

Guido Hanspach, MBM, dipl. ing. stroj.

ODRŽIVA STRATEGIJA ODRŽAVANJA ŽELJEZNIČKE MREŽE U HRVATSKOJ

1. Uvod

Na brojne pruge negativan su utjecaj imala mala ulaganja za bivše Jugoslavije, a osobito Domovinski rat koji je trajao od 1991. do 1995. Današnja hrvatska pružna mreža obuhvaća 2605 km pruga, od čega su 254 km dvokolosiječnih pruga. Do 2015. elektrificirano je već 980 km [1].

Kada je riječ o glavnim prometnim smjerovima, kroz Hrvatsku prolazi šest magistrala, od kojih se tri ubrajaju u paneuropske prometne koridore, a tri su spojne pruge [1]:

- RH 1 – pruga na X. koridoru proteže se između državne granice sa Slovenijom preko pruge Savski Marof – Zagreb – Vinkovci – Tovarnik do državne granice sa Srbijom i čini glavnu „žilu kucavicu“ hrvatske željezničke mreže. Većina najbržih pruga u državi su dvokolosiječne i elektrificirane.
- RH 2 – pruga na B-ograncu V. koridora proteže se od državne granice s Mađarskom preko Botova, Koprivnice i Zagreba do lučkog grada Rijeke.
- RH 3 – pruga na C-ograncu V. koridora koja također počinje na državnoj granici s Mađarskom i nastavlja relacijom Beli Manastir – Osijek – Slavonski Šamac – državna granica s Bosnom i Hercegovinom (– Sarajevo –) državna granica – Metković – Ploče.

Maksimalna vozna brzina na pojedinim dijelovima iznosi 160 km/h.

HŽ Infrastruktura je kao upravitelj željezničke infrastrukture odgovorna za održavanje, rekonstrukciju i modernizaciju infrastrukture, a time i za izbor odgovarajućih mjera održavanja i uslužnih djelatnosti. U tome kontekstu hrvatski upravitelj infrastrukture planira redovito održavanje pruga, što utječe na raspoloživost infrastrukture, kako bi, na primjer, izbjegao povremeno zatvaranje pojedinih pružnih dionica ili privremena ograničenja brzine.

2. Konceptcija suradnje

Na kraju 2014. HŽ Infrastruktura i Vossloh potpisali su opsežni okvirni sporazum o održavanju tračnica.

Cilj je tog sporazuma produljiti uporabni vijek tračnica te srednjoročno smanjiti troškove infrastrukture. Kada je riječ o suradnji, ključan je Vosslohov koncept sveobuhvatnog rješenja. Prethodnom analizom aktualnog stanja željezničke infrastrukture kao dijela inteligentnog sustava upravljanja imovinom izabrana je gospodarski najodrživija metoda održavanja iz širokog portfelja usluga sukladno stanju i starosti tračnica. Takva strategija održavanja prilagođena korisniku osigurava minimalne smetnje tijekom željezničkog prometa, a time i maksimalnu razinu ekonomičnosti.

3. Utvrđivanje aktualnog stanja

Kako bi dao najbolje moguće dijagnoze o stanju tračnica, Vossloh prilikom pregleda tračnica svojim klijentima nudi opsežan portfelj. U Hrvatskoj su primijenjene četiri vrste pregleda tračnica, i to:

- **ispitivanje indukcijskim strujama** tijekom kojeg je moguće utvrditi dubinu oštećenja površinskih pukotina na tračnicama, što je u većini slučajeva uzrokovano zamorom kontakta pri kotrljanju. Vosslohovi sustavi ispitivanja indukcijskim strujama ispituju vožnu površinu tračnice i osim što utvrđuju učestalost pogrešaka po metru tračnice, obuhvaćaju dubinu oštećenja do 2,7 mm. Moguće je ispitivati i mjesta opruga na skretničkim jezičcima.
- **ultrazvučno ispitivanje** kojim je moguće utvrditi nepravilnosti u unutrašnjosti tračnice, pri čemu se mjesta na tračnici podložna pogreškama ispituju različitim ispitnim glavama i refrakcijskim kutovima
- **mjerenje poprečnog presjeka** kojim se glava tračnice mjeri uz pomoć brojnih koordinata, kojim se prepoznaje vrsta tračnice te se njezino stanje uspoređuje s prvotnim oblikom iz registra tračnica. Na taj se način dolazi do važnih informacija o trošenju tračnica. Mjere se visina tračnice, širina glave, nagib tračnice i usnica tračnice, a uz to i trošenje iz različitih kutova. Oblik je tračnice osobito relevantan u području kontakta kotača i tračnice.
- **mjerenje uzdužnih valova** u sklopu kojeg sustav za prepoznavanje kratkovalne pogreške na glavi tračnice mjeri naboranost između 10 mm i jednog metra. Uz do četiri pojasne širine koje je moguće konfigurirati kada je riječ o valnoj duljini, u jednom prolasku moguće je zabilježiti različite vrste naboranosti. Rezultati tih mjerenja te rezultati mjerenja i korištenja starih podataka daju točne podatke koji omogućuju kreiranje najboljeg mogućeg plana brušenja.

Za provedbu postupaka ispitivanja tračnica Vosslohov tim zadužio je suradnika na licu mjesta. Tako je postavljen vlak za ispitivanje tračnica Mađarskih dr-

žavnih željeznica (**slika 1**), a ispitivanja su provedena u suradnji s Centralom za ispitivanje gornjeg ustroja sa sjedištem u Budimpešti. Automatizirani postupci dopunjeni su ručnim ispitivanjem koje su provodili MAV i društvo za pružnu tehniku Süd GTS iz Leipziga (**slika 2**). Vossloh je obavljao nadzor nad ispitivanjem.



Slika 1: Četiri postupka ispitivanja provedena su uz pomoć vlaka za ispitivanje tračnica Mađarskih državnih željeznica (izvor: Vossloh).



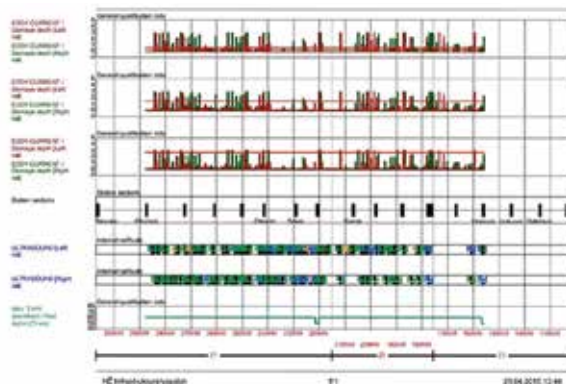
Slika 2: Vossloh je pružio potporu kod ručnog postupka mjerenja (izvor: Vossloh).

Stručno je ocijenjeno 800 km pruga na cjelokupnoj mreži HŽ Infrastrukture. Vožnje s ispitivanjem i ručno ispitivanje provedeni su na deset pružnih dionica (slika 3).



Slika 3: Karta prikazuje različite pružne dionice koje su prošle ispitivanje u sklopu sporazuma te koje su djelomično podvrgnute glodanju. Žutom bojom označene su dionice na kojima su izvedena četiri postupka ispitivanja tračnica, zelenom bojom označene su dionice na kojima je glodanje već izvedeno, crvenom bojom označene su dionice na kojima se planira glodanje, a bijelom bojom označene su pruge na kojima se trenutačno ne vozi (izvor: HŽ Infrastruktura).

Nakon toga su analizirani rezultati mjerenja i ispitivanja dodani u sustav upravljanja imovinom, a rezultati različitih postupaka uspoređeni su uz pomoć softverskog alata i postavljeni jedan na drugi. Slike od 4 do 6 prikazuju tu kombiniranu analizu na primjeru ispitane dionice. Grafikon ispitivanja indukcijskim strujama i ultrazvučnog ispitivanja (**slika 4**) u gornjem dijelu pokazuje dubinu oštećenja tračnica po metru tračnice za desnu odnosno lijevu tračnicu po pružnoj dionici. Pritom svijetlocrvena vodoravna linija prikazuje razinu klasifikacije. Najviši od tri grafikona prikazuje kvar tračnica I. razreda, grafikon 2 kvar tračnica II. razreda, a grafikon 3 kvar tračnica III. razreda. Stupnjevanje određuje neophodno uklanjanje materijala za tračnicu

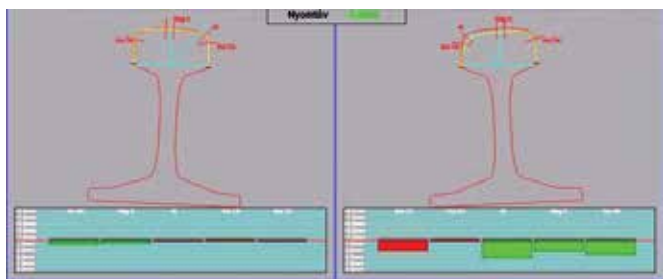


Slika 4: Rezultati ispitivanja indukcijskim strujama i ultrazvučnog ispitivanja (izvor: Vossloh)

koja ne zahtijeva mnogo periodičkog održavanja zbog napuknuća na voznom rubu (*head check-free rail*), prema tome i broj prelazaka vlakom preko nje tijekom kojeg dolazi do glodanja.

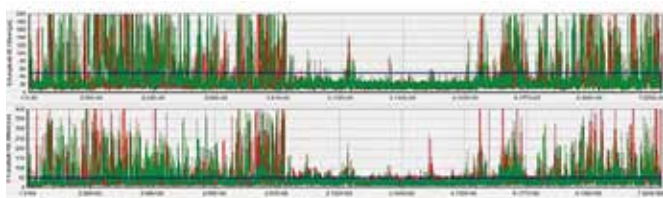
Za bolje pozicioniranje rezultata u grafikonu su pohranjeni podaci o lokacijama željezničkih kolodvora i stajališta, kao i ostale informacije o pozicijama. Ispod željezničkih stajališta navedeni su rezultati ultrazvučnog ispitivanja. Markiran je svaki pojedini razred pogreške.

Ukupna razmatranja podržavaju podaci mjerenja poprečnog presjeka tračnice. Na primjer, na **slici 5** lijeva je tračnica neprimjetna do mjere u kojoj je to moguće. Nasuprot tomu desna tračnica pokazuje povećano trošenje. Crvena ovojna krivulja opisuje novu tračnicu, a žuta pokazuje aktualno stanje poprečnog presjeka tračnice.



Slika 5: Rezultati mjerenja poprečnog presjeka (izvor: Vossloh)

Diferencirana analiza upotpunjuje se rezultatima mjerenja uzdužnih valova. **Slika 6** pokazuje jake amplitude u području dužine valova 30 – 100 mm s lijevom tračnicom kao crvenom linijom i desnom tračnicom kao zelenom linijom. Što je odklon amplitude viši, to je udobnost vožnje manja. Jako izraženi uzdužni valovi jedan su od uzroka emisije buke uzrokovane željezničkim prometom, zbog čega često pate stanovnici mjesta pokraj pruge.



Slika 6: Uzdužna valovitost u području dužine valova od 30 do 100 mm (izvor: Vossloh)

Dokumentiranje podataka, kao i njihova grafička vizualizacija, temelj su za provođenje točno prilagođene strategije održavanja, a s druge strane temelj su za usporedbu pri daljnjim mjerenjima stanja infrastrukture. Naime, svaka pruga ima vlastite značajke – čak i u vezi trošenja i oštećenja. Tek utemeljeno promatranje razjašnjava potencijale optimizacije kako bi se dugoročno skratila vremena tzv. zatvora pruga i smanjili troškovi. Time je omogućeno i učinkovito uklanjanje pojedinačnih pogrešaka.

Na temelju vrijednosti stvarnog stanja Vossloh je izračunao kada je neophodno ukloniti materijal za eko-

nomičnu obradu poprečnog profila i uzdužnog profila te je odabrao glodanje kao odgovarajući postupak obrade tračnica. Izvješće o stanju pokazalo je jasnu potrebu za djelovanjem i u prvom koraku sugeriralo korektivne mjere (**slika 7**).



Napuknuća na voznom rubu tračnice (head checks)	Napuknuća na voznoj površini tračnice (squats)	Naboranost	Ljuškanje (Shelling)
Uporabni vijek	Uporabni vijek	Buka	Oštećenje kotača
Opasnost od loma tračnica	Opasnost od loma tračnica	Oštećenje gornjeg ustroja	Daljnja oštećenja
Opasnost od loma zbog ljuškanja		Uporabni vijek	Uporabni vijek

Slika 7: Tipična oštećenja tračnica kao što su napuknuća na voznom rubu tračnice (head checks), napuknuća na voznoj površini tračnice (squats), valovi proklizavanja i izljevi zbog kojih je prema stupnju težine neophodno poduzeti korektivne i/ili preventivne mjere i njihove moguće posljedice (izvor: Vossloh)

Kod glodanja razlikuju se dvije korektivne mjere:

1. reprofiliranje

- izrada optimalne profilne geometrije tračnica za dodir između kotača i tračnice
- visoka točnost profilne geometrije
- mala površinska neravnost
- mala preostala valovitost
- mogućnost proizvodnje optimalne kvalitete geometrije vozne površine tračnice koja odstupa od stanja prilikom dostave

2. glodanje u svrhu korekcije kolosijeka

- proizvodnja optimalne širine kolosijeka kod promjena uvjetovanih trošenjem.

Odgovarajući katalog mjera izveden je i prilagođen zadanom proračunu. U svrhu održiva smanjenja razine buke, glavne zadaće održavanja kojim se produljuju vremena ležanja tračnice jesu:

- sprečavanje zamora materijala uslijed kotrljanja kotača po tračnici, tzv. manjkavosti RCF-a (engl. rolling contact fatigue),
- ponovno uspostavljanje poprečnog presjeka tračnice te
- uklanjanje uzdužnih valova tračnice (naboranost).

4. Primjena mjera glodanja

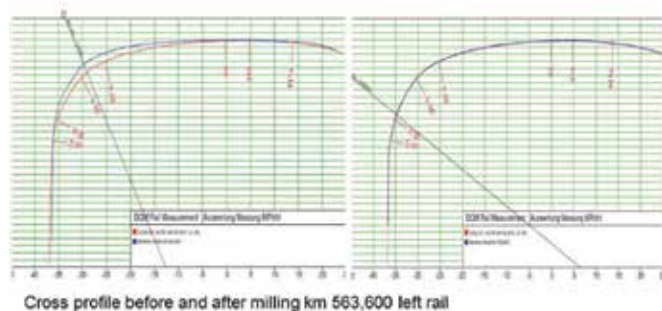
Mjere korektivnog održavanja iz kataloga mjera usmjerene su ponajprije na dionicu od Moravica do Rijeke na pruzi M202 (vidi **sliku 3**). S jedne su strane ulogu igrali sigurnosni aspekti, a s druge je strane prioritet dobio teretni prijevoz do luke Rijeka. U kolovozu 2015. prvi su put upotrijebljeni vlakovi koji izvode glodanje (**slika 8**). Vossloh je preporučio korektivno reprofiliranje razreda kvarova od I. do IV. do ukupno 129 000 metara



Slika 8: Korištenjem vlaka za glodanje na pruzi koja ima više od 90 km dokazano je povećanje razine sigurnosti i kvalitete željezničke infrastrukture (izvor: Vossloh).

tračnica. Tijekom prvog glodanja postupak je izveden na 90 km tračnica, pri čemu je po radnome procesu uklonjeno 0,8 mm materijala (razred kvara I.). U skladu sa stanjem tračnice, na nekim dionica glodanje treba ponovno provesti (do razreda kvara IV. sa $\leq 3,2$ mm). Radnu vožnju dokumentira jedno izvješće po dionici.

Također, nakon ispitivanja kvalitete utvrđeno je kako je postignuto ugovoreno ciljano stanje. Prve primjene pokazale su da se uz pomoć Vossloha vlaka koji izvodi glodanje može postići savršen ciljani profil (slika 9). Sve štete RCF-a dokazano se mogu ukloniti, što ima veliki utjecaj na sigurnost i udobnost putovanja



Slika 9: Primjer poprečnog presjeka tračnice prije i poslije glodanja lijeve tračnice u km 563,600 na pruzi Moravice – Skrad (izvor: Vossloh)

(daljnji primjeri slika 10). Prema tome, glodanje će biti izvedeno na sljedećim dionicama (vidi pruge označene crvenom bojom na slici 3):

Dionica na M202	Pružni metar	Razred kvara
Zagreb GK – Ogulin	188.000,00 m	Razred I.
Drivenik – Škrlevo	17.000,00 m	Razred I.
Zagreb GK – Ogulin	18.000,00 m	Razred II.
Drivenik – Škrlevo	5.000,00 m	Razred II.

Stanje tračnica prije glodanja Stanje tračnica nakon glodanja



Slika 10: Primjer stanja tračnice prije i nakon korištenja vlaka koji je izveo glodanje 4. kolovoza 2015. na dionici između Moravica i Skrada (izvor: Vossloh)

5. Dodatne usluge

Kako bi se postiglo ciljano, nakon korektivnog održavanja glodanjem preporuča se preventivni postupak visokobrzinskog brušenja (HSG). Uz pomoć te Vosslohe tehnologije tračnice se bruse u voznom redu, odnosno postupak ne utječe na željeznički promet, a znatno doprinosi i smanjenju razine buke.

Također, hrvatski upravitelj infrastrukture razmatra poduzimanje dodatnih mjera za obradu skretnica, ponajprije na željezničko-cestovnim prijelazima. Flexis, sustav koji se primjenjuje na Njemačkoj željeznici i cijeloj Europi, predstavljen je i HŽ Infrastrukturi. U odnosu na velike strojeve, Flexis nudi višestruke prednosti, ponajprije s obzirom na svoje ciljane mogućnosti primjene: sustav što ga je uveo Vossloh omogućuje i obradu dijelova skretnica nedostupnih velikim strojevima koji su povezani s kolosijekom kao na primjer naležna tračnica kod udaljenoga skretničkog jezička ili jednostavnog srca s jednostavnim vrhom i nadvišenim krilnim tračnicama. Pritom tim može potpuno pojedinačno diferencirano promatrati svako područje skretnice i obrađivati svaku komponentu prema svojim vlastitim zahtjevima. I kod osjetljivih skretničkih komponenata moguće je ukloniti materijal točno prema potrebi. Na taj se način uz pomoć Flexisa u cijelosti može reprofilirati primjerice srce. Ako je potrebno, ekipa se upotpunjuje obrazovanim variocima za gornji ustroj.

6. Budućnost

Suradnja HŽ Infrastrukture i Vossloha vrlo je partnerska jer se neophodne mjere planiraju zajednički na temelju prikupljenih podataka i primjenjuju na odgovarajući način. Portfelj usluga koje su međusobno usklađene dokazan je te preporučljiv i susjednim državama.

Literatura:

[1] Izvješće o mreži za 2016., HŽ Infrastruktura d.o.o.

UDK: 625.143; 625.17

Adresa autora:

Guido Hanspach, MBM, dipl. ing. stroj.
Direktor Međunarodne prodaje i marketinga,
Vossloh Rail Services, Hamburg
Guido.Hanspach@vrs.vossloh.com

SAŽETAK

Dana 22. prosinca 2014. Vossloh je zaključio opsežan okvirni ugovor s HŽ Infrastruktura, upraviteljem infrastrukture, koja je zadužena za održavanje pruga u Hrvatskoj. Tim su sporazumom obuhvaćeni mjerenje i ispitivanje tračnica, analiza podataka, provođenje preporuka za održavanje i obrada tračnica različitim tehničkim postupcima ugovorenima djelomičnim ugovorima.

SUMMARY

SUSTAINABLE STRATEGY OF RAILWAY NETWORK MAINTENANCE IN CROATIA

On December 22, 2014, Vossloh concluded a comprehensive framework agreement with HŽ Infrastruktura, the infrastructure manager in charge of railway line maintenance in Croatia. This agreement encompassed measuring and testing of rails, data analysis, implementation of maintenance recommendations and treatment of rails with various technical procedures within the scope of agreed partial contracts.