



# GORNJI USTROJ ŽELJEZNIČKE PRUGE ODRŽAVANJE PREMA STANJU

**Neno Kladarić**

HŽ Infrastruktura d.o.o.,

Nadzorno središte Slavonski Brod

# SADRŽAJ

- Uvod
- Željeznička infrastruktura – definicija, hijerarhija
- Upravljanje i održavanje željezničke infrastrukture
- Željeznička infrastruktura u RH
- Ciklus održavanja željezničke infrastrukture
- Gornji ustroj željezničke pruge
- Konvencionalno održavanje
- Održavanje temeljeno na stanju
- Upravljanje održavanjem
- Zaključno



# Uvod

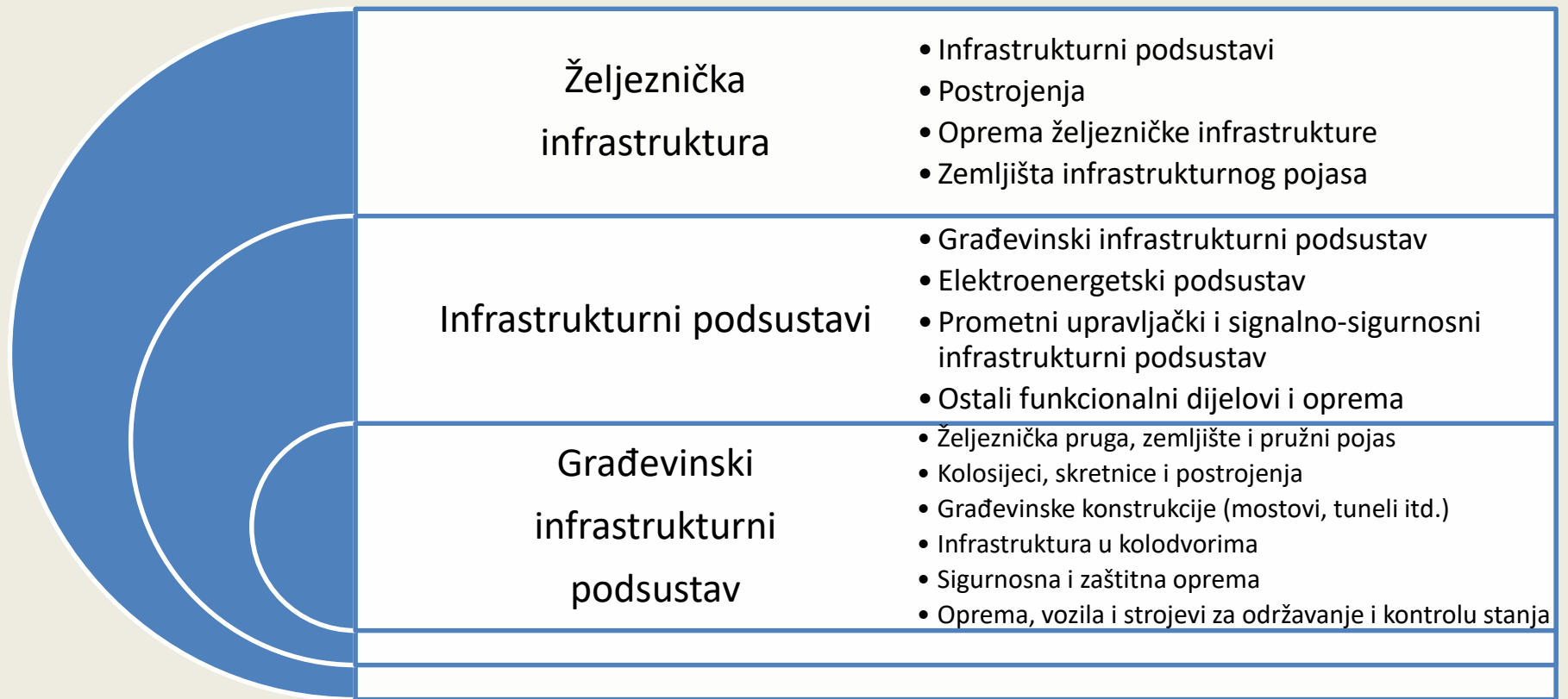
Upravljanje građevinskim infrastrukturnim podsustavom pored ostalog sadrži:

- planiranje, organizaciju i nadzor sustava održavanja,
- kontrolu i nadzor tehničkoga stanja elemenata,
- tekuće i investicijsko održavanje pruga,
- poduzimanje preventivnih i korektivnih mjera održavanja

CILJ: funkcionalna infrastruktura i održanje sigurnoga tijeka željezničkog prometa



# Željeznička infrastruktura – definicija, hijerarhija



**Željeznička infrastruktura je javno dobro u općoj uporabi u vlasništvu Republike Hrvatske, kojeg pod jednakim uvjetima mogu koristiti svi zainteresirani željeznički prijevoznici. sastoji se od infrastrukturnih podsustava, postrojenja, opreme željezničke infrastrukture i zemljišta infrastrukturnog pojasa sa zračnim prostorom iznad njega.**



# Upravljanje i održavanje

**Pravilnikom o željezničkoj infrastrukturi (NN 127/05 16/08)** - određuju se sastavni dijelovi željezničke infrastrukture u svrhu upravljanja i gospodarenja željezničkom infrastrukturom te u svrhu njezine izgradnje, osuvremenjivanja i održavanja prema Nacionalnom programu željezničke infrastrukture.

Upravljanje i gospodarenje željezničkom infrastrukturom temelji se prvenstveno na principima i kriterijima koji proizlaze iz njezine osnovne funkcije, tj. sigurnog, urednog i nesmetanog odvijanja željezničkog prometa, te njezinog održavanja, tehnoloških unaprjeđenja i razvoja.

**Upravljanje željezničkom infrastrukturom** – djelatnost od javnog interesa za čije obavljanje je potrebno:

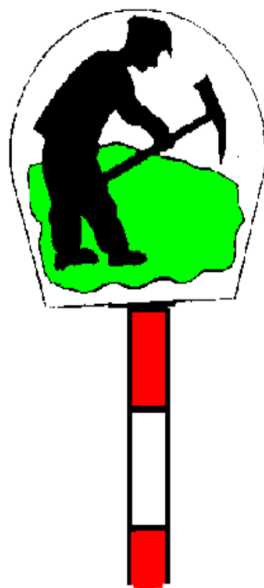
- dozvola za upravljanje željezničkom infrastrukturom
- rješenje o sigurnosti za upravljanje željezničkom infrastrukturom

**Upravitelj željezničkom infrastrukturom u Republici Hrvatskoj je tvrtka HŽ Infrastruktura d.o.o.**

Upravitelj željezničkom infrastrukturom izgrađuje i investira u željezničku infrastrukturu, brine se o njenom održavanju i osuvremenjivanju, upravlja sustavom sigurnosti, osigurava pristup i dodjeljuje infrastrukturne kapacitete svim željezničkim prijevoznicima koji ispunjavaju zakonske uvjete, određuje pristojbe za korištenje infrastrukturnih kapaciteta, izrađuje i objavljuje vozni red te organizira i regulira željeznički prijevoz.



# Željeznička infrastruktura u RH



2604 km pruga



545 kolodvora i stajališta



1512 željezničko – cestovnih prijelaza



109 tunela



538 mostova



Nacionalna kulturna baština



# Ciklus održavanja željezničke infrastrukture

**Projektirano stanje  
infrastrukture**

**Tehnički uvjeti infrastrukture za VR**

**Vozni red**  
(brzina, osovinsko opterećenje,  
opterećenje po dužnom metru)

**Planiranje održavanja**  
(troškovi, gradivo, operativa)

**Održavanje željezničke infrastrukture**

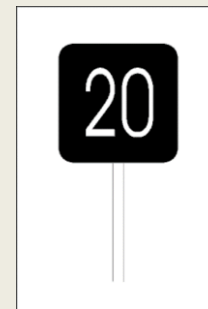
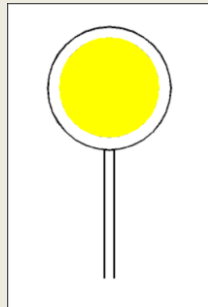
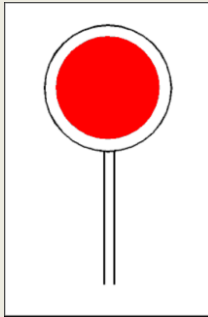
**Funkcionalna infrastruktura**  
ograničavanje, smanjivanje ili povećanje brzine,  
promjena ostalih parametara



Upravitelj infrastrukture je dužan postojeće infrastrukturne podsustave održavati u ispravnom, funkcionalnom stanju, **u skladu s projektiranim rješenjima** (u RH je danas na cca 18,0% ukupne duljine pruga, najveća dopuštena brzina vlakova na pruzi jednaka projektiranoj brzini).

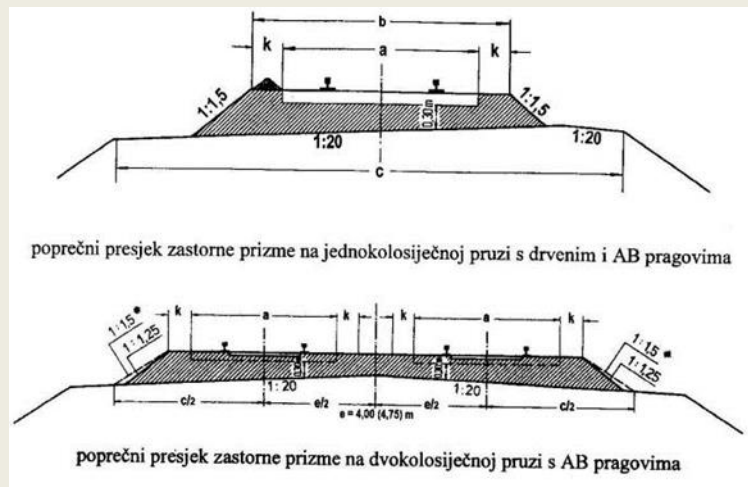
Poremećeni investicijski ciklus remonata pruga u RH i predviđeni životni vijek većine elemenata (25-30 godina), uvjetovali su smanjivanje brzina i ostale restrikcije kako bi pruge ostale otvorene za promet.

Obzirom na dotrajalost i tehničko-sigurnosno stanje gornjeg ustroja trenutno je moguće normalno ili pojačano održavati samo 45,6% ukupne duljine pruga, na preostalih 54,4% ukupne duljine nužno je obaviti investicijske radove ili veće zahvate u sklopu održavanja.





# Gornji ustroj željezničke pruge



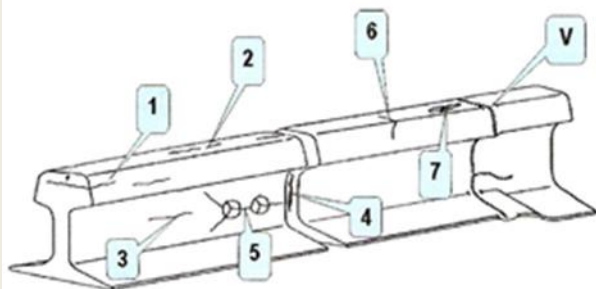
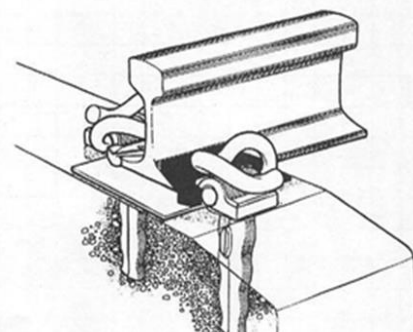
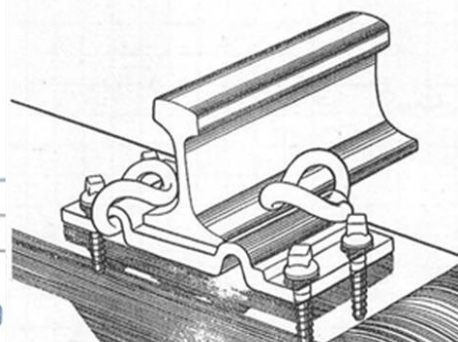
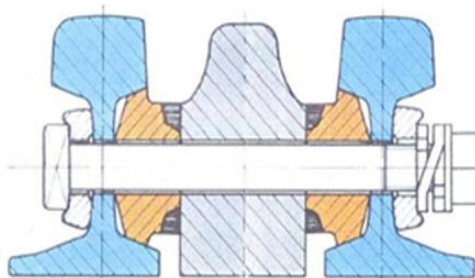
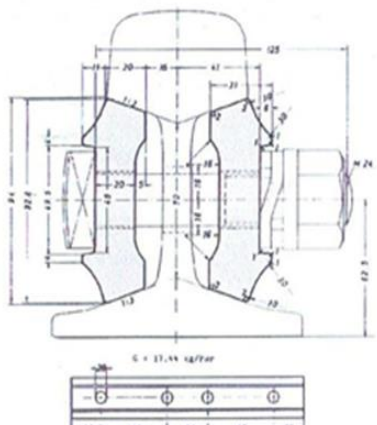
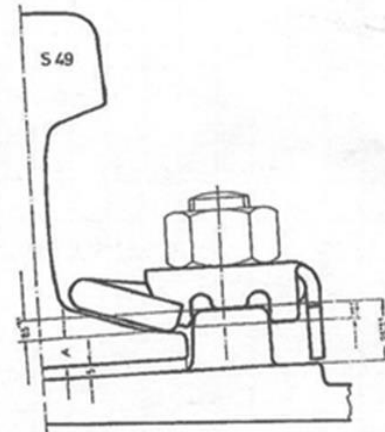
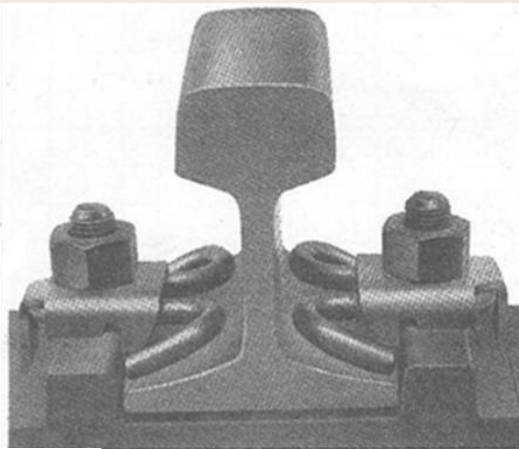
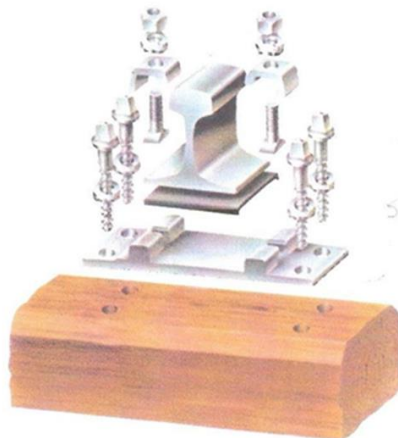
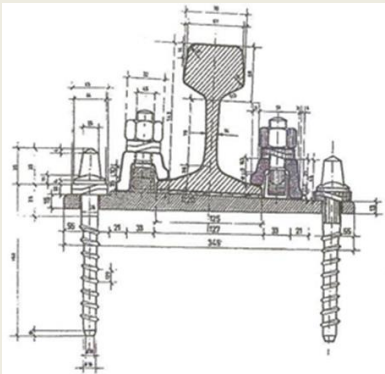
## Elementi GU-a su:

- tračnice,
- pragovi,
- kolosiječni pričvrсни i spojni pribor,
- sprave protiv pomicanja tračnica i sprave protiv bočnog pomicanja kolosijeka,
- kolosiječni zastor
- betonski ili asfaltni nosivi elementi,
- konstrukcije GU (skretnice i križišta).

Specifičnost korištenja željezničke infrastrukture je **kretanje željezničkih vozila po unaprijed određenom putu.**

Parametri za **kontakt kotač/tračnica** kao osnovni zahtjevi za sigurnost moraju ispunjavati zahtjeve stabilnosti potrebne za sigurno prometovanje vlakova najvećom dopuštenom brzinom.

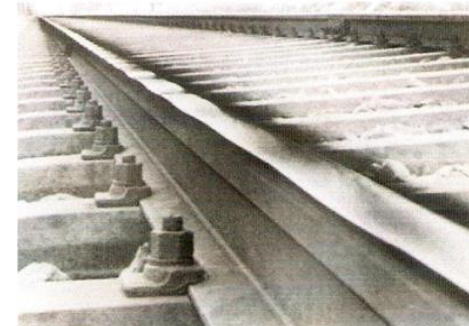
Preduvjet za održanje sigurnog tijeka prometa temeljem parametra kontakta kotač/tračnica su provedba provjere geometrijskog uporabnog stanja kolosijeka, popunjenost, ispravan položaj i zadovoljavajuće stanje svih elemenata kolosiječne rešetke.



- 1= uzdužna pukotina glave
- 2= uspravna pukotina glave
- 3= pukotina vrata
- 4= šupljina
- 5= pukotine oko rupe
- 6= pogreška oblika bubrega
- 7= školjkasto luskanje



kratki valovi duljine 3-8 cm



dugi valovi duljine 25-150 cm



- Monitoring gornjeg ustroja željezničke pruge (nadzor, provjere, mjerenja i kontrole) daje uvid u stanje elemenata i omogućuje kvalitetno održavanje i pravovremenu zamjenu elemenata (utvrđene vrijednosti praćenja stanja dosežu granicu linije održavanja).
- Zamjena elemenata bi se trebala izvršiti prije pojave znakova mogućeg kvara, čime se olakšava održavanje i smanjuju neželjene posljedice kvara, a korektivno održavanje se svodi na prihvatljivu razinu.
- Potreba detekcije kritičnih točaka, dijagnostičkog praćenja stanja, ugradnje senzora praćenja stanja, analize degradacije stanja elemenata te „pogled u budućnost“ odnosno prognoza budućih stanja sačinjavanjem modela buduće degradacije, kao osnova za odlučivanje i preventivno postupanje u okviru održavanja.





# Konvencionalno održavanje

- Plansko - preventivno održavanje vrši se obzirom na starost, odnosno procijenjeni životni vijek elemenata (prilikom proizvodnje se proračunski i iskustveno zna koliko bi taj element trebao trajati u eksploataciji).
- Korektivno održavanje vrši se radi otklanjanja nepravilnosti i anomalija utvrđenih monitoringom, mjerenjima i pregledima.
- Interventno održavanje neplanirani događaji (dovođenje u funkciju).



Puknuće tračnica  
-zbog promjene  
naponskog  
stanja najčešće  
pri niskim  
temperaturama u  
zimskom periodu



Deformacija  
kolosijeka -zbog  
promjene  
naponskog  
stanja, najčešće  
kod visokih  
temperatura u  
ljetnom razdoblju



Požar –  
zapaljenje  
kolosiječnih  
pragova,  
najčešće uslijed  
iskrenja sa vozila  
u ljetnom periodu


## Korektivno održavanje

- nema izdataka za preventivno održavanje
- potpuna upotreba trošenosti elemenata
- visoka razina rizika i visoki prateći troškovi kvarova
- nema jamstva za dostupnost vozila
- otežano planiranje
- visoka razina zaliha rezervnih dijelova



## Preventivno održavanje

- minimalne aktivnosti održavanja
- opsežno planiranje
- poznati zahtjevi za zamjenom
- visoka pouzdanost - dostupnost
- visoka razina planiranja i održavanja
- Planirano vrijeme mirovanja vezano uz održavanje



## Održavanje prema stanju

- korištenje pojedinačnih potrebnih zamjenskih dijelova
- smanjen rizik nepredviđenih događaja
- izbjegavanje naknadnih troškova uslijed kvarova
- mogućnost raspoređivanja aktivnosti i planiranja
- dostupnost dijagnostičkih sustava
- opremanje sustava održavanja i praćenje podataka s predviđanjem kvara



Održavanje je jedan od glavnih pokretača troškova za vlasnika infrastrukture, ono je neophodno za pouzdanu, sposobnu i sigurnu željezničku infrastrukturu.

Troškovi održavanja, ovisno o zemlji, čine oko 30 do 60 posto troškova životnog ciklusa željezničkog voznog parka i infrastrukture, zahtijevaju napredne koncepte prognostike i promjene u upravljanju stanjem infrastrukture.

## Održavanje temeljeno na stanju

- **Cilj** - optimizirano raspoređivanje radnji održavanja na temelju stvarnih i prognoziranih stanja.
- **Preduvjet** - kontinuirano praćenje stanja željezničke pruge, tehničkih sustava i podsustava.
- **Alati** – detekcija kritičnih točaka, ugradnja senzora u tehničkim komponentama željezničke infrastrukture, nadzor stanja, inteligentna dijagnostika, prikupljanje i analiza podataka, izrada modela degradacije, rasprava o razvoju budućih stanja elemenata (prognoza stanja).
- **Rezultat** - planiranje (zakazivanje) održavanja za željezničke sustave.



# Održavanje prema stanju - iskustva



- prikupljanje podataka
- analiza podataka (generiranje i automatizirana ocjena)
- detekcija kritičnih točaka
- inteligentna dijagnostika (utvrđivanje uzroka degradacije)
- izrada modela degradacije i prognoza stanja
- odlučivanje i preventivno postupanje





**Analiza trenda** pokušava predvidjeti potrebe održavanja u budućnosti na temelju nedavno uočenih podataka o trendovima. Analiza trenda temelji se na ideji da ono što se dogodilo u prošlosti daje ključne informacije o tome što će se dogoditi u budućnosti.

„**RUL**“, kao jedan od ključnih čimbenika **prognoze stanja** može biti osnova za provedbu i određivanje prioriteta budućih mjera održavanja.

Precizna predviđanje u praksi nije moguće ostvariti. Pogled u budućnosti zahtijeva sve moguće granične uvjete i čimbenike koji utiču na infrastrukturu, gdje će pored trenutnog stanja sustava uticaj imati i budući operativni parametri (npr. osovinska opterećenja) i uvjeti okoliša (npr. kolebanja temperature), što nije moguće precizirati sa apsolutnom sigurnošću.

Na temelju **dijagnoze postojećeg stanja**, prognoza budućeg stanja otvara mogućnosti daljnje optimizacije održavanja, odnosno na temelju predviđanja budućeg razvoja stanja sustava (praćenih elemenata infrastrukture) mjere održavanja mogu se lakše planirati, uz smanjenje uglavnom skupih neposrednih mjera korektivnog održavanja što uz povećanje konkurentnosti znači niže troškove za upravitelja željezničke infrastrukture.



## Praćenje temeljeno na stanju

- Već dulje vrijeme prisutno u željezničkoj industriji
- Iskustvo se koristi za donošenje odluka
- Cilj vlasnika željezničke imovine, operatora i održavatelja je dobivanje najboljih rezultata iz imovine s najvišim razinama optimizacije sigurnosti i troškova, traženje rješenja iz prikupljenih podataka
- U novije vrijeme praćenje temeljeno na stanju upotrebljava se za praćenje sve većeg broja imovine na pruzi

## Održavanje temeljeno na stanju

- Zahtjeva prediktivnu analitiku prikupljenih podataka
- Strategija održavanja za stjecanje uvida u operativno stanje pruga i praćenje stanja kolosijeka u stvarnom vremenu. Veliki skupovi podataka daju ključne informacije
- Činiti samo nužne aktivnosti, zamjeniti elemente prije kvara, biti učinkovit
- Razlučiti imovinu koja bi se mogla nastaviti koristiti mjesecima ili godinama bez potrebe za intervencijom od imovine s potencijalnim kvarom prije planiranog intervala održavanja



### Sustav održavanja temeljen na stanju zahtjeva :

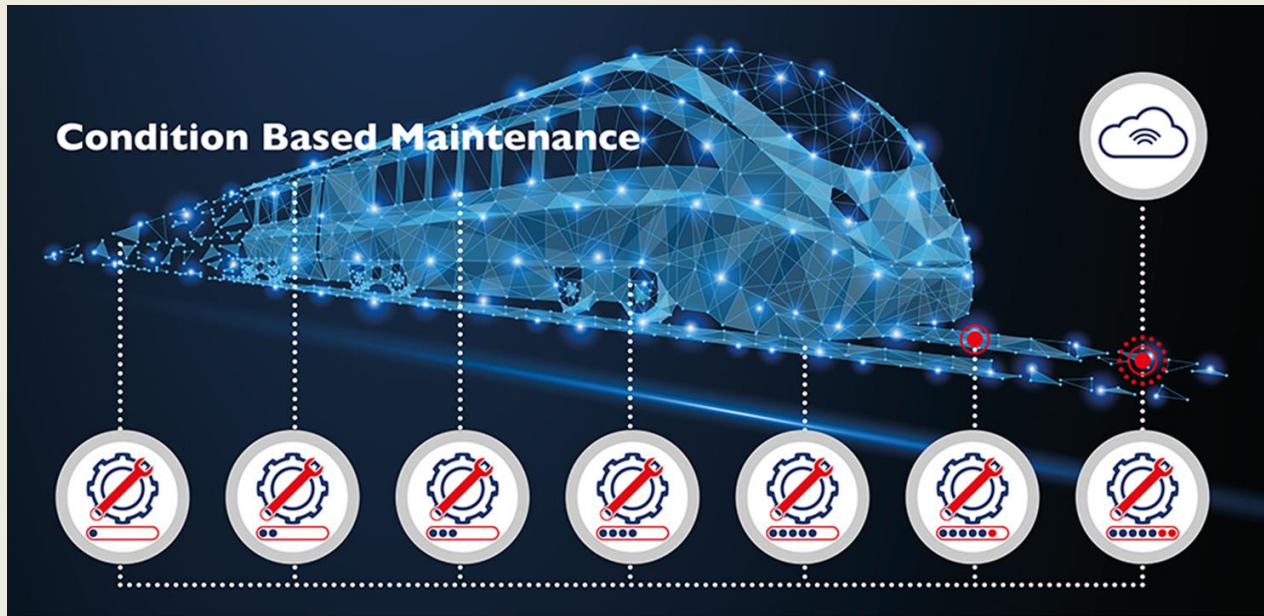
- prihvaćanje strategije održavanja temeljenog na stanju
- organizacijske promjene upravitelja i održavatelja
- investiranje u „hardware“ (senzori, mjerna tehnika i informatička oprema“
- investiranje u „software“ – programsku, komunikacijsku i analitičku podršku
- geomapiranje imovine - Geografski informacijski sustav (GIS)
- uspostavu veza i međusobnu ovisnost aplikacija za analizu podataka sa sensorima koji pružaju podatke, mjernom tehnikom i komunikacijskim protokolima.

### Temeljni elementi učinkovitog sustava :

- Senzori za prikupljanje podataka na imovini i vozilima koji rade neprekidno pri svim brzinama i u realnim radnim uvjetima
- Lokalni softver koji provodi stalnu analizu putem algoritama na mjernim uređajima i vozilima
- Vozila i „off board“ šifrirana, sigurna, komunikacijska tehnologija
- Protokoli za kombiniranje podataka, za dubinsku analizu velike količine podataka
- Nadzorne ploče, prilagođene na način da se prave informacije šalju pravoj osobi u pravom obliku.



# Održavanje temeljeno na stanju CBM - Condition Based Maintenance



Širok spektar korištenja usmjereno na vozila, kolosijek i imovinu:

- Provjera geometrijskog uporabnog stanja kolosijeka i planiranje radova strojnog reguliranja
- Praćenje stanja zavara i tračničkih spojeva
- Praćenje profila, oštećenja, puknuća i trošenosti tračnica
- Praćenje stanja elemenata voznog parka
- Korištenje voznog parka operatera za dijagnostiku
- Velike uštede i sigurniji sustav

## Svjetska iskustva:

- Prikupljanje i komparacija podataka prikupljenih učestalim ciklusom mjernih vožnji samohodnih vozila za provjeru geometrijskog uporabnog stanja kolosijeka.
- Prikupljanje i komparacija podataka prikupljenih stalnim mjerenjima u realnim uvjetima prometovanja konvencionalnih vlakova operatera uz korištenje ugrađene mjerne tehnike na vozilima.
- Sačinjavanje generičkih modela degradacije usporedbom podataka uzastopnih mjerenja.
- Ugradba opreme i senzora za praćenje stabilnosti kolosijeka - planiranje radova na strojnom reguliranju kolosijeka.
- Praćenje kontakta tračnica/kotač u realnom vremenu (geometrijski položaj, zaravnjenost kotača, dinamički utjecaj i opterećenja).



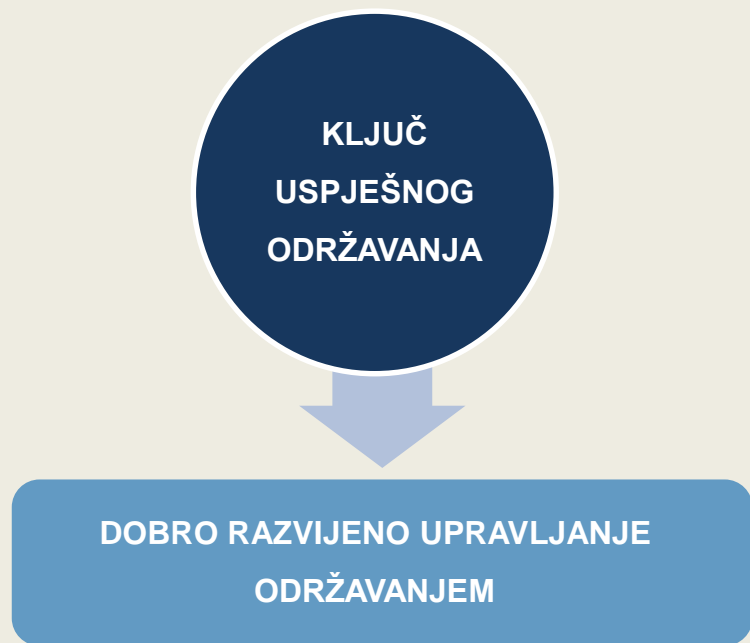
Postojeći sustav održavanja:

- Temeljen na nasljeđu, klasičnim prikupljanjem podataka o imovini i njenom stanju (baze podataka i evidencije)
- Nedostatan broj stručnjaka koji se bave održavanjem (nemoguće je „ručno“ analizirati sve pridobivene podatke i donijeti pravovremene odluke)
- Postojeći sustavi za mjerenja, kontrole i pripadajući postupci su „zastarjeli” – upitna međusobna kompatibilnost
- Nije moguć transfer podataka, na centralizirano mjesto sa ciljem automatizirane obrade i dijagnostike

Za održavanje željezničke infrastrukture u RH pribjegava se tradicionalnim metodama održavanja koje su usmjerene prema korektivnom (u slučaju kvara) i preventivnom održavanju (rešetanje zastora, zamjena tračnica, pragova i pričvrsnog pribora). Promatraju se geometrija kolosijeka i stanje kolosiječnih komponenti, koje se periodično mijenjaju ili obnavljaju kako bi zadovoljile potrebnu razinu kvalitete.



# Upravljanje održavanjem



## GLAVNE ZADAĆE UPRAVLJANJA ODRŽAVANJEM:



# Zaključak

Pravovremeno održavanje kolosijeka je ključno za realizaciju optimiziranih planova, čime se produžuje vijek trajanja komponenti kolosijeka. Troškovi održavanja i remonta rastu eksponencijalno tijekom uporabe kolosijeka. Učinkovitost sustava moguće je povećati smanjenjem troškova i boljom kontrolom procesa održavanja. Sustav upravljanja održavanjem moderne željezničke infrastrukture zahtijeva dijagnostički koncept, uz pristup održavanju temeljem stvarnog stanju, analize podataka, dijagnoze i prognoze budućih stanja komponenti.

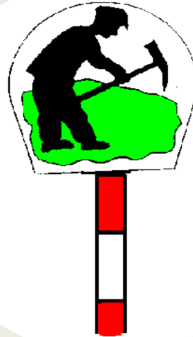
Učinkovitije održavanje sustava moguće je postići „CBM” strategijom uz primjenu suvremenih matematičkih modela, tehnologija i aplikacijskih alata (programska i računalna oprema), te primjenu sustava za potporu u odlučivanju koji uključuju nove računske modele optimizacije održavanja (primjena genetičkih algoritama).

**Smanjenje troškova i funkcionalnost održavanja postiže se pravodobnim pribavljanjem informacija o stanju i degradaciji elemenata imovine usmjereno prema donosiocima odluka, s odgovarajućim prikazima uz predviđanje troškova.**





Zahvaljujem na pažnji



Neno Kladarić ing.građ, mag.ing.traff.  
Nadzorno središte Slavonski Brod  
[neno.kladaric@hzinfra.hr](mailto:neno.kladaric@hzinfra.hr)

