



**UNIVERZITET U NIŠU  
MAŠINSKI FAKULTET**

# **SAVREMENO ODRŽAVANJE ŽELEZNIČKIH VOZILA**

**Prof. dr Dušan Stamenković  
Mašinski fakultet Niš**

# Osnovne karakteristike savremenih železničkih vozila

Glavne karakteristike savremenih vozova za velike brzine jesu: laka konstrukcija, visok komfor i visoka bezbednost.

Karakteristika novih železničkih vozila je ugrađena brojna senzorska i informaciona tehnika koja omogućava da se vozilom upravlja kompjuterima, po potrebi i van vozila, uz stalno praćenje brojnih parametara na agregatima vozila.





Razvoj novih tehnologija značajno je uticao na savremena železnička vozila.

Brojna tehnička rešenja uvećavaju složenost železničkih vozila, ali se primenom savremenih tehničkih rešenja, a posebno elektronike i računara, obezbeđuje uspešna eksploatacija.

Posebne prednosti donosi modularna gradnja železničkih vozila.



# Osnovne karakteristike savremenih železničkih vozila

**Novi pristup u konstrukciji železničkih vozila jeste modularna gradnja.**

**U procesu održavanja može ceo modul da bude zamenjen novim. Vreme za intervencije održavanja je kraće.**

**Lako se mogu da uvedu novine tj. modifikacije na starom modelu vozila - zamenom starog modula novim.**



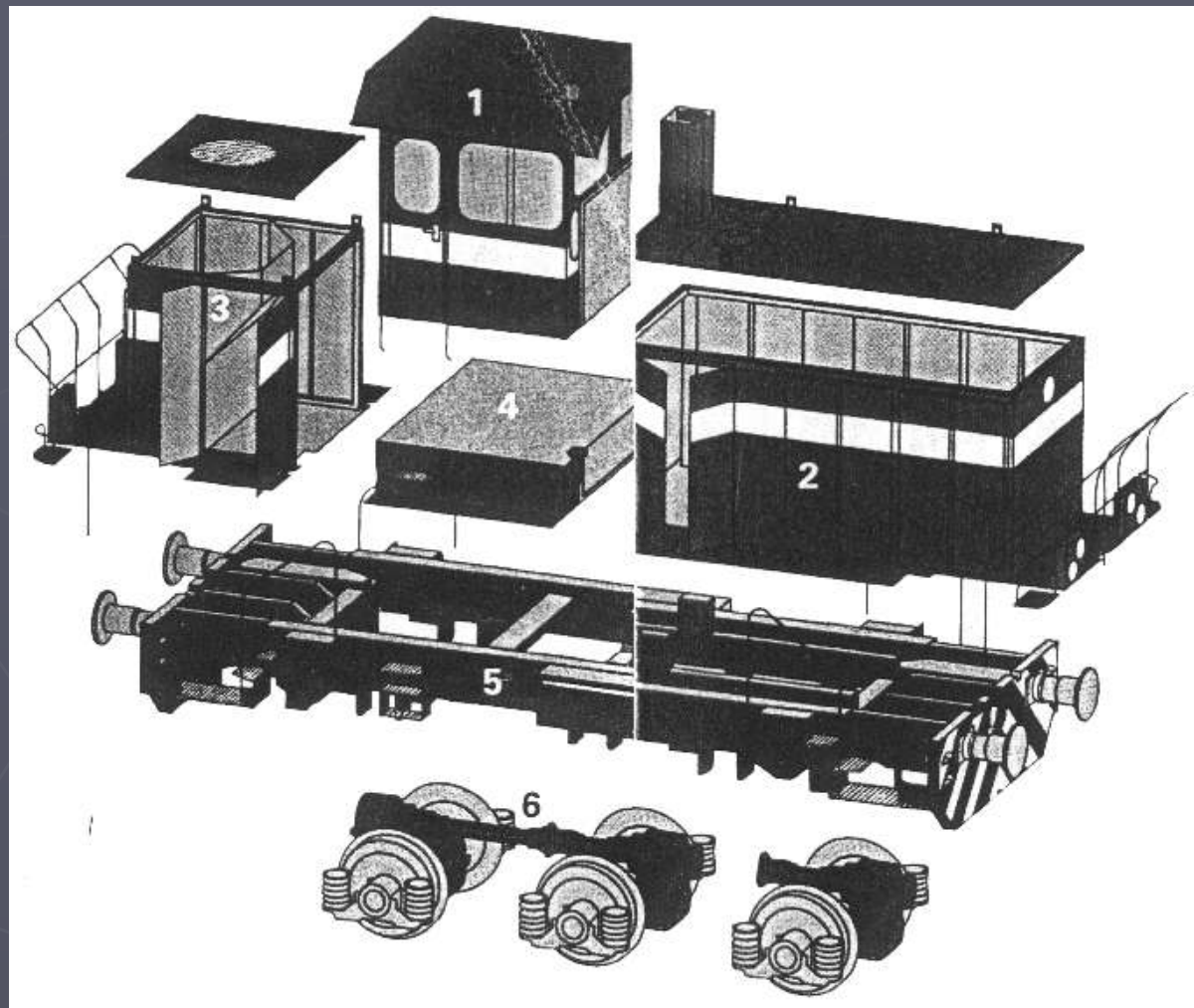
# Modularna gradnja savremenih železničkih vozila



# Modularna gradnja savremenih železničkih vozila

Celokupno vozilo je sagrađeno iz modula koji su međusobno povezani razdvojivim vezama u jedinstvenu celinu.

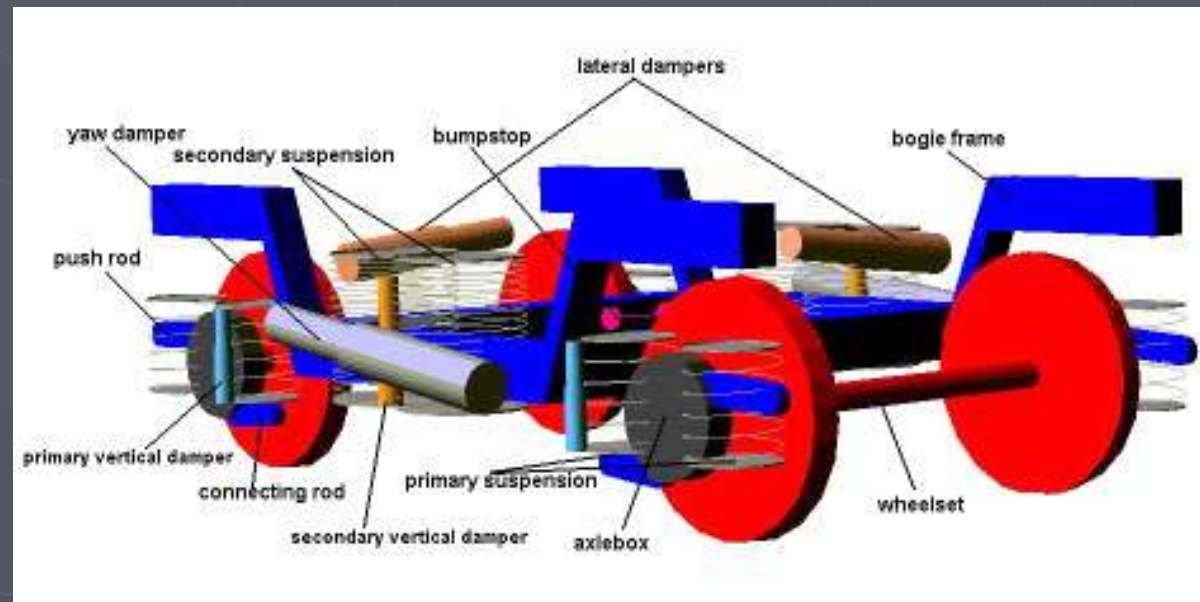
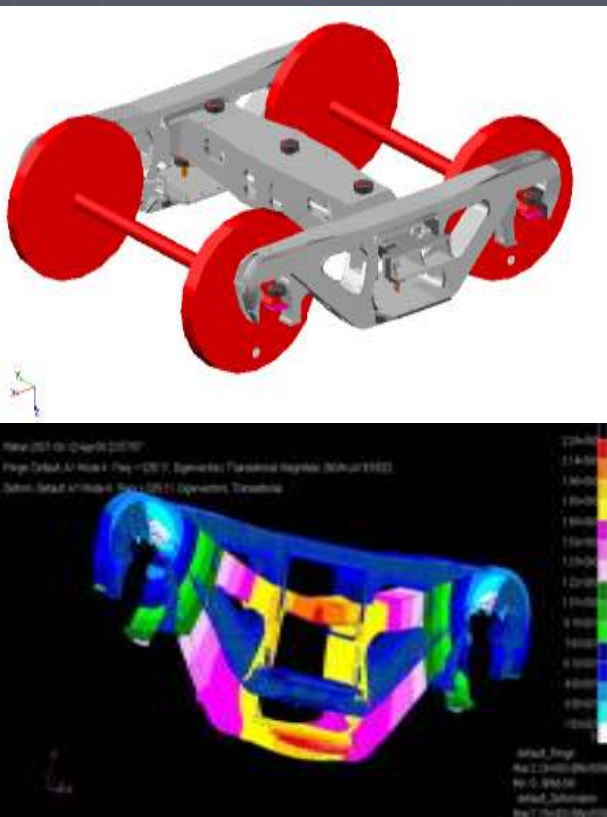
- 1 - Kućište mašinovođe
- 2 - Modul motora
- 3 - Rashladni modul
- 4 - Rezervoar
- 5 - Ram od punog profila
- 6 - Osovinski sklop



*Dizel-hidraulična manevarska lokomotiva*

# Modularna gradnja savremenih železničkih vozila

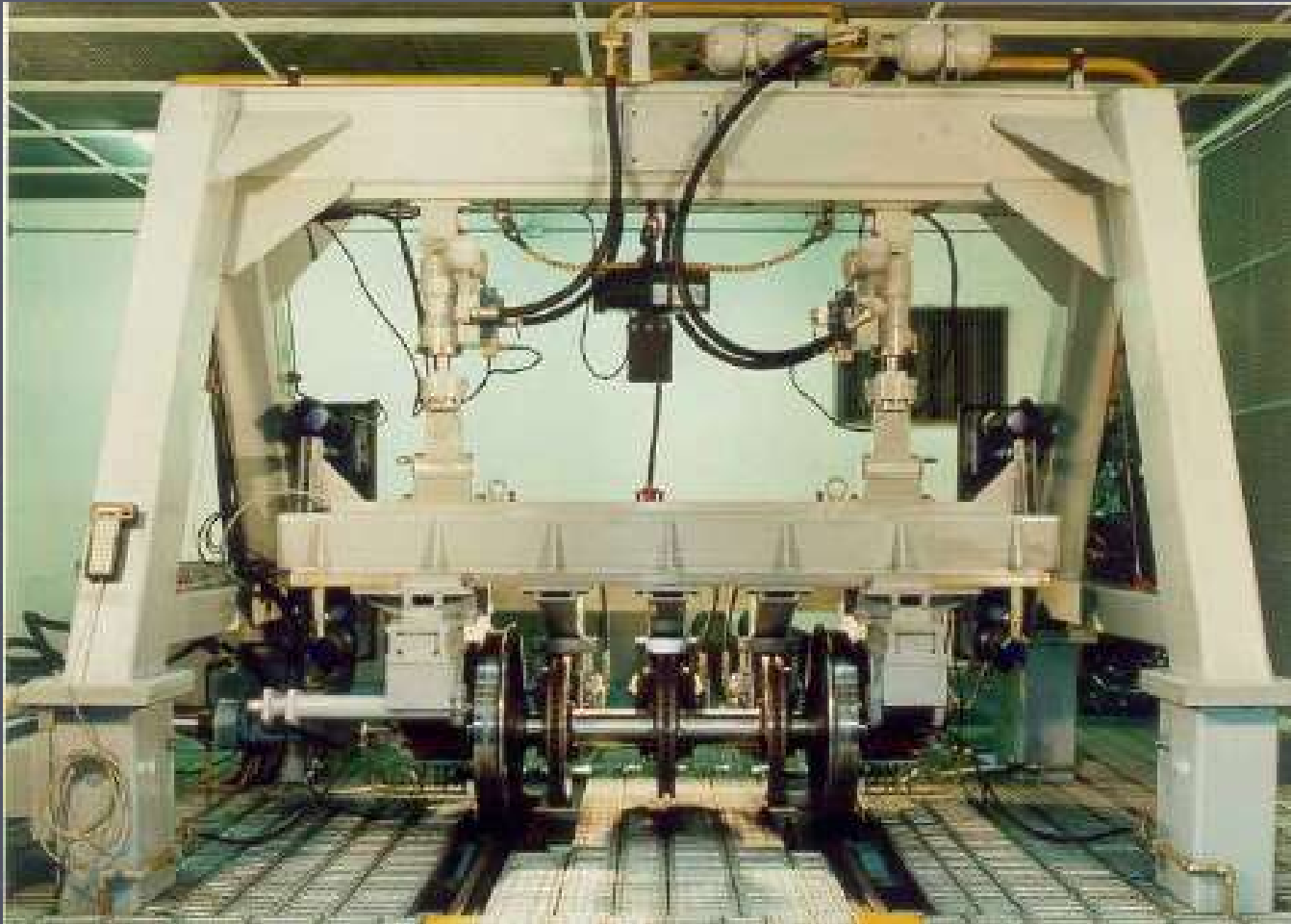
Moduli u osnovi predstavljaju nezavisne sisteme projektovane i testirane savremenim pristupom projektovanja i proizvodnje u virtuelnom okruženju. Tako se korišćenjem simulacija u toku projektovanja vrši provera njihovog dinamičkog ponašanja u virtuelnim uslovima eksploatacije i vrši optimizacija.



*Multi-body model vozila  
obratno postolje*

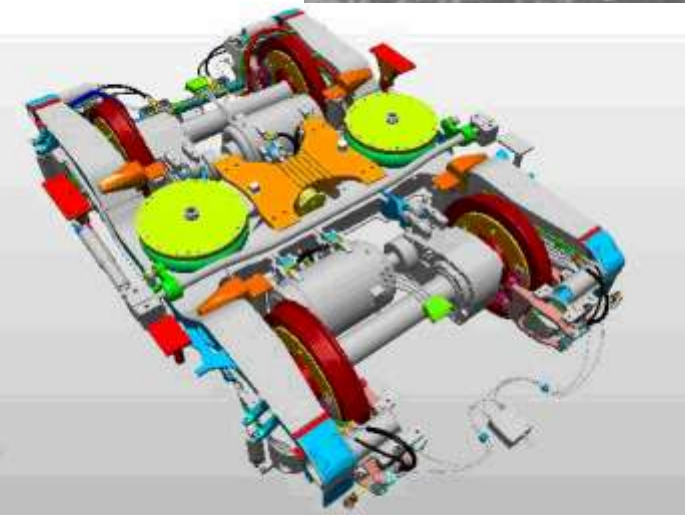
# Modularna gradnja savremenih železničkih vozila

Zatim, ovako proizvedeni moduli se testiraju i proveravaju na ispitnim stolovima ili u realnim uslovima ili i u direktnoj eksploataciji.



*Dinamički ispitni sto BU300 za testove sa postavljenim osovinskim sklopom*





**Obrtno postolje (pogonsko)  
za DESIRO ML**

# ISPITIVANJE ŽELEZNIČKIH VOZILA

## Ispitni centri



SIEMENS - Vegberg-Vildernah



# ISPITIVANJE ŽELEZNIČKIH VOZILA

Ispitni centar Siemens - Vegberg-Vildernah

U sklopu centra za ispitivanje nalazi se:

- 28 km pruge normalne širine koloseka
- 2 kružne staze i 3 probne trase za najrazličitije zahteve za ispitivanjem
- 150 metara pruge namenjene za simulaciju sudara i ispadanja vozila iz koloseka
- sisteme napajanja svih poznatih tipova napona i struja DC i AC (2400 A, 25 KV)
- signalni i sigurnosni sistemi
- pomoćne moderne hale i radionice sa mašinama, alatima i mernim uređajima za statička ispitivanja, rastavljanje i sastavljanje vozila.



# Održavanje ICE vozova

Plansko održavanje

Neplanske opravke

Raspoloživost ICE vozova



UIC (International Union of Railways) definiše vozove velikih brzina kao vozila koja trče na/iznad brzine od 250 km/h na novom koloseku ili 200 km/h na postojećoj pruzi.

# ICE<sup>®</sup> 1 High-Speed Trainset for German Rail DB AG



Siemens delivered components (e.g. traction motor and traction control) for 60 ICE 1 trainsets and in 2005 they received the order to equip 19 ICE 1 trainsets with the monitoring system ETCS.

## Technical Data

Class	401	
Year	1990-1992	
Power system	AC 15/16.7	kV/Hz
Maximum power at wheel	4800	kW
Maximum speed	280	kph
Track gauge	1435	mm
Numbers built	120 traction units / 38 equipped with ETCS	

# ICE® 2 High-Speed Trainset for German Rail DB AG



## Technical Data

Class	402	
Year	1995 - 1997	
Number of cars	8	
Power system	AC 15/16.7	kV/Hz
Maximum power at wheel	4800	kW
Maximum speed	280	kph
Weight	410	t
Track gauge	1435	mm
Number of seats	389	
Numbers built	44	

# ICE® 3 High-Speed Trainset for German Rail DB AG and Netherlands State Railway NS



***Maksimalna brzina voza ICE 3 je 330 km/h.***

***Relaciju od Kelna do Frankfurta, dugu 220 km, prelazi za nešto manje od jednog sata.***

## Technical Data

Class	403 / 406			
Year	2000-2001	2000-2001	2004-2006	
Number of cars	8	8	8	
Power System	AC 15/16.7	DC 3 DC 1.5	AC 15/16.7	kV/H z
Maximum power at wheel	8000 AC	4300 DC 8000 AC	8000 AC	kW
Max. Speed	330 AC	220 DC 330 AC	330 AC	kph
Weight	410	436	410	t
Track gauge	1435	←	←	mm
Number of seats	441	431	458	
Numbers built	37	13 + 4*)	13	

# ***SAVREMENO ODRŽAVANJE***



**Sušтина savremenog pristupa održavanju  
železničkih vozila leži u pouzdanoj dijagnostici i  
obradi sistematizovanih mernih podataka.**



# Održavanje ICE vozova

## Plansko održavanje

	Oznaka	Trajanje opravke	ICE depoi sposobni za izvršenje radova	Opravlka se obavlja posle pređenih km
<b>Pregled trčućeg sklopa</b>	<b>L</b>	<b>1 čas</b>	Hamburg, Minhen, Berlin	<b>3.500</b>
<b>Pregled</b>	<b>N</b>	<b>2 časa</b>	Hamburg, Minhen, Berlin	<b>20.000</b>
<b>Pregled</b>	<b>F 1</b>	<b>16 časova</b>	Hamburg	<b>60.000</b>
<b>Pregled</b>	<b>F 2</b>	<b>22 časa</b>	Hamburg	<b>120.000</b>
<b>Pregled</b>	<b>F 3</b>	<b>26 časova</b>	Hamburg	<b>240.000</b>
<b>Pregled</b>	<b>F 4</b>			
<b>Mala opravka</b>		<b>4 dana</b>	Hamburg, Nuremberg	<b>1.200.000</b>
<b>Glavna opravka</b>		<b>13,5 dana</b>	Nuremberg	<b>2.400.000</b>

# Održavanje ICE vozova

## Plansko održavanje

### Pregled trčećeg sklopa svakih 3.500 km (L)

- pregled točkova, osovina i postolja
  - pregled svih pantografa
  - pregled kočnog sistema
- 
- čišćenje unutrašnjosti voza (I 2),
  - pražnjenje zatvorenog toaletnog sistema,
  - namirivanje svežom vodom i drugim potrošnim sredstvima,
  - dopuna kuhinje namirnicama.

# Održavanje ICE vozova

## Plansko održavanje

### Pregled (N) svakih 20.000 km

Ova kontrola uključuje radove iz pregleda trčećeg sklopa (L) plus:

- održavanje pogonskih jedinica u pogonskim kolima,
- proba kočnica.

### Pregled (F 1) svakih 60.000 km

- pregled trčećeg sklopa,
- čišćenje unutrašnjosti voza (I 3)
- Br 1.1 remont kočnica.



## Pregled (F 2) svakih 120.000 km

rad je detaljniji nego u F1

Obuhvata čišćenje tehničkih uređaja kao što su pogonska elektronika, hladnjaci ulja, filteri za ventilaciju, uređaj za klimatizaciju

## Pregled (F 3/4) svakih 240.000 km

F 3 se sprovodi na polovini voza, a F 4 na drugoj polovini. Posle narednih 240000 km prva polovina voza se podvrgava F 4 a druga polovina F 3.

uključuje sve stavke iz F 2 plus:

- ultrazvučno ispitivanje osovina,
- pregled kvačenja i veza na prelazima,
- čišćenje unutrašnjosti voza (I 4),
- Br 1.2 remont kočnica.



# Održavanje ICE vozova

## Plansko održavanje

**Mala opravka (remont) svakih 1.200.000 km** - 4 dana

Obavlja se na polovini voza, a na drugoj polovini F 3 pregled.  
Najvažniji posao je zamena postolja.



**Glavna opravka (remont) svakih 2.400.000 km** – 13,5 dana

Ovo je najtemeljniji nivo opravke. Voz je razdvojen u pojedinačna vozila i ona se mere. Određene komponente se razgrađuju, čiste i potom ispituju. Kao deo glavne opravke, može da popravlja spoljna oplata ili zamenjuju podne prostirke.

# Održavanje ICE vozova

## Neplanske opravke

Pojedini kvarovi (poremećaj funkcije) se otkrivaju dijagnostičkim sistemom voza, prijavljuju i otklanjaju u kompjuteru ili ih otklanja tehnički pratioc voza ili kondukter na računaru.

Svaki ICE voz je u vezi sa depoom u Hamburgu, Minhenu ili Berlinu i radijom šalje dijagnostičke podatke. Specijalni kompjuterski program raspodeljuje primljene nedostatke u jedan od pet prioriteta opravke.

Kao glavni princip važi:

**što je pre moguće, otkaze treba otkloniti u vreme kada je voz u planskoj opravci.**



# Održavanje ICE vozova

## Neplanske opravke

**Prioritet 1:** Korektivne mere su neophodne; nema daljeg putovanja dok se ne obave radovi;

**Prioritet 2:** Korektivne mere su potrebne; dalja putovanja mogu biti dozvoljena u izuzetnim slučajevima pre izvođenja radova;

**Prioritet 3:** Korektivne mere mora da se obave u sledećih 1-3 dana (kvarovi koji su bili u prioritetu 4 prethodnog dana i koji su dospeli u jednu višu kategoriju);

**Prioritet 4:** Korektivne mere mora da se obave u sledećih četiri dana (kvarovi koji dospevaju u prioritet 3 posle jednog dana);

**Prioritet 5:** Korektivne mere mora da se obave u okviru sledeće planske opravke.

# Održavanje ICE vozova

## Raspoloživost ICE vozova

Sistem održavanja ICE vozova razvijen je na osnovu sledeća tri načela:

- povećanje raspoloživosti garnitura ICE vozova,
- očuvanje vozila na istom visokom tehničkom nivou,
- smanjenje troškova održavanja.





# Održavanje ICE vozova

## Raspoloživost ICE vozova

Faktori koji omogućuju visoku raspoloživost (95%):

1. Dijagnostički sistem voza kombinovan sa pravovremenim radio obaveštenjima o kvarovima omogućava da se većina korektivnih radova obavi u planskim kraćim zadržavanjima u depou.
2. Depoi su opremljeni savremenim uređajima za ispitivanje – stacionarnim dijagnostičkim sistemima.
3. Planovi upošljenosti depoa za održavanje se izrađuju na fleksibilnoj osnovi. Osoblje radi u turnusu. Za veće vanredne opravke angažuje se rezervna (stand by on call) postava/smena.
4. Broj pređenih kilometara posle kojih se obavlja planska opravka podleže toleranciji od 20%.

# SAVREMENO ODRŽAVANJE ŽELEZNIČKIH VOZILA



**On-board sistemi** su ugrađeni u vozilo i koriste se za kontinualni nadzor uređaja u eksploataciji.

**Stacionarni dijagnostički sistemi** se koriste za povremene-periodične preglede ispravnosti železničkih vozila i instalirani su **pored pruge** ili **u radionicama**.

# SAVREMENO ODRŽAVANJE ŽELEZNIČKIH VOZILA



## SAVREMENI DIJAGNOSTICKI SISTEMI

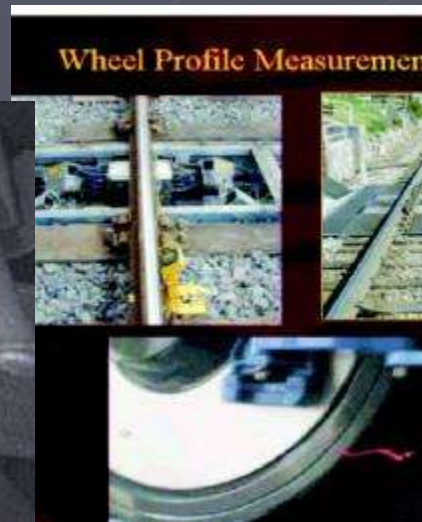
**ON-BOARD DIJAGNOSTIČKI SISTEMI**

- Sistem ranog upozoravanja
- Dijagnostika amortizera
- Dijagnostika pogonskog agregata
- Dijagnostika ležajeva pogonskog agregata

**+**

**STACIONARNI DIJAGNOSTIČKI SISTEMI**

- Dijagnostika točka
  - Analiza profila, prečnika i zaravnjenosti
- Operacije testiranja i ocene otkaza voza
- Stacionarna dijagnostika pantografa
- Dijagnostika kočionog sistema, kočionih počica i ležaja
- Ne destruktivno testiranje prekidača



# STACIONARNI DIJAGNOSTIČKI SISTEMI U RADIONICI



Sistem za nadzor kočionih pločica je (**BBDA** Bremsbelag-diagnoseanlage)

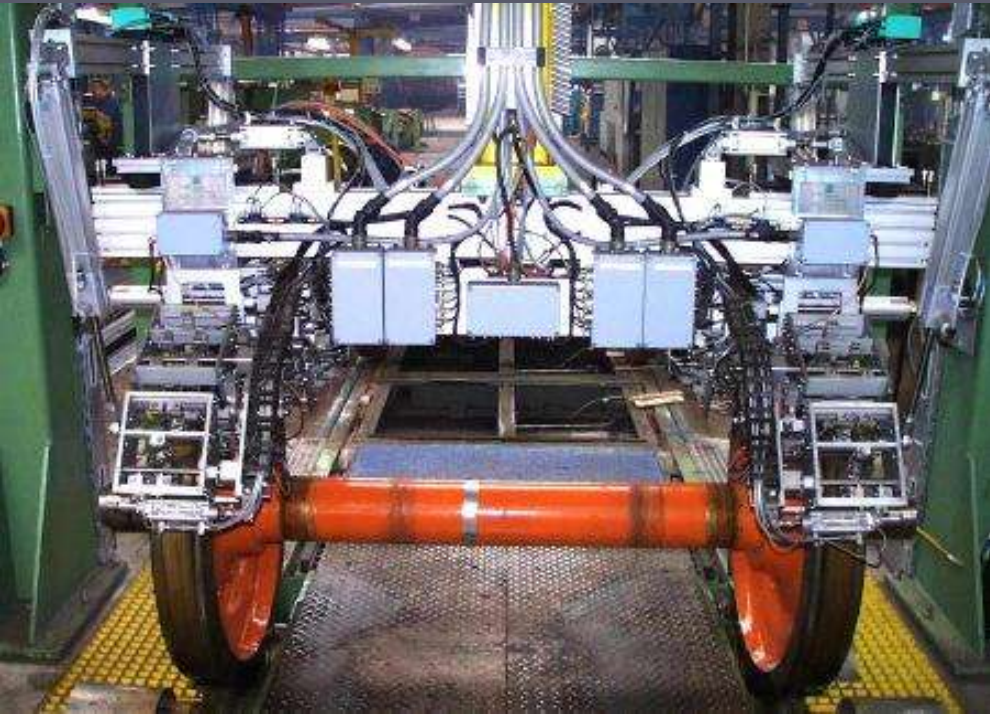
Ovakva provera se vrši posle pređenih 3800 kilometara.

**Detektuje istrošenost kočionih pločica na kočionim diskovima IC1 i IC2 vozova, kao deo sistema provere trčućeg sklopa.**

**Suština savremenog pristupa održavanju železničkih vozila leži u pouzdanoj dijagnostici i obradi sistematizovanih mernih podataka.**

# STACIONARNI DIJAGNOSTIČKI SISTEMI U RADIONICI

Da bi kontrolni pregledi u depoima bili efikasniji razvijeni su specifični dijagnostički sistemi



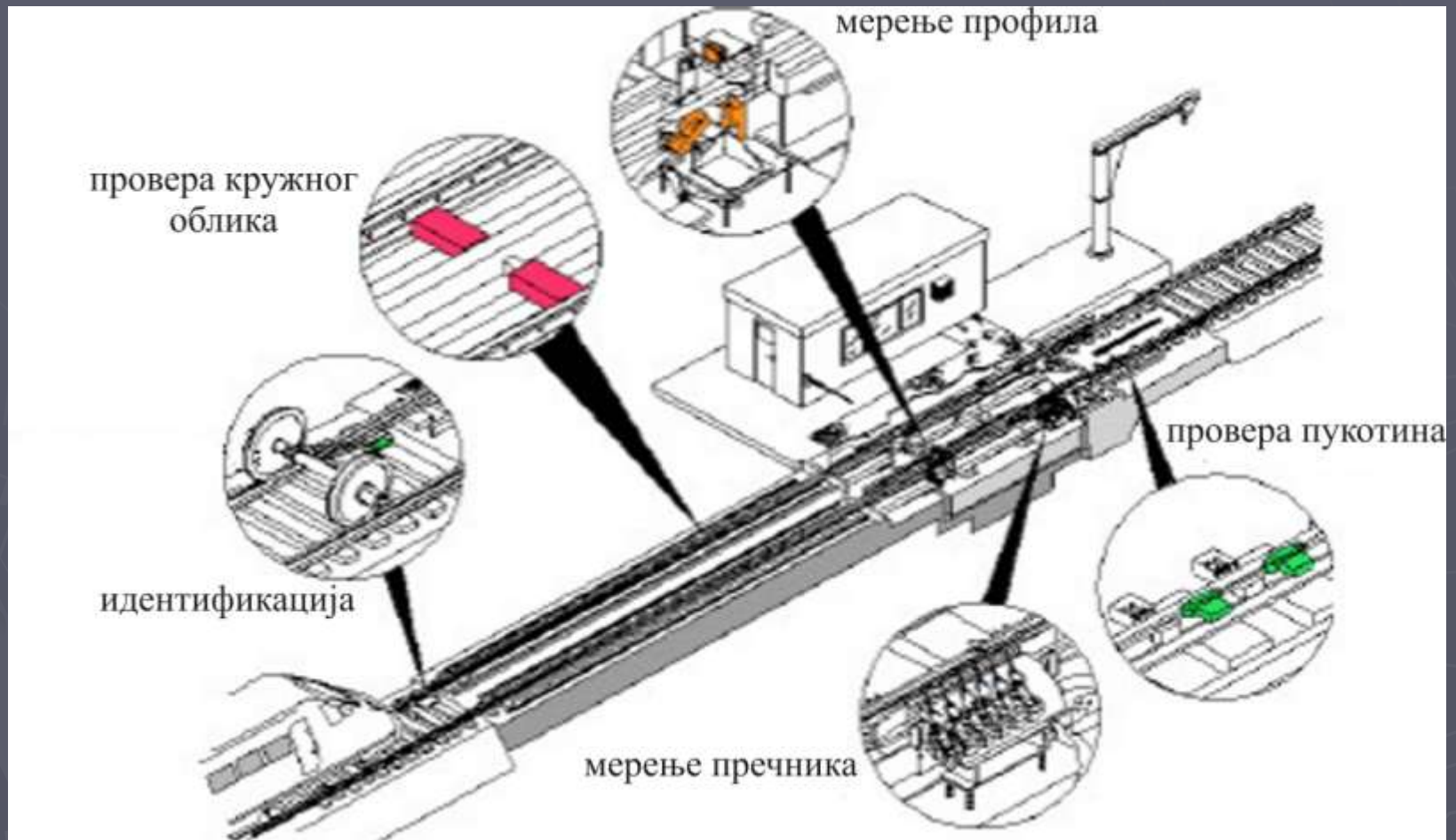
**Pregled točkova u depou DB  
Cargo u Paderbornu**



**Podzemno postrojenje za  
ispitivanje točkova u ICE depou  
Centralne Minhenske stanice**

# SAVREMENO ODRŽAVANJE ŽELEZNIČKIH VOZILA

## STACIONARNI DIJAGNOSTIČKI SISTEMI U RADIONICI



Dijagnostički sistem za nadzor točkova osovinskih sklopova

# SAVREMENO ODRŽAVANJE ŽELEZNIČKIH VOZILA

## STACIONARNI DIJAGNOSTIČKI SISTEMI NA PRUZI

**Kanadska nacionalna železnica** je do 2002. godine instalirala **452 dijagnostička sistema** sa detektorima zagrejanosti osovinskih ležajeva i detektorima za otkrivanje delova koji izlaze iz gabarita.

U **Holandiji** je razvijen sistem za detekciju ravnih površina točkova i za merenje osovinskog opterećenja za vozila u pokretu na **38** lokacija.

Primena ovog sistema dovela je do smanjenja troškova i za prevoznike i za vlasnike infrastrukture.

# SAVREMENO ODRŽAVANJE ŽELEZNIČKIH VOZILA

## STACIONARNI DIJAGNOSTIČKI SISTEMI NA PRUZI

Stacionarni dijagnostički sistemi ugrađeni na pruzi predstavljaju merne stanice za dinamičku kontrolu železničkih vozila.

Većina dijagnostičkih sistema za praćenje stanja vozila je usredsređena na točkove i obrtna postolja.

- **detektori za otkrivanje delova kola koji izlaze iz tovarnog profila,**
- **detektori pregrejanosti osovinskih ležajeva i zagrejanosti točkova,**
- **detektori proklizavanja točkova,**
- **akustična detekcija otkaza ležajeva,**
- **monitoring stanja točkova,**
- **video nadzor vozila.**



# SAVREMENO ODRŽAVANJE ŽELEZNIČKIH VOZILA

## STACIONARNI DIJAGNOSTIČKI SISTEMI NA PRUZI

Akustična detekcija otkaza ležajeva

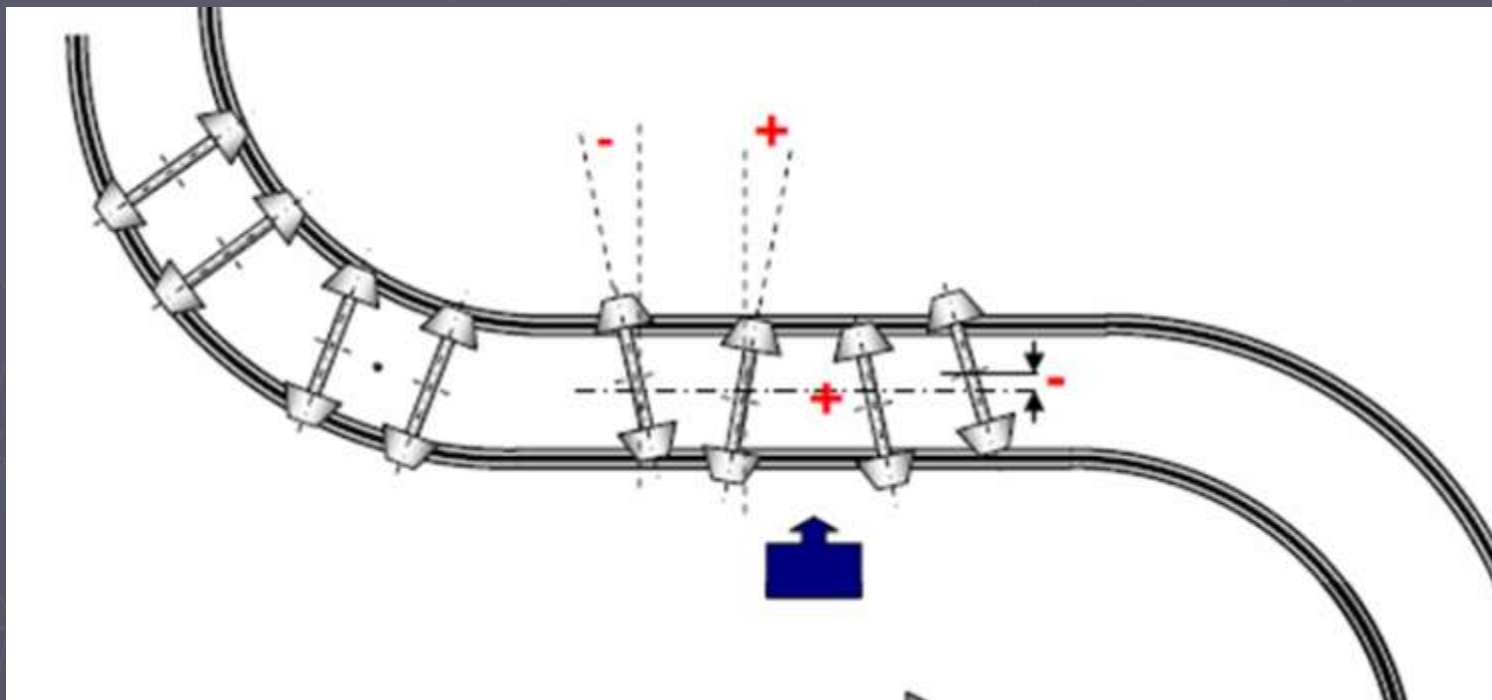


Akustični sistem se može koristiti za predviđanje performansi ležajeva u cilju određivanja optimalnog vremena za njihovu zamenu.

# SAVREMENO ODRŽAVANJE ŽELEZNIČKIH VOZILA

## STACIONARNI DIJAGNOSTIČKI SISTEMI NA PRUZI

Monitoring performansi vozila



T/BOGI sistem kanadske kompanije VID (Wayside Inspection Devices) (laser i kamera za merenje pozicije osovinskih sklopova utvrđuju bočno pomeranje, zmijoliko kretanje i napadni ugao)

# SAVREMENO ODRŽAVANJE ŽELEZNIČKIH VOZILA

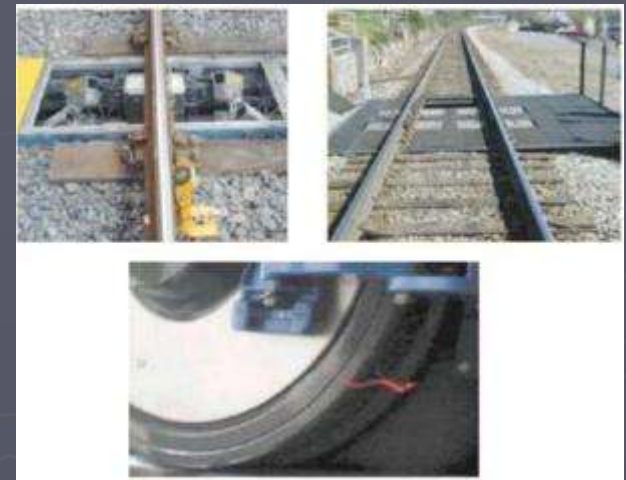
## STACIONARNI DIJAGNOSTIČKI SISTEMI NA PRUZI

Ugradnjom mernih traka i akcelometra na šini moguće je da se mere lateralne i vertikalne sile i da se identifikuju vozila koja su u opasnosti od iskliznuće.

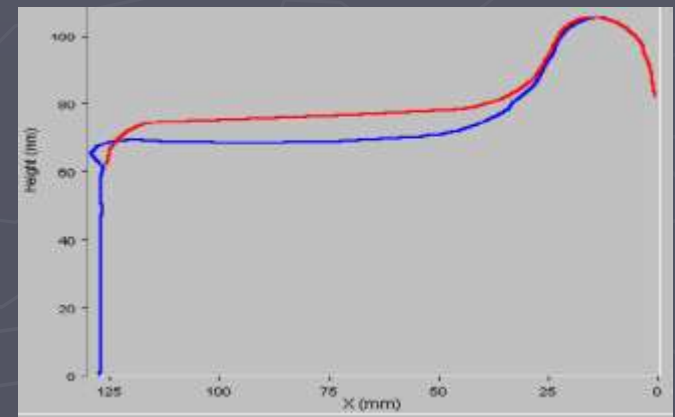
### Monitoring stanja točkova



Tenzometrijsko merenje udara točka izazvanih ravnim površinama ili oštećenjima na trčećoj površini



Merenje profila točkova laserom



# SAVREMENO ODRŽAVANJE ŽELEZNIČKIH VOZILA

## STACIONARNI DIJAGNOSTIČKI SISTEMI NA PRUZI

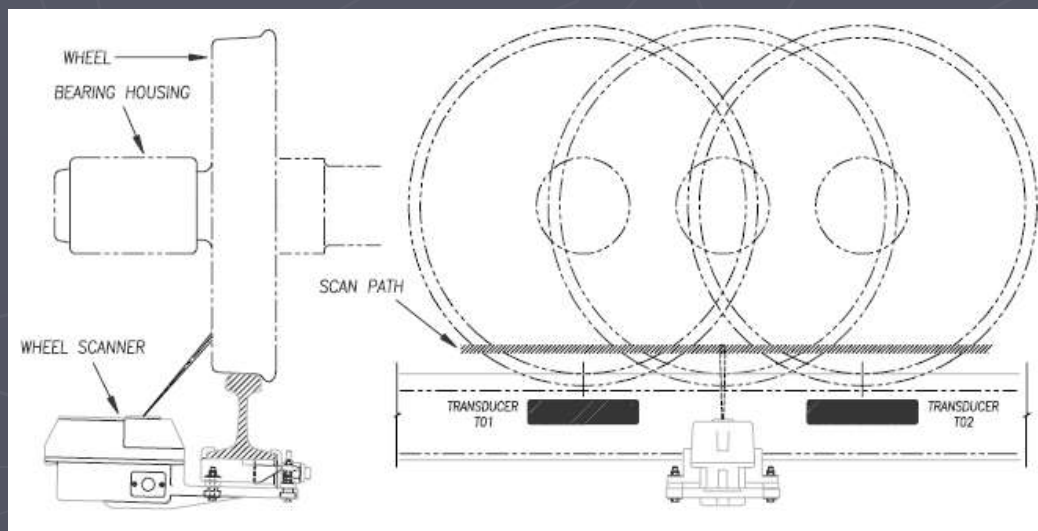


**Detektori pregrejanosti osovinskih ležajeva i zagrejanosti točkova**



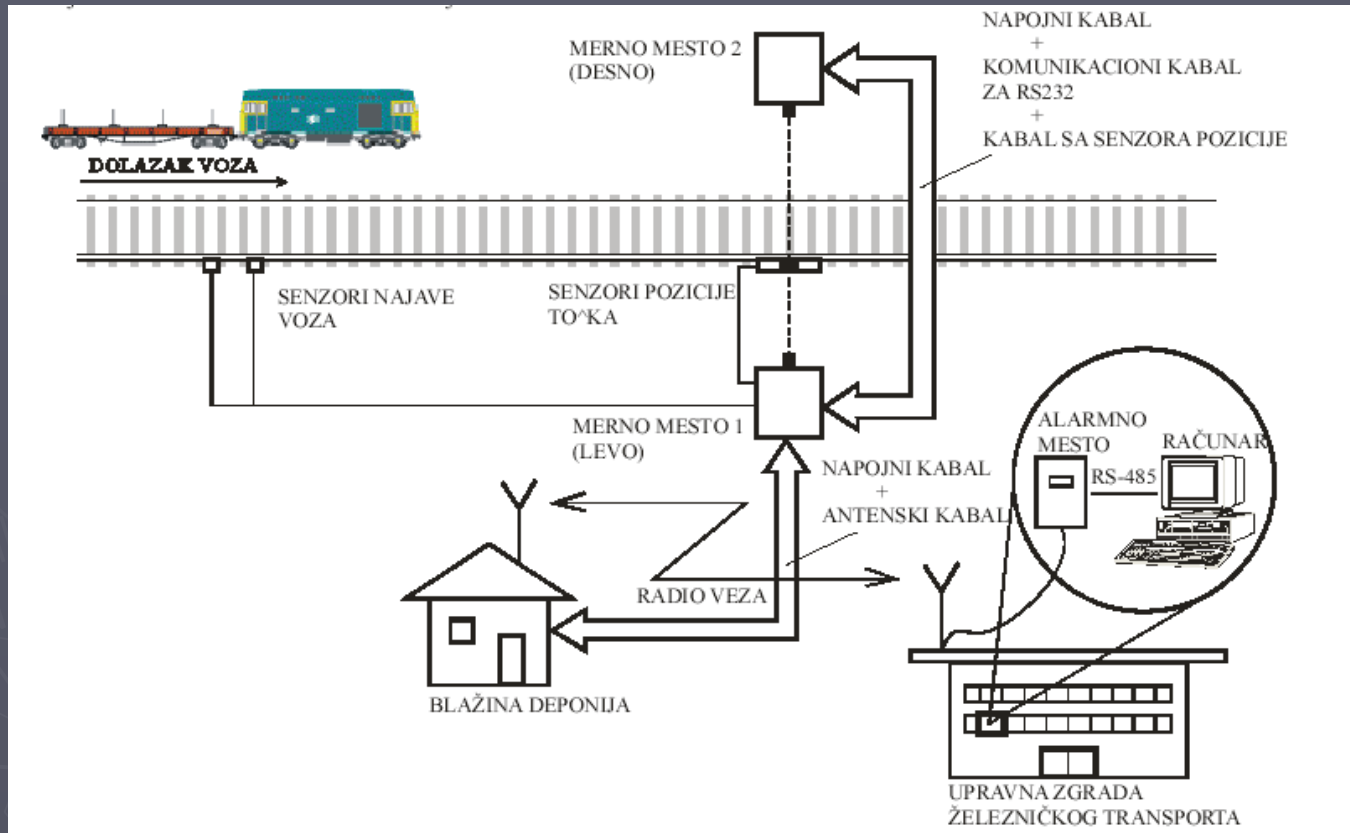
U Severnoj Americi je instaliran veliki broj detektora pregrejanosti osovinskih ležajeva duž pruge, na rastojanju od 15÷30 km.

Merenjem temperature točkova moguće je otkriti točkove koji imaju veću ili manju silu kočenja. Visoka temperatura može da ukaže na blokiranje točka, dok niska temperatura može da ukaže na otkaz u kočnom polužju.



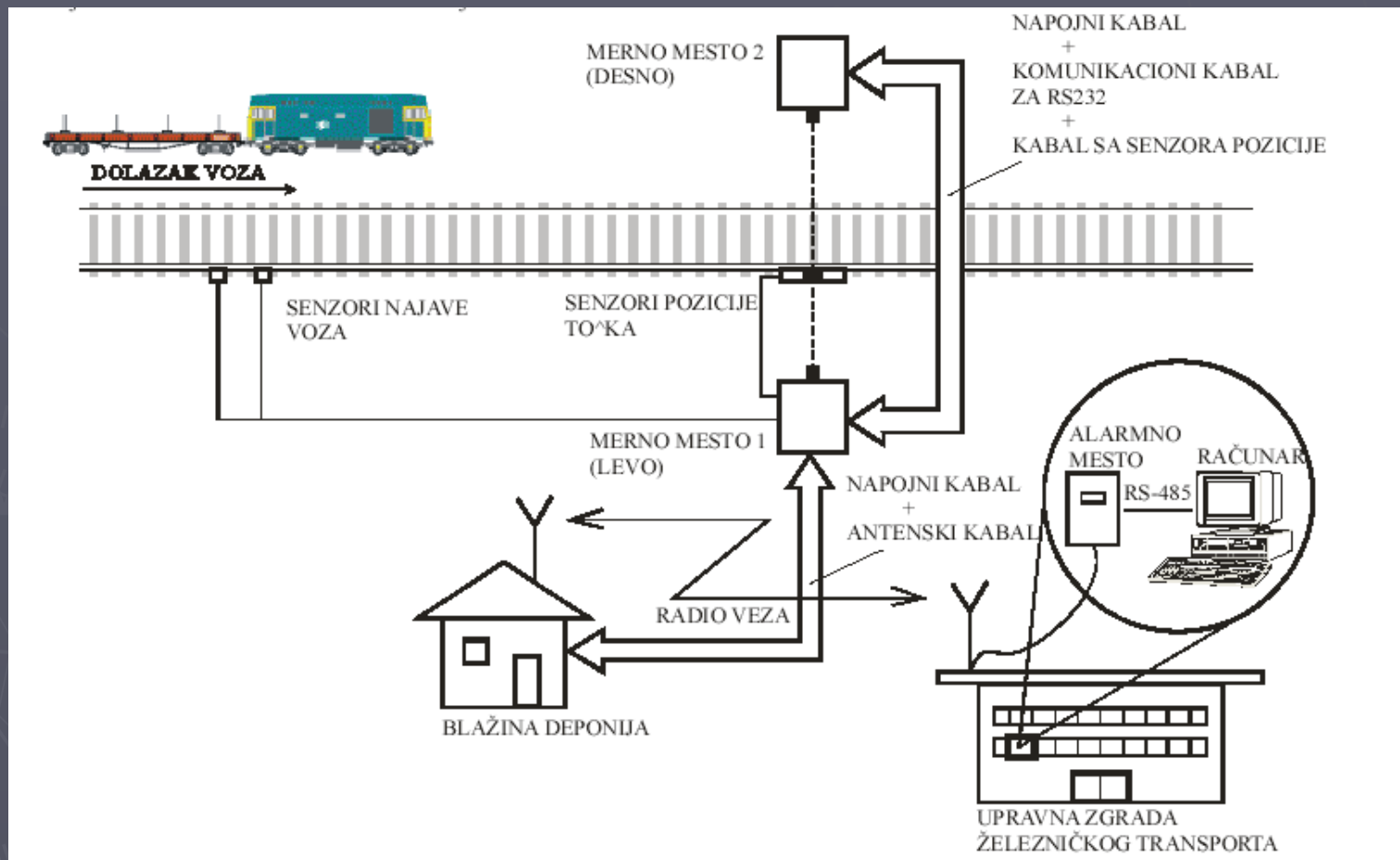
# SAVREMENO ODRŽAVANJE ŽELEZNIČKIH VOZILA

## STACIONARNI DIJAGNOSTIČKI SISTEMI NA PRUZI

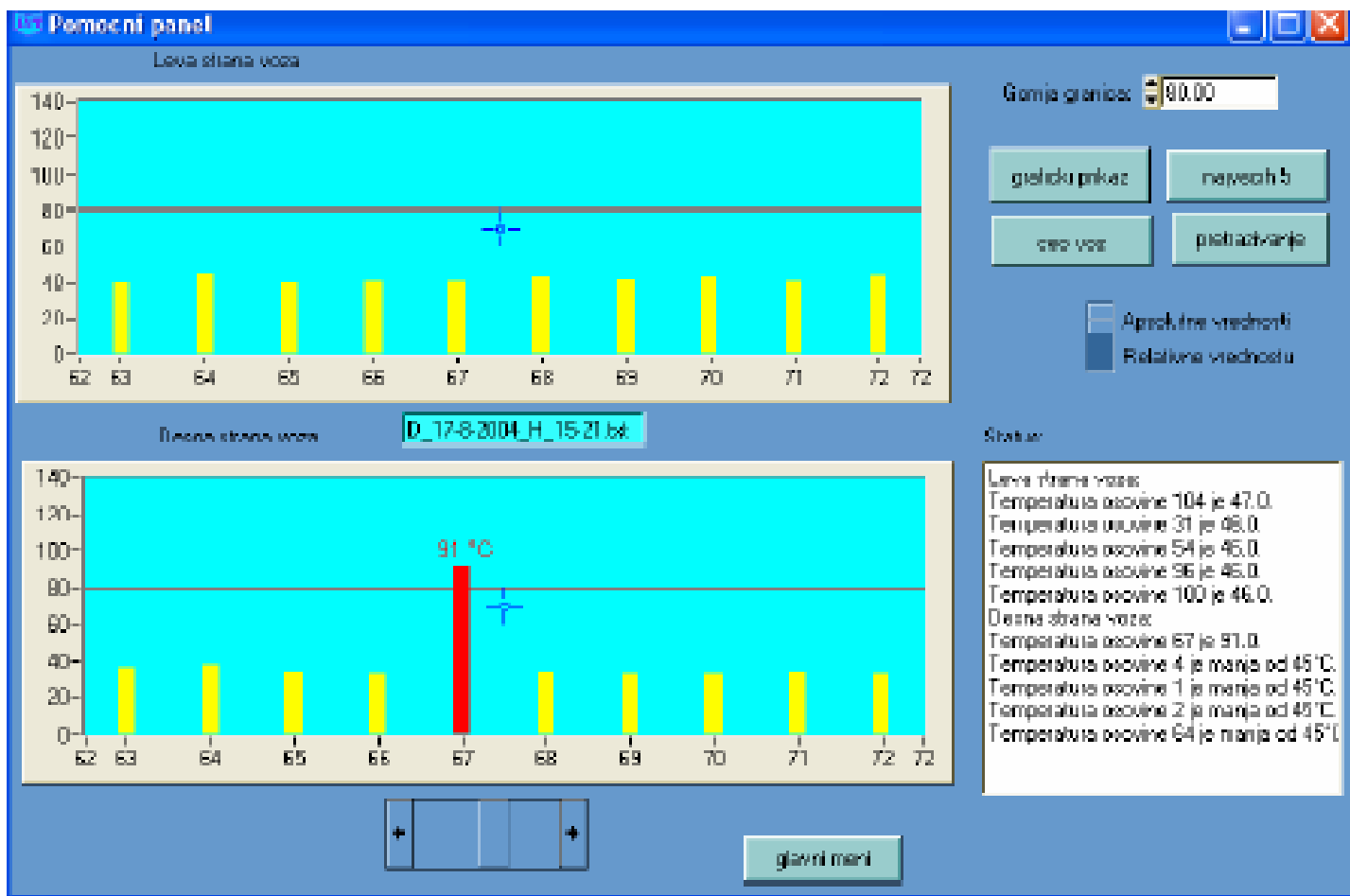


Na Železnicama Srbije, još uvek nema instalirane nijedne merne stanice tj. stacionarnog dijagnostičkog sistema, dok na prugama Termoelektrane Nikola Tesla postoji od 2006. godine merna stanica za utvrđivanje pregrejanosti osovinskih ležaja.

# SISTEM ZA PRAĆENJE PREGREJANOSTI OSOVINSKIH LEŽAJEVA TERETNIH KOLA U TENT OBRENOVAC



# SISTEM ZA PRAĆENJE PREGREJANOSTI OSOVINSKIH LEŽAJEVA TERETNIH KOLA U TENT OBRENOVAC

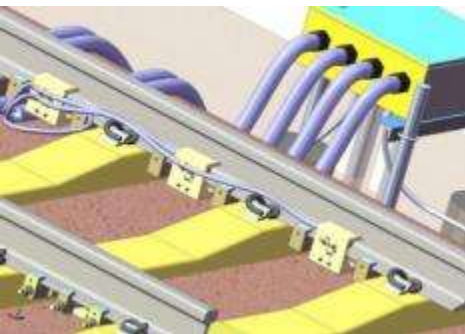
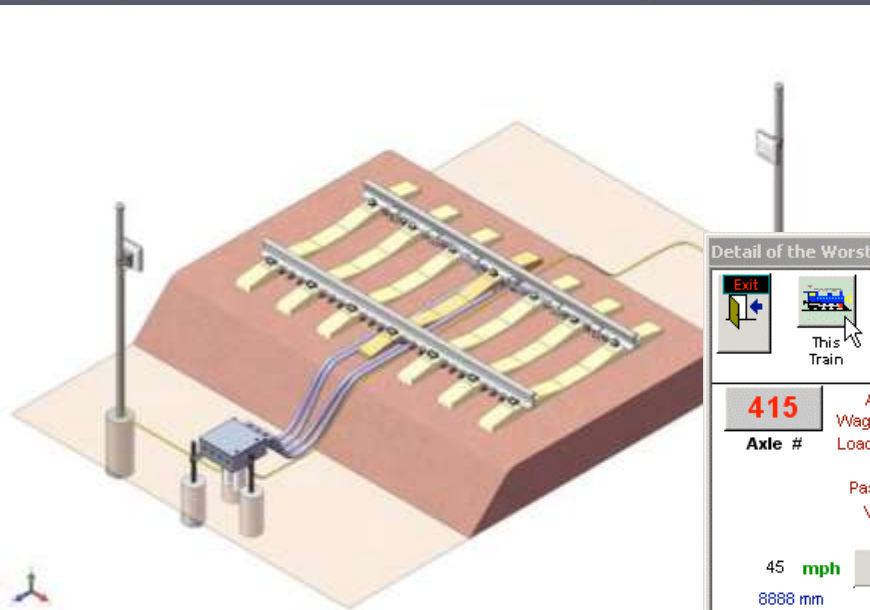


# *SISTEM ZA PRAĆENJE PREGREJANOSTI OSOVINSKIH LEŽAJEVA TERETNIH KOLA U TENT OBRENOVAC*





# U cilju unapređenja održavanja železničkih vozila, neophodno je da se na Železnicama Srbije pokrene projekt razvoja stacionarnih dijagnostičkih sistema.



Detail of the Worst Wheel in the Train

Exit | This Train | Worst Wheelsets | List

415 Axle #

**WORST WHEEL**

415 Axle Load (est) 12.9 ton  
 Wagon Gross (est) 42.3 ton  
 Axle # Load Balance (L:R) .0  
 (F:R) 64  
 Passive/Motive -> Passive  
 Vehicle Type -> 4 axle Wagon

45 mph  
 8888 mm from last axle  
 East  
 Carriage Axle # -> 4 3

Tag ID PPLX 000915 Vehicle # 103

NS 009747 Site 1  
 15:42:06 Wednesday, 4

Side A Near Rail Far Rail

Moderate

80 max kip 84  
 12.6 max gRMS 13.9

kip	gRMS		kip	gRMS
30	1.2	1	24	.0
26	.5	2	84	13.9
27	.6	3	33	1.7
24	.0	4	24	.0
80	12.6	5	40	3.2
		6		

Horm. Mean  
 80 3.70

Horm. Mean  
 84 6.24

12.89 mass (est)



# ON-BOARD DIJAGNOSTIČKI SISTEMI

Dijagnostički sistemi u vozu (*on-board*) omogućavaju neprekidan priliv informacija o pojedinim sklopovima voza u toku vožnje - neprekidan nadzor.

S obzirom na činjenicu da su sklopovi, koji su u stalnom kontaktu sa infrastrukturom, najviše opterećeni i izloženi habanju, razvijaju se on-board dijagnostičkih sistema za stalni nadzor:

- **Kontakta pantograf – kontaktni vod**
- **Kontakta točak – šina**
- **Obrtnog postolja**

**Suština savremenog pristupa održavanju železničkih vozila leži u pouzdanoj dijagnostici i obradi sistematizovanih mernih podataka.**

# ON-BOARD DIJAGNOSTIČKI SISTEMI

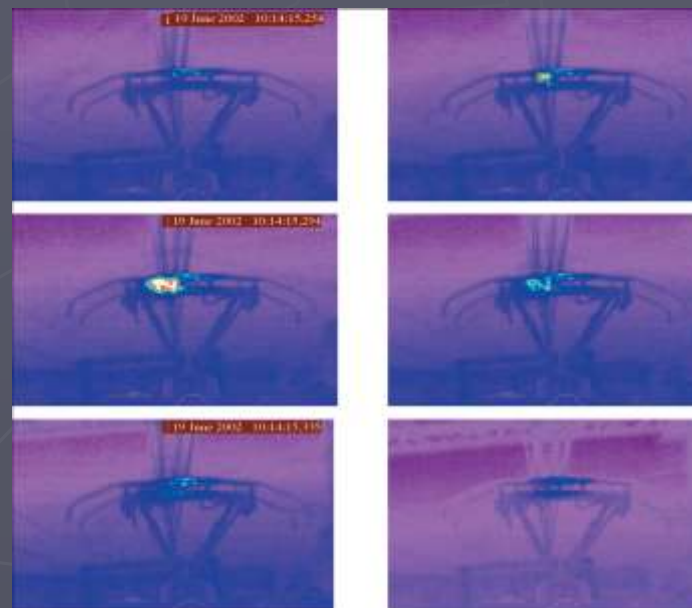
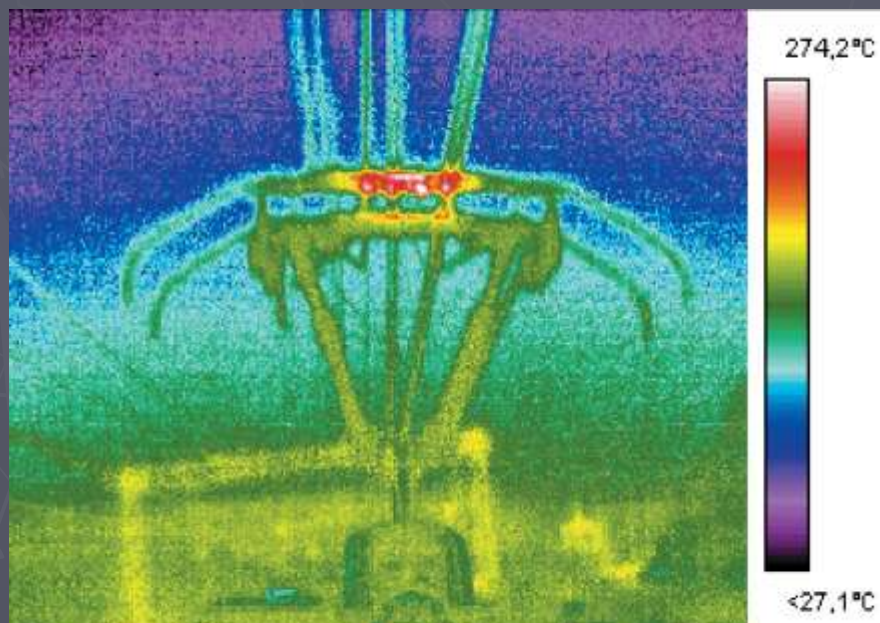
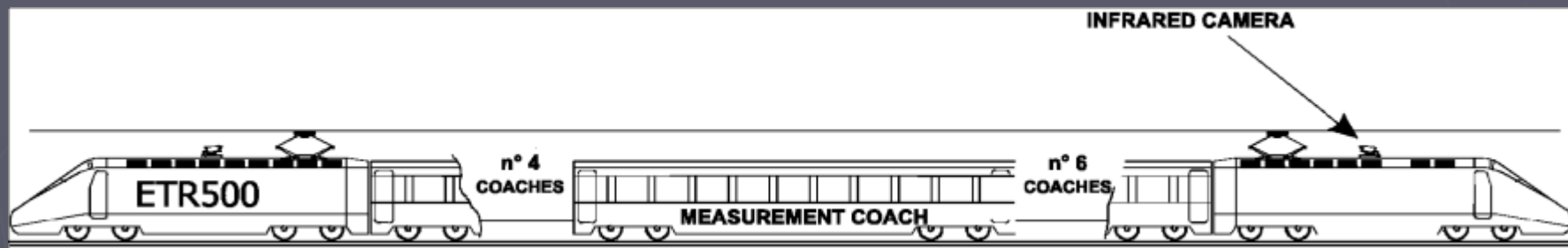
## Pantograf – Kontaktni vod



**Stalno "snimanje" kontaktnog voda i brzo reagovanje prilikom otkrivenih otkaza, drastično smanjuje mogućnost veće štete i dužeg narušavanja reda vožnje.**

# ON-BOARD DIAGNOSTIC SYSTEMS

## Pantograph – Contact wire



# ON-BOARD DIJAGNOSTIČKI SISTEMI



**Obrtno postolje i  
Kontakt točak – šina**

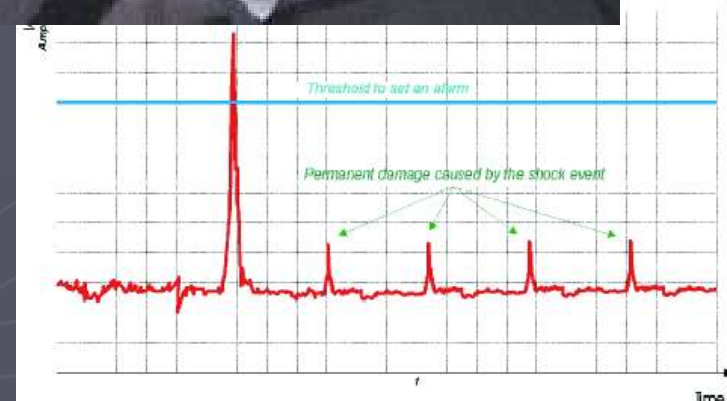


**SENSOR - bogie frame**

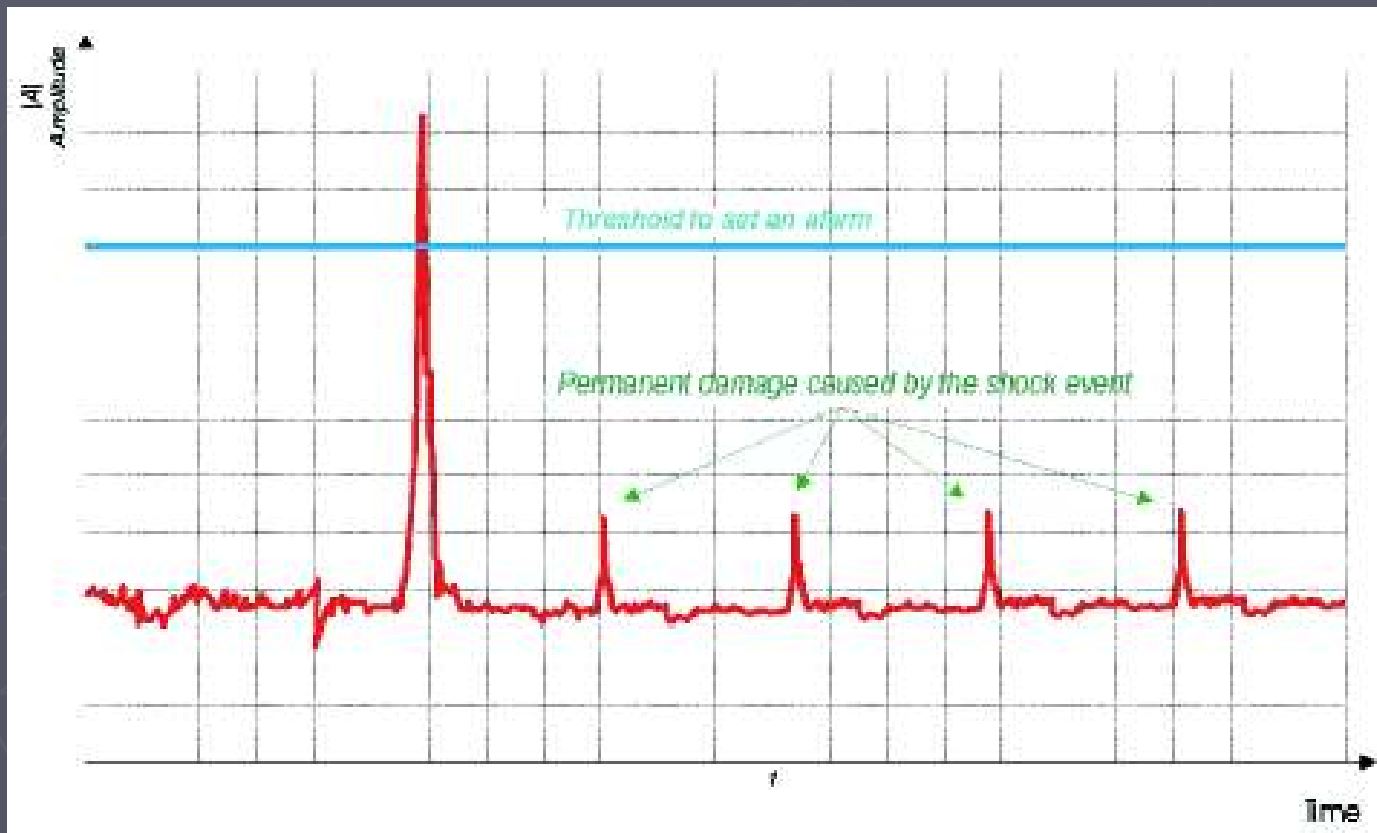


**SENSOR - axle bearing box**

**Senzor ubrzanja na konzoli amortizera  
Senzor ubrzanja na ramu obrtnog postolja  
Senzor ubrzanja sa integrisanim senzorom  
temperature u kućištima osovinskih ležaja.**



# ON-BOARD DIJAGNOSTIČKI SISTEMI

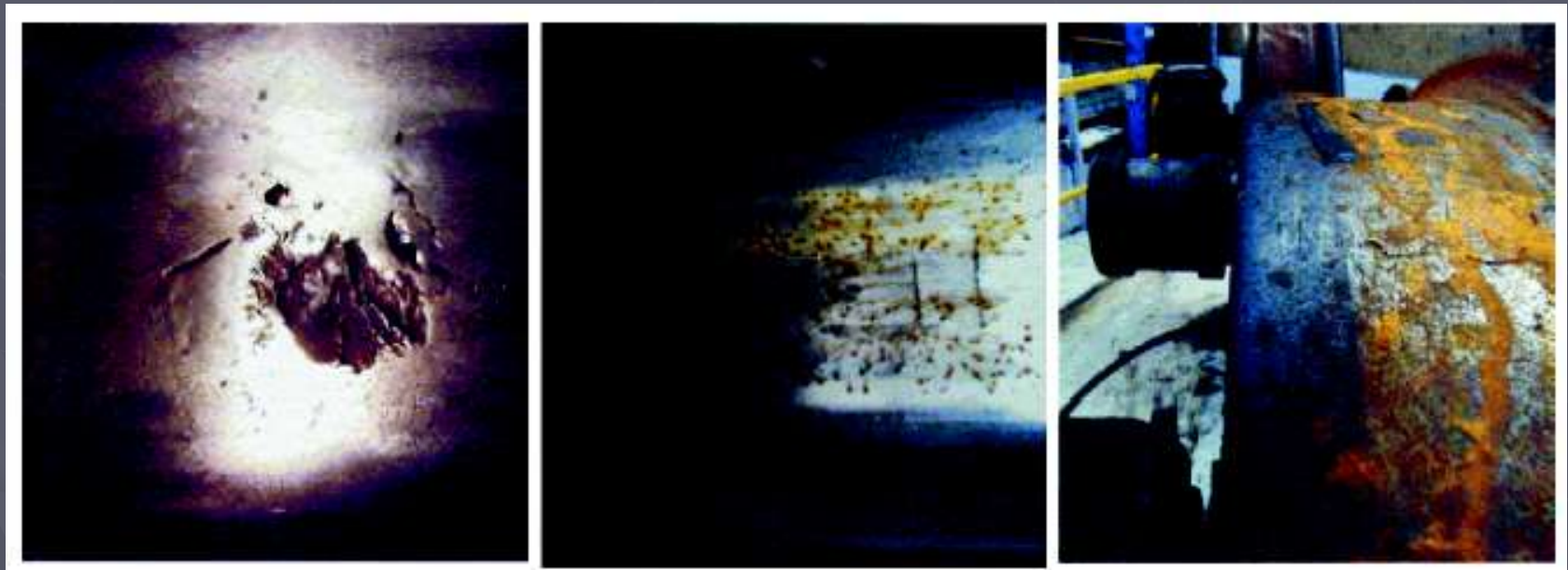


*Frekventni zapis oštećenja kontaktne površine točka*

# DIJAGNOSTIČKI SISTEMI

## Projekt ANEM-ONE

Utvrdjivanje dijagnostičkog postupka za utvrđivanje defekata na kontaktnoj površini točkova



# DIJAGNOSTIČKI SISTEMI

## Projekt ANEM-ONE

Za praćenje defekata na kontaktnoj površini točkova železničkih kola, u okviru projekta "ANEM-ONE" istraživane su:

- tehnologije monitoringa sa optičkim senzorima,
- infracrvenim i radarskim senzorima,
- laserska detekcija,
- CCD kamere i
- senzori vibracije.

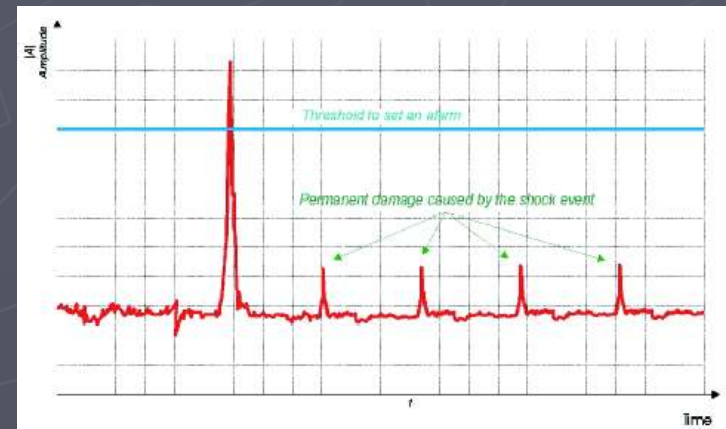
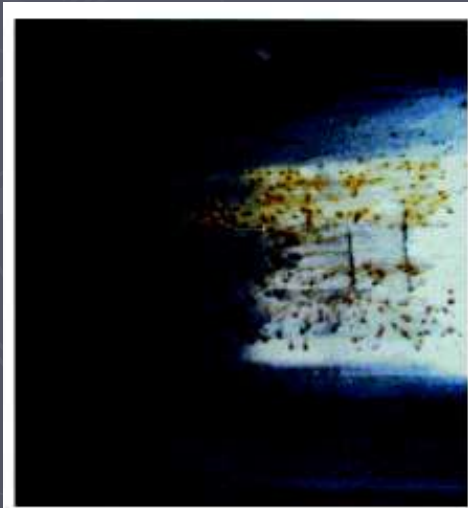


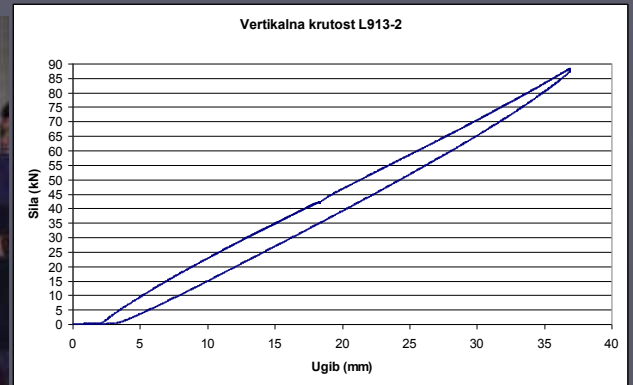
# DIJAGNOSTIČKI SISTEMI

## Projekt ANEM-ONE

Ovo istraživanje je pokazalo da upotreba senzora vibracija, sa primenom frekventne analize je postupak monitoringa koji daje najbolje rezultate u slučaju instaliranja na teretnim kolima.

Za primenu monitoring sistema "kontrolna tačka" tj. stacionarna dijagnostika preporučuje se upotreba CCD kamera ili lasera.





HVALA NA PAŽNJI

