri održavanju i rokovi održavanja. Uputom HŽI-432 propisani su postupci i odgovornosti izvršnih radnika u procesu održavanja kako bi se stvorili uvjeti za ispravan rad uređaja. Pri održavanju i obnovi uređaja primjenjuju se i opći akti i norme kojima se detaljnije



Slika 10. Razine pravila u procesu održavanja SS-uređaja

propisuju postupci održavanja i tehnički uvjeti za pojedine vrste uređaja.

Analizom je utvrđeno da su propisi iz područja SS-tehnike zastarjeli. Najstariji opći akt, Opšti tehnički propisi za relejne stanične signalno-sigurnosne uređaje (411), u primjeni je od 1. siječnja 1958. Najveći nedostatak u prethodnih 15-ak godina bilo je nepostojanje tehničkih uvjeta za elektroničke uređaje. Tehnički problemi i posljedična materijalna šteta vezana uz elektroničke uređaje sigurno bi bili manji nakon pravodobnog donošenja općeg akta. Iako je izrada tehničkih uvjeta bila propisana još odredbama Zakona o sigurnosti u željezničkom prometu iz 2007., Pravilnik o tehničkim uvjetima za prometno-upravljački i signalno-sigurnosni željeznički infrastrukturni podsustav donesen je tek u rujnu 2015. Kako bi se taj nedostatak ublažio, na inicijativu Poslova upravljanja sigurnošću 2013. objavljen je Popis prihvaćenih normativnih i drugih dokumenata Hrvatskog zavoda za norme te internih strukovnih normi koji se primjenjuju u HŽ Infrastrukturi. Službenim prihvaćanjem normi s popisa uspostavljeni su preduvjeti za ocjenu kvalitete ispravnosti rada uređaja i primjenu RAMS-zahtjeva.

4.5. Mehanizmi praćenja procesa održavanja i rada SS-uređaja

Mehanizmi praćenja funkcionalnog rada i procesa održavanja SS-uređaja uključuju: unutarnje audite sustava upravljanja kvalitetom (SUK) usmjerene na proces održavanja, kontrole sustava upravljanja sigurnošću usmjerene na sigurnosne aspekte funkcionalnosti, tehničkog stanja i održavanja uređaja, statističko praćenje i analizu s težištem na neispravnosti u radu uređaja.

U skladu sa SUK-om procesi HŽ Infrastrukture trebaju se provoditi po principu tzv. Demingova kruga kroz četiri faze: planiranje, provedbu, provjeru i poboljšanje. Unutarnji je audit neovisna metoda praćenja i mjerenja primjene SUK-a koju prema godišnjem programu provode auditorski timovi radnika HŽ Infrastrukture. Audit je usmjeren na provjeru ostvarenja ciljeva kvalitete i proces održavanja, a obuhvaća razgovor s radnicima, praćenje aktivnosti unutar procesa i uvid u dokumentaciju. S nalazima audita upoznata je Uprava koja je dužna provesti godišnje preispitivanje upravljanja kako bi osigurala učinkovitost i poboljšanje SUK-a. Uvođenje SUK-a relativno je novi proces i dio visokog menadžmenta nije ga još prihvatio u cijelosti. Nakon što su doneseni temeljni opći akti i razvojne smjernice, implementacija upravljanja poslovnim procesima i rizicima je zaustavljena.

Pravilnikom o organizaciji i načinu obavljanja kontrole nad sigurnim tijekom prometa (Pravilnik HŽI-659) propisani su organizacija i način obavljanja kontrole u

području funkcionalnih i strukturnih podsustava u nadležnosti HŽ Infrastrukture. S obzirom na razine (slika 11.), provode se procesualna kontrola, kontrola koju provode nadređene organizacijske jedinice i unutarnja kontrola.

Nalazi kontrola koje se provode na razini regionalnih jedinica često nisu objektivni i ne ispunjavaju očekivane rezultate. Unutarnja kontrola provodi se kvalitetnije i temelj je za sve analize Poslova upravljanja sigurnošću. Uspostava sustava upravljanja sigurnošću započela je 2008. i uz puni angažman tadašnjeg menadžmenta i radnika te organizacijske jedinice postala važan dio poslovanja. Uz podršku Uprave moguće je ostvariti konkretna poboljšanja temeljena na provedenim unutarnjim kontrolama i utvrđenim rizicima.

Tijekom životnog ciklusa SS-uređaja važno je pratiti i analizirati njegov funkcionalni rad. Ako su neispravnosti sklopova ili elemenata određenog uređaja učestale, moraju se poduzeti mjere kojima će se one otkloniti ili će se učestalost smanjiti na prihvatljivu razinu. S obzirom na utjecaj vremenskog perioda ispravnog stanja uređaja na raspoloživost željezničkog sustava, neispravnosti je potrebno pratiti i analizirati. Analizom je moguće otkriti kritična mjesta, poduzeti mjere za poboljšanje i povećati raspoloživost sustava. Postupci praćenja i analize neispravnosti propisani su Uputom HŽI-432 unutar procesa održavanja uređaja i Pravilnikom HŽI-659 unutar procesa upravljanja sigurnošću. Postojeći način praćenja rada uređaja kroz dnevna izvješća o neispravnostima koja se prosljeđuju iz dionica u tabličnome obliku (MS Excel) zahtijeva veliki utrošak vremena. Izvješća se nedovoljno koriste u svrhu izrade učinkovitih analiza u čijim zaključcima nerijetko izostaju konkretne smjernice poboljšanja.

5. Zaključna razmatranja – razvojne smjernice

U skladu s pregledom postojećeg stanja i ocjenom unutarnjih čimbenika mogućnosti održavanja SS-uređaja na željezničkoj mreži Republike Hrvatske, u nastavku su predložene razvojne smjernice za poboljšanje.

HŽ Infrastruktura treba izraditi strategiju modernizacije i obnove prometno-upravljačkoga i signalno-

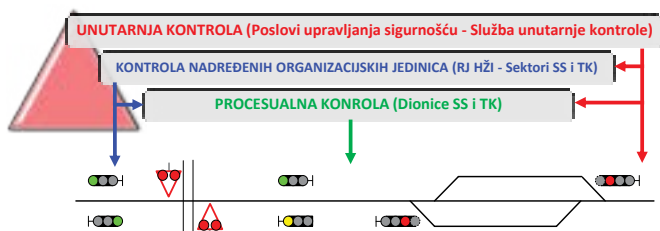
sigurnosnoga infrastrukturnog podsustava usklađenu sa strateškim dokumentima prometnog razvoja Republike Hrvatske. Kako bi se izbjegla heterogenost tipova istih vrsta uređaja na željezničkoj mreži ili dijelu mreže, modernizacija i obnova SS-uređaja ne smije se provoditi na razini kolodvora ili međukolodvorskog područja, nego na razini cijele mreže, koridora, pruge ili minimalno na razini dulje pružne dionice. Izbor razine osiguranja uređajima na određenome dijelu mreže treba uskladiti s prijevoznom potražnjom odnosno prognozom opsega prometa. Na taj način moguće je ostvariti tehničko i tehnološko jedinstvo, interoperabilnost, poboljšati RAMS-komponente uređaja, optimizirati proces održavanja i dugoročno uštedjeti velika financijska sredstva.

U cilju optimiziranja organizacije održavanja neophodno je utvrditi kriterije za određivanje područja održavanja pojedinih dionica. Kriteriji se formiraju na temelju vremena potrebnog za dolazak do bilo kojeg dijela uređaja prilikom interventnog održavanja i tehničke strukture uređaja na području održavanja. Neophodno je utvrditi i službeno objaviti kriterije i normative za određivanje broja radnika dionica. Osnovni kriteriji trebaju biti količina i struktura uređaja, gustoća prometa na dijelu mreže u nadležnosti dionice, udaljenost između krajnjih točaka područja održavanja te opremljenost materijalnim resursima.

U području upravljanja ljudskim potencijalima prioritetno je unaprijediti proces stručnog osposobljavanja. U programe osposobljavanja pripravnika s visokom i višom stručnom spremom potrebno je uvrstiti stažiranje na terenu u dionicama održavanja. Izradom i primjenom novog modela poučavanja odnosno reorganizacijom procesa poučavanja moguće je podići razinu stručnih kompetencija izvršnih radnika. Preduvjeti za unaprjeđenje su uvođenje školskih instruktora za elektrotehničku djelatnost i revidiranje pravila prema kojima se provodi poučavanje. Neophodno je pokrenuti inicijativu osuvremenjivanja Pravilnika 646 i poboljšati kvalitetu okvirnih planova i programa poučavanja, pri čemu u programskim sadržajima treba predvidjeti i praktičnu nastavu.

Tehničku regulativu iz područja SS-tehnike potrebno je potpuno uskladiti s postojećim zakonskim i podzakonskim općim aktima i normama. Tehničku dokumentaciju (sheme, tehničke opise, sigurnosne analize i korisničke upute) u papirnatome obliku treba digitalizirati i objaviti na intranetskome portalu HŽ Infrastrukture.

Mehanizmi praćenja u obliku nadzornih aktivnosti unutar sustava upravljanja kvalitetom i sustava upravljanja sigurnošću koriste se pri identificiranju rizika u procesu održavanja i nude smjernice za poboljšanje. Stoga je potrebno postupati po nalazima unutarnjih



Slika 11. Razine kontrola održavanja SS-uređaja u HŽ Infrastrukturi

audita i unutarnjih kontrola te po analizama provedbe operativnih programa politika kvalitete i sigurnosti. Daljnje unaprjeđenje sustava upravljanja kvalitetom temelji se na upravljanju procesima i upravljanju rizicima i otvara mogućnosti za optimiziranje procesa održavanja te se Uprava i organizacijske jedinice mjerodavne za upravljanje održavanjem i obnovu SS-uređaja trebaju aktivno uključiti u njihovu implementaciju. Od 2015. to je i zakonska obveza javnih poduzeća.

Prioritetno je poboljšati praćenje i analizu rada i neispravnosti u radu SS-uređaja kroz uspostavu informacijskog sustava koji podrazumijeva pohranu evidencija o održavanju (ispitno-mjernih lista i drugih evidencija) u elektroničkome obliku. Sustav prijave i praćenja neispravnosti u radu uređaja može se pojednostavniti pomoću aplikacijskog sustava koji će s jednog mjesta omogućiti uvid u sve neispravnosti svakoga pojedinog uređaja na mreži te olakšati izradu analiza. Analize je moguće unaprijediti izradom modela usmjerenog prema učinkovitome strukturiranju podataka i konkretnijim zaključnim smjernicama za poboljšanje.

U cilju poboljšanja procesa održavanja SS-uređaja neophodno je kontinuirano preispitivati čimbenike mogućnosti održavanja i pronalaziti rješenja za njihovo unaprjeđenje.

Literatura:

- [1] Tuškanec, M.: Modeliranje praćenja i analize neispravnosti rada signalno-sigurnosnih uređaja, specijalistički rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 2016.
- [2] Pravilnik o željezničkoj infrastrukturi, NN 127/05 i 16/08
- [3] Zakon o sigurnosti i interoperabilnosti željezničkog sustava, NN 82/13, 18/15 i 110/15
- [4] Hrvatski zavod za norme (HZN): HRN EN 50126-1:2001/Ispr.1:2009; HRN EN 50128:2001; HRN EN 50129:2007; HRN EN 9001:2009
- [5] Arriba, R.: Solution of RAM requirements for Spanish High Speed Lines, Signal+Draht 6/2013
- [6] Bosak, Lj.: Rizik - funkcija hazarda u željezničkom prometu, Automatizacija u prometu, Split, 2006.
- [7] Pravilnik o tehničkim uvjetima za prometno-upravljački i signalno-sigurnosni željeznički infrastrukturni podsustav, NN 97/15
- [8] Habuš, V.: Sigurnosna analiza željezničkih signalno-sigurnosnih uređaja, Automatizacija u prometu, Vinkovci, 2004.
- [9] Toš, Z.: Signalizacija u željezničkom prometu, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2013.
- [10] Theeg, G.; Vlasenko, S.: Railway signalling & interlocking, Eurailpress, Hamburg, 2009.
- [11] Uputa o upravljanju poslovnim procesima, Službeni vjesnik HŽI 5/15
- [12] Tuškanec, M.: Unaprjeđenje stručnog osposobljavanja izvršnog osoblja na poslovima održavanja signalno-sigurnosnih uređaja, Željeznice 21, br. 1/2010.
- [13] Pravilnik o stažiranju, poučavanju i provjeri znanja izvršnih radnika na HŽ-Hrvatskim željeznicama, Službeni vjesnik HŽ 1/96 i 1/04
- [14] Pravilnik o održavanju signalno-sigurnosnih postrojenja, Službeni glasnik ZJŽ 4/85, Službeni vjesnik HŽ 20/91, 7/02 i 7/14
- [15] Uputa o postupku radnika izvršnih služba s kolodvorskim i pružnim signalno-sigurnosnim i telekomunikacijskim uređajima, Službeni vjesnik HŽ 1/03 i 2/07, Službeni vjesnik HŽI 2/13
- [16] Opšti tehnički propisi za relejne stanične signalno-sigurnosne uređaje, Službeni glasnik ZJŽ 3/58, 12/65, 5/67, 8/72 i 1/75, Službeni vjesnik HŽ 20/91 i 2/02
- [17] Zakon o sigurnosti u željezničkom prometu, NN 41/07 i 61/11
- [18] Popis prihvaćenih normativnih i drugih dokumenata Hrvatskog zavoda za norme te internih strukovnih normi koji se primjenjuju u HŽ Infrastrukturi, Službeni vjesnik HŽI 10/13
- [19] Pravilnik o sustavu upravljanja kvalitetom HŽ Infrastrukture d.o.o., Službeni vjesnik HŽI 14/14
- [20] Pravilnik o organizaciji i načinu obavljanja kontrole nad sigurnim tijekom prometa u HŽ Infrastrukturi d.o.o., Službeni vjesnik HŽI 6/13

UDK: 656.216; 656.25

Adresa autora:

Marinko Tuškanec, univ. spec. el.
HŽ Infrastruktura d.o.o., Mihanovićeve 12, 10000 Zagreb
marinko.tuskanec@hzinfra.hr

SAŽETAK

U radu su istaknute značajke signalno-sigurnosnih (SS) uređaja u željezničkom sustavu i razmotrene pouzdanost, raspoloživost, mogućnost održavanja i sigurnost (RAMS) kao glavne karakteristike kvalitete SS-uređaja. Potom su sagledani elementi procesa održavanja s naglaskom na čimbenike mogućnosti održavanja SS-uređaja na željezničkoj mreži u Republici Hrvatskoj uključujući i prijedlog smjernica za njihovo unaprjeđenje.

Ključne riječi: signalno-sigurnosni uređaji, RAMS sustav, upravljački procesi, održavanje uređaja.

Kategorizacija: pregledni članak.

SUMMARY

FACTORS REGARDING POSSIBILITIES FOR SIGNALLING AND INTERLOCKING DEVICES MAINTENANCE

The paper points out the features of signalling and interlocking devices within the railway system as well as considering reliability, availability and possibility of maintenance and safety (RAMS) as main characteristics of signalling and interlocking devices' quality. Then it reviews the elements of the maintenance process, stressing the factors regarding maintenance of signalling and interlocking devices on the railway network of the Republic of Croatia, including the proposal for guidelines regarding their improvement.

Key words: signaling devices, RAMS system, management processes, maintenance of equipment.

Categorization: subject review.