



Smanjenje vibracija od željezničkog prometa – EU iskustva

Stjepan Lakušić, Maja Ahac

Prof.dr.sc. Stjepan Lakušić, dipl.ing.građ., Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet

dr.sc. Maja Ahac, dipl.ing.građ., Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet

SADRŽAJ IZLAGANJA

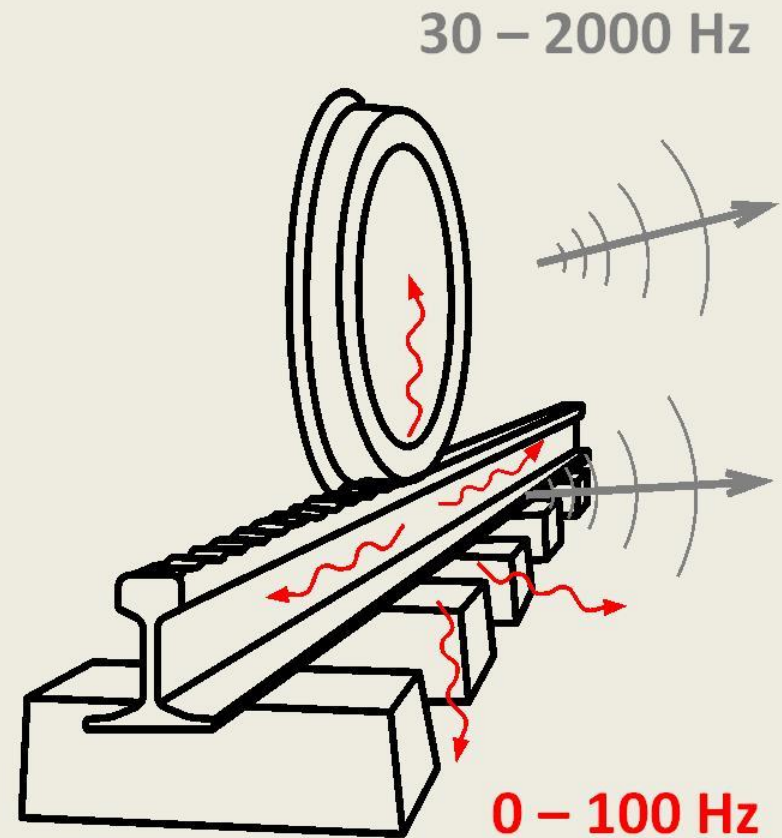
- Uvod
- Prijenos i percepcija vibracija
- Regulatora o dopuštenom intenzitetu vibracija
- Pregled mjera za smanjenje vibracija na izvoru
- Zaključak



Uvod

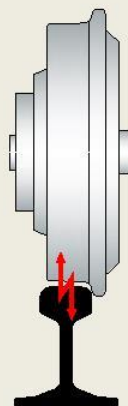
Vibracije od željezničkog prometa

- vertikalne oscilacije tračnice
- posljedica djelovanja:
 - STATIČKIH SILA
 - vlastita težina vozila
 - DINAMIČKIH SILA
 - neravnosti na voznoj površini (kontaktu kotača i tračnice)



Prijenos vibracija

IZVOR: Vozilo-tračnica
Pričvrsni pribor
Pragovi
Zastor
Donji ustroj



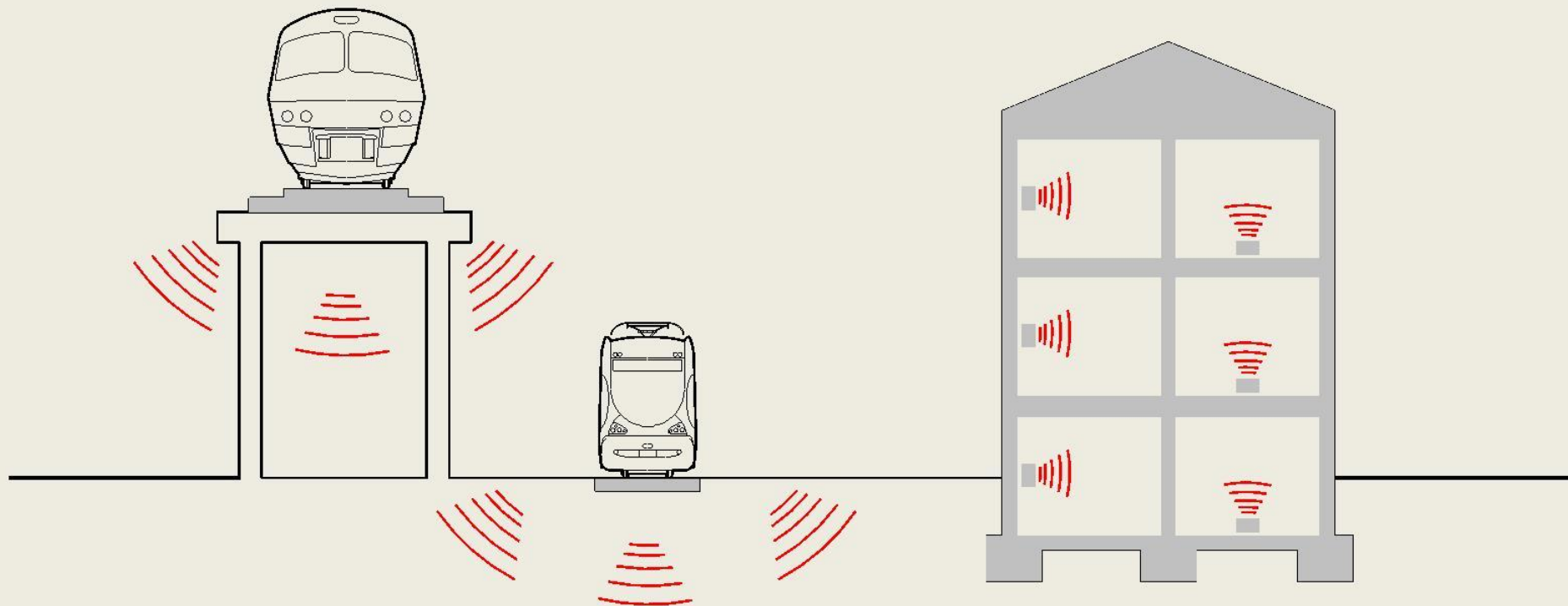
PUT ŠIRENJA: Tlo
Temelji objekta
Zidovi, stropovi, prozori



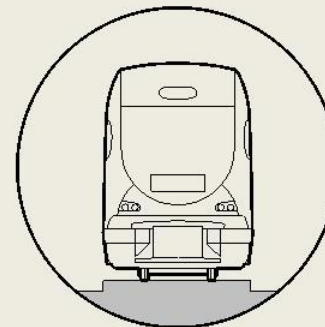
PRIJEMNIK: Ljudi
Oprema



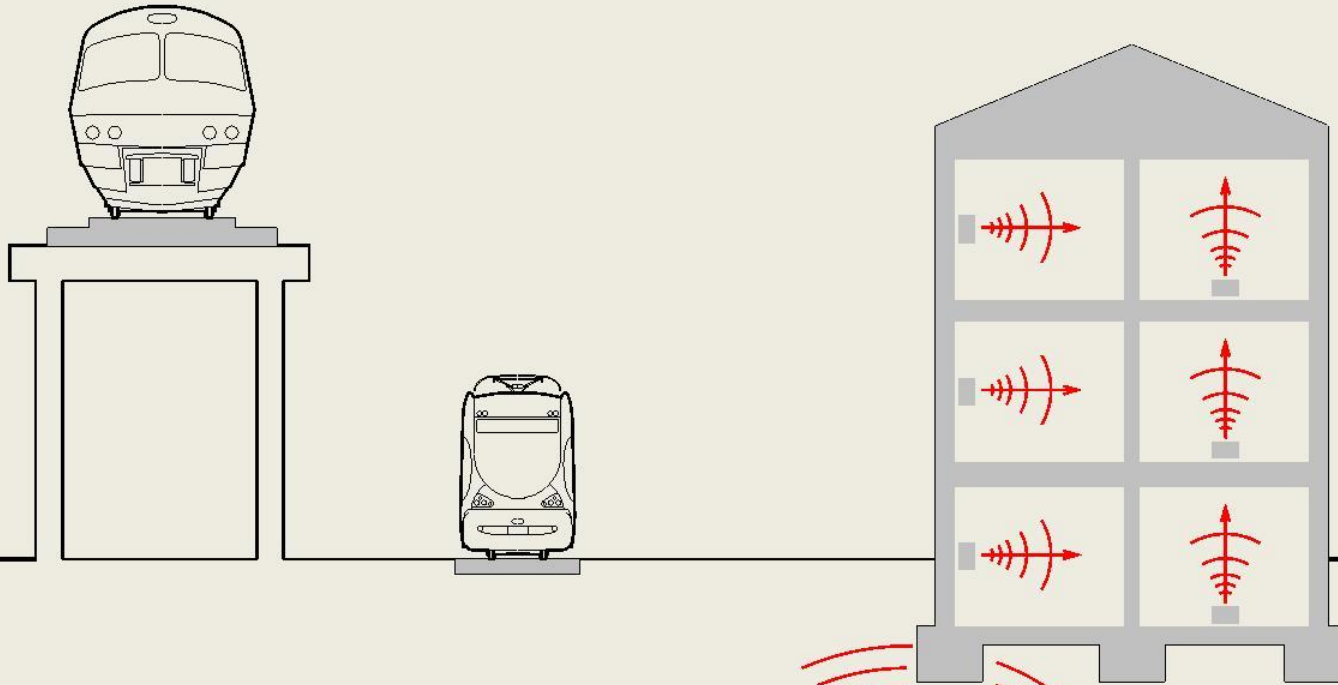
Percepcija vibracija



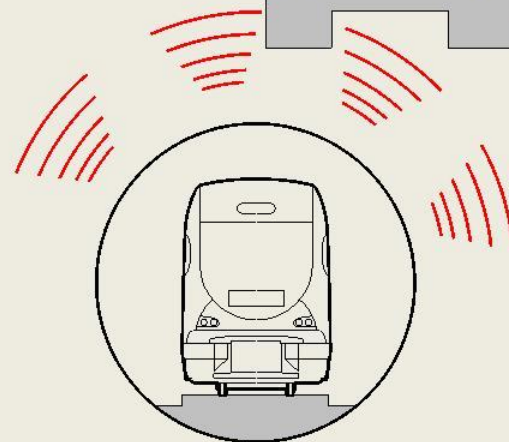
- Vibriranje građevina
- Frekvencija < 80 Hz



Percepcija vibracija



- Niskofrekvencijska buka
- Frekvencija < 250 Hz



Regulativa

Vibracije tla uzrokovane željezničkim prometom

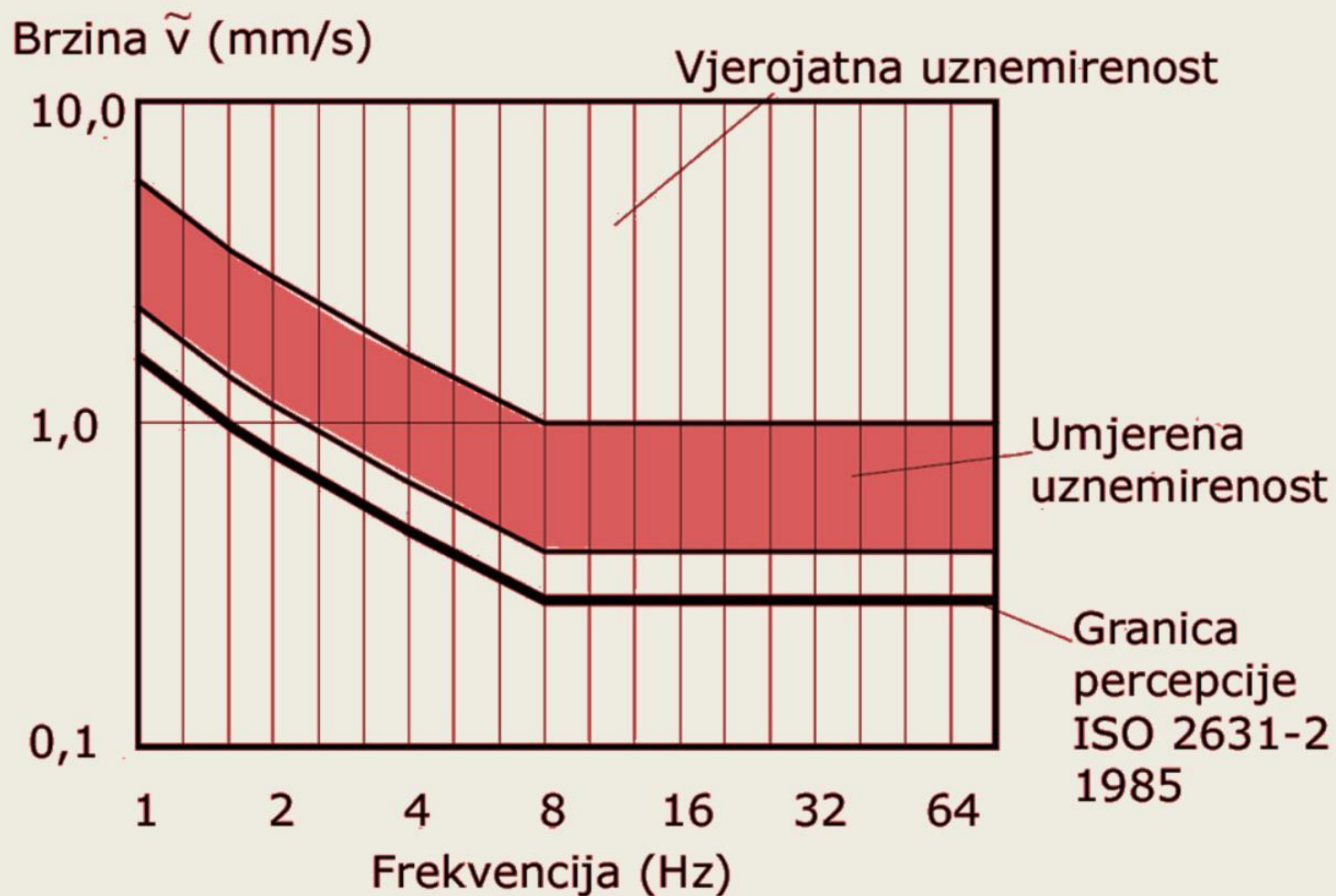
- vrlo male u usporedbi sa silama potresa
- ne mogu uzrokovati oštećenja građevina u blizini pruge, ali
- već i male razine vibracija uzrokuju nelagodu

Ljudska reakcija na vibracije

- relativno novo i kompleksno područje proučavanja
- manjak standarda i kriterija za procjenu utjecaja vibracija



Regulativa



Regulativa



$$L_v = 20 \log (v/v_r) \text{ [dB]}$$

$$\text{ISO: } v_r = 10^{-9} \text{ m/s}$$



Regulativa

RH

- Problem vibracija od željezničkog prometa prepoznat je od strane struke
- Do danas nisu donesene norme/propisi koji se odnose na problem vibracija od željezničkog prometa
- Sustavna istraživanja zahtijevaju znatna financijska sredstva
- Provode se jedino pojedinačna istraživanja ograničenog opsega



Mjere za smanjenje vibracija

Smanjenje vibracija na izvoru može se postići:

1. Osiguranjem ravne i glatke vozne površine tračnica
2. Eliminacijom diskontinuiteta na voznoj površini tračnica
3. Povećanjem elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka



Mjere za smanjenje vibracija

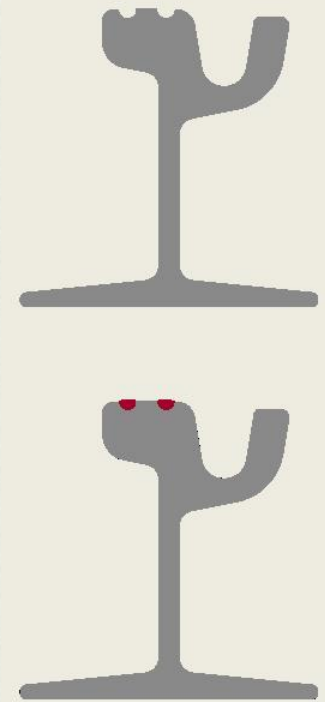
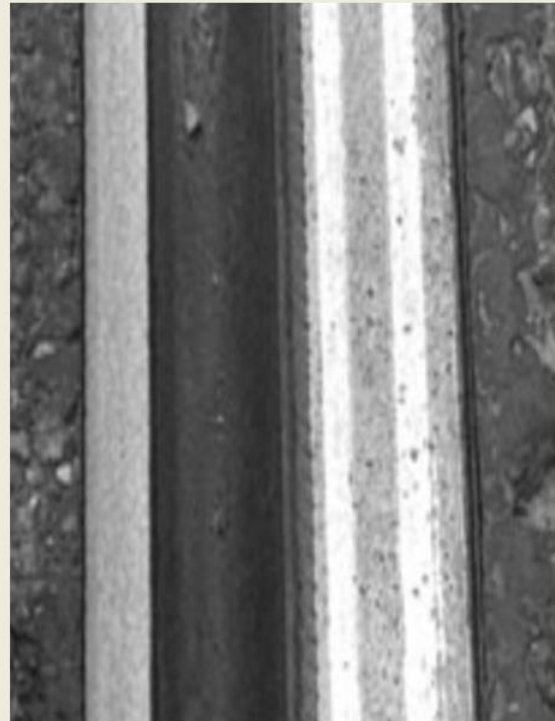
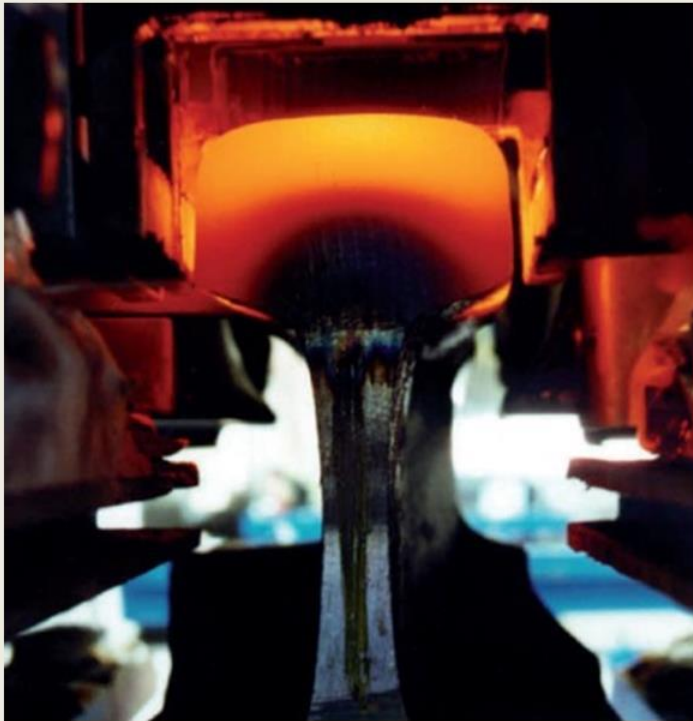
1. Osiguranje ravne i glatke vozne površine tračnica

- Osnovni pristup smanjenju vibracija
- Interakcija kotača i tračnice
- Dominantan izvor vibracija
- Razina vibracija ovisi o veličini (amplitudi i valnoj duljini) neravnosti ili oštećenja vozne površine glave tračnice



Mjere za smanjenje vibracija

1. Osiguranje ravne i glatke vozne površine tračnica
 - Neizravno - povećanje tvrdoće vozne površine tračnice



Mjere za smanjenje vibracija

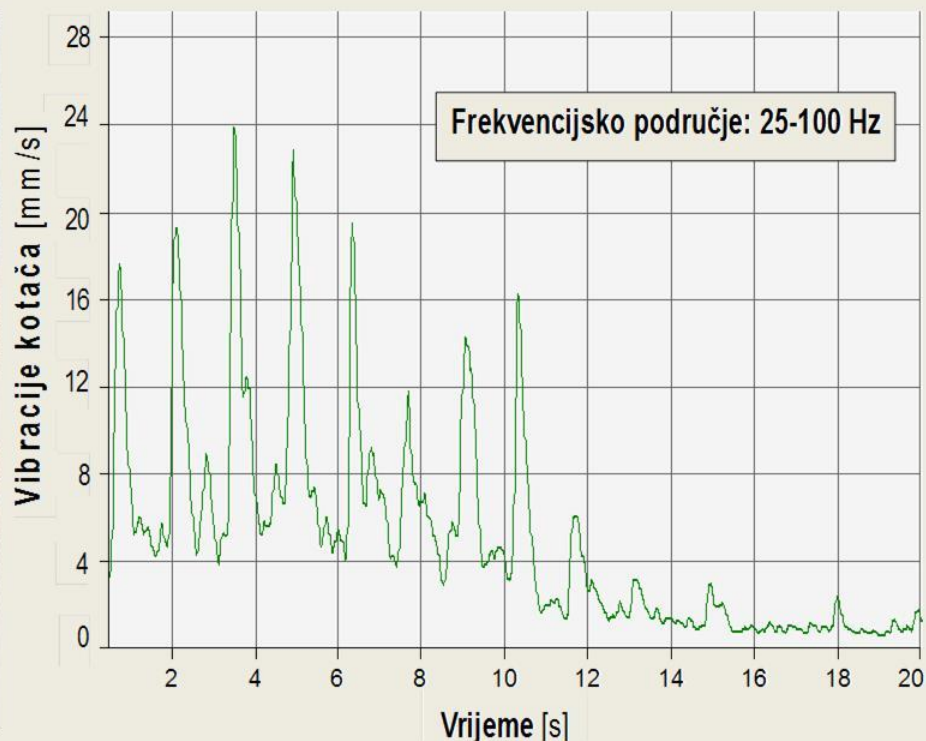
1. **Osiguranje ravne i glatke vozne površine tračnica**
 - Izravno - redovito brušenje vozne površine tračnice



Mjere za smanjenje vibracija

1. Osiguranje ravne i glatke vozne površine tračnica

- Izravno – uklanjanje ispupčenja i ulegnuća na mjestima zavora



Mjere za smanjenje vibracija

2. Eliminacija diskontinuiteta na voznoj površini tračnica

- Diskontinuitet tračničkog traka
- Tračnički sastavi, skretnice, križališta



Mjera Smanjenje

Ravnost Brušenje tračnica 20 dB

Kontinuitet Dugi trak tračnica **12 dB**

Suvremene konstrukcije sklopova **5 dB**

Elastičnost Prigušivači

Visoko elastična pričvršćenja

Elastično oblaganje tračnica

Drveni pragovi

Elastične podloške betonskih pragova

Povećanje visine zastorne prizme

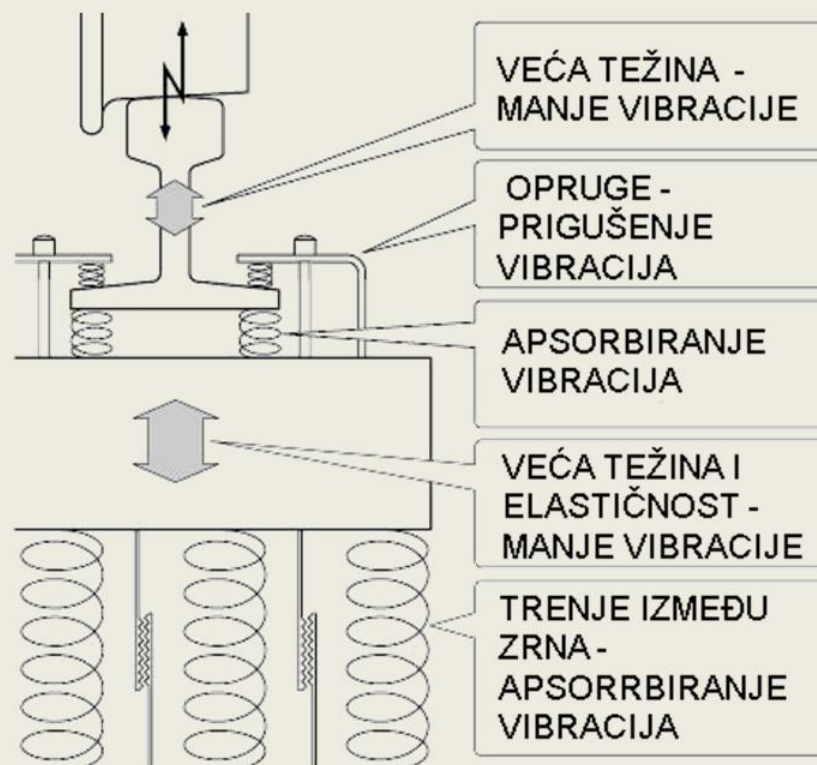
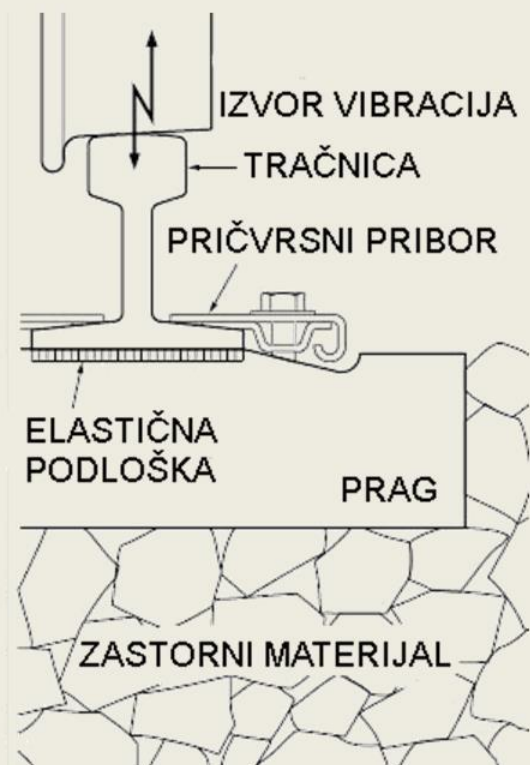
Elastične prostirke zastorne prizme

”Plivajući” kolosijeci



Mjere za smanjenje vibracija

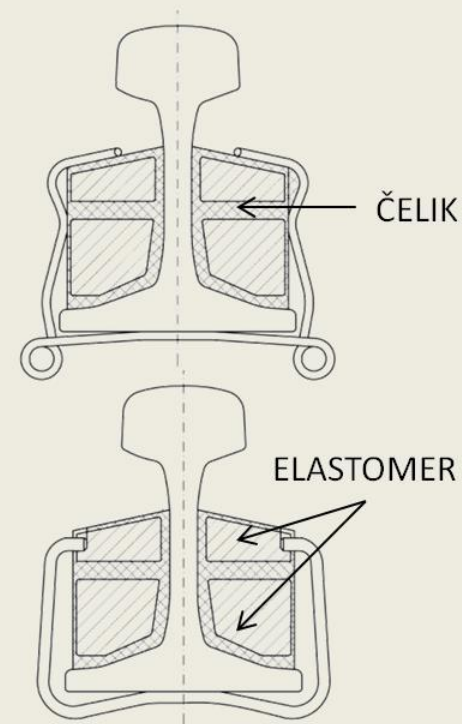
3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka



Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

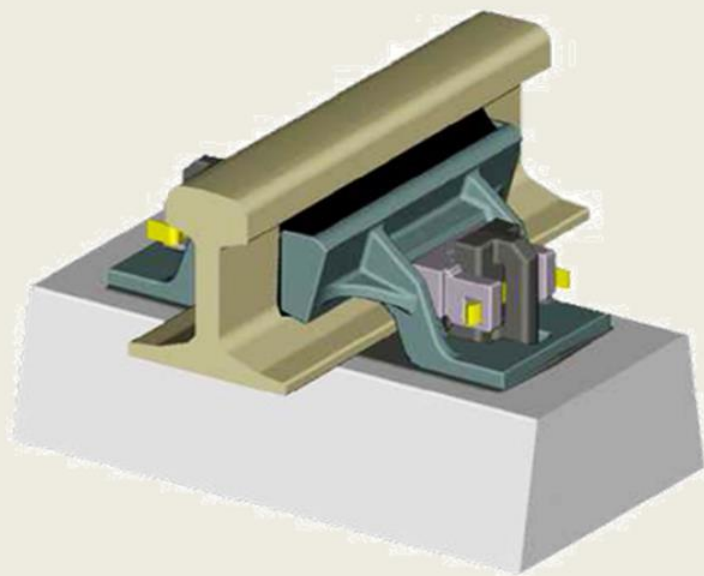
3.1. Ugradnja prigušivača uz vrat tračnice



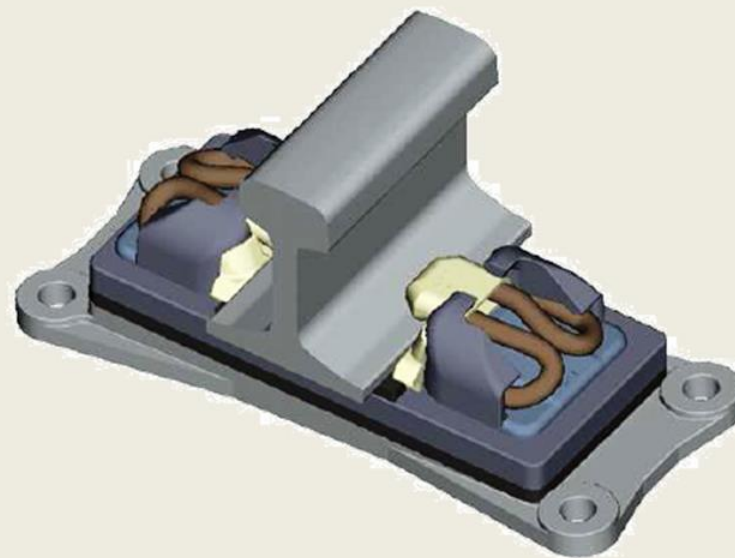
Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.2. Povećanje elastičnosti sustava pričvršćenja



VISOKOELASTIČAN PRIČVRSNI PRIBOR



PREDNAPREGNUT PRIČVRSNI PRIBOR

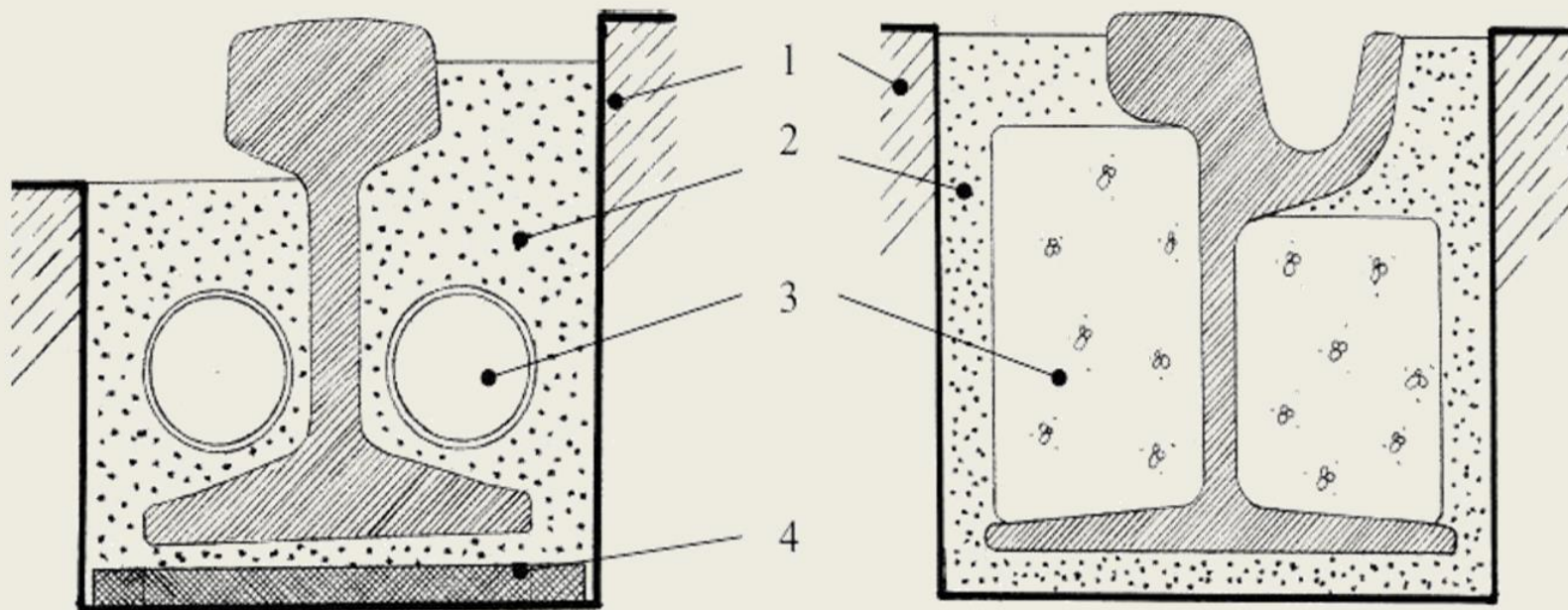
Mjera		Smanjenje
Ravnost	Brušenje tračnica	20 dB
Kontinuitet	Dugi trak tračnica	12 dB
	Suvremene konstrukcije sklopova	5 dB
	Prigušivači	9 dB
Elastičnost	Visoko elastična pričvršćenja	5 – 10 dB
	Elastično oblaganje tračnica	
	Drveni pragovi	
	Elastične podloške betonskih pragova	
	Povećanje visine zastorne prizme	
	Elastične prostirke zastorne prizme	
	”Plivajući” kolosijeci	



Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.3. Elastično oblaganje tračnica



1 - UTOR U AB PLOČI, 2 - ELASTIČNI MATERIJAL, 3 - PVC CIJEV, 4 - ELASTIČNA PODLOŠKA

Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.3. Elastično oblaganje tračnica



KRIŽANJE JURIŠIĆEVA – DRAŠKOVIĆEVA **NAKON REKONSTRUKCIJE**

Mjera		Smanjenje
Ravnost	Brušenje tračnica	20 dB
Kontinuitet	Dugi trak tračnica	12 dB
	Suvremene konstrukcije sklopova	5 dB
	Prigušivači	9 dB
	Visoko elastična pričvršćenja	5 – 10 dB
Elastičnost	Elastično oblaganje tračnica	8 – 16 dB
	Drveni pragovi	
	Elastične podloške betonskih pragova	
	Povećanje visine zastorne prizme	
	Elastične prostirke zastorne prizme	
	”Plivajući” kolosijeci	



Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.4. Primjena drvenih pragova

Svojstvo

Jednostavnost ugradnje

Trajnost

Troškovi održavanja

Prigušenje vibracija



Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.4. Primjena drvenih pragova

Svojstvo	Betonski prag	Drveni prag
Jednostavnost ugradnje	+	-
Trajnost	+	-
Troškovi održavanja	+	-
Prigušenje vibracija	-	+



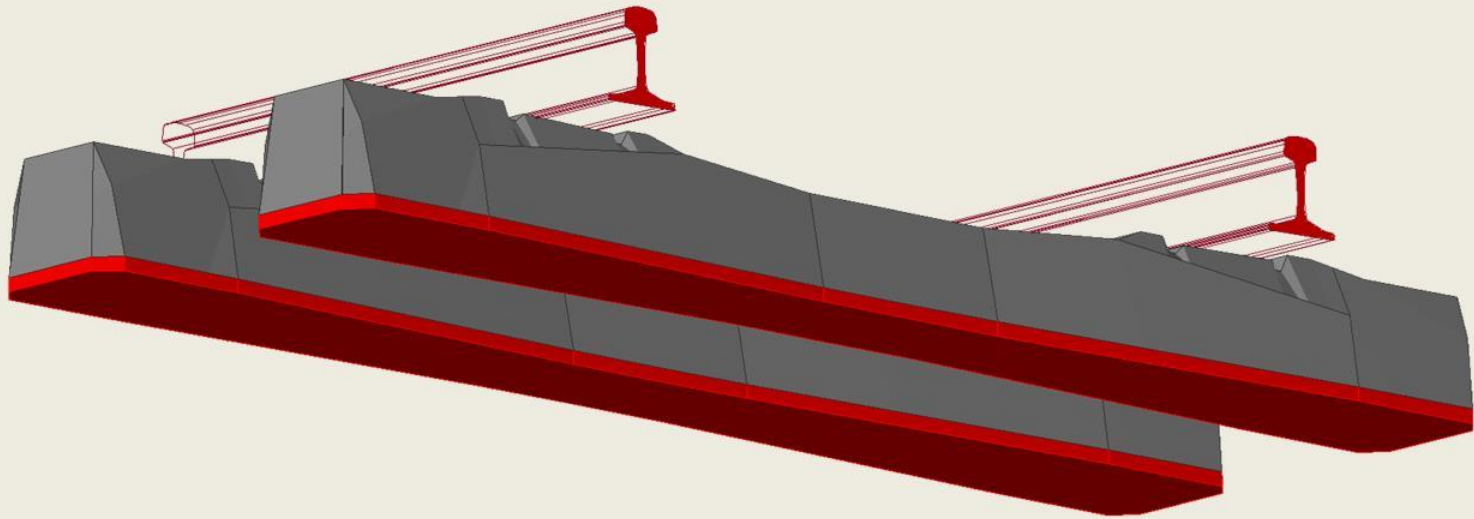
Mjera		Smanjenje
Ravnost	Brušenje tračnica	20 dB
Kontinuitet	Dugi trak tračnica	12 dB
	Suvremene konstrukcije sklopova	5 dB
	Prigušivači	9 dB
	Visoko elastična pričvršćenja	5 – 10 dB
	Elastično oblaganje tračnica	8 – 16 dB
Elastičnost	Drveni pragovi	5 dB
	Elastične podloške betonskih pragova	
	Povećanje visine zastorne prizme	
	Elastične prostirke zastorne prizme	
	”Plivajući” kolosijeci	



Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.5. Primjena elastičnih podložki betonskih pragova



Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.5. Primjena elastičnih podložki betonskih pragova



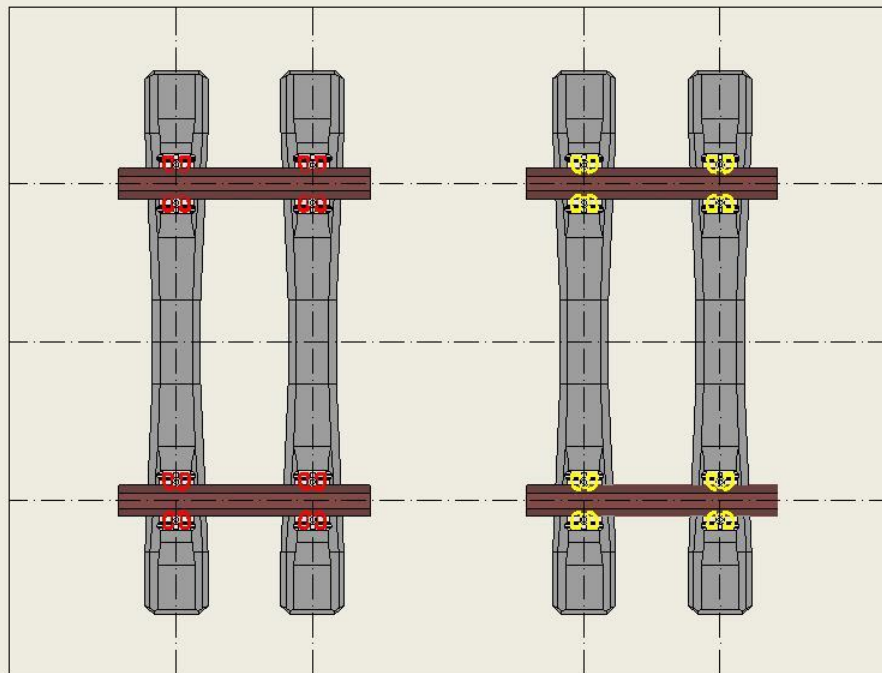
Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.5. Primjena elastičnih podložki betonskih pragova

- GF ZG - Ispitni poligon – Konstrukcija:

- Betonska ploča (d = 30 cm)
- 4 tračnice 60E1 (l = 120 cm)
- Elastičan pribor SKL-1
- Betonski pragovi PB-85-K



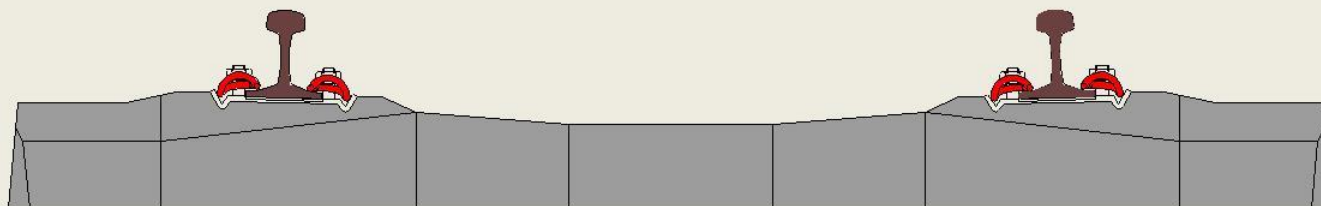
Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

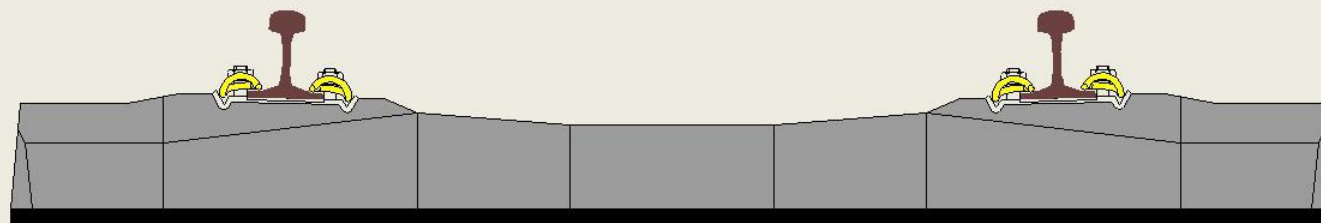
3.5. Primjena elastičnih podloški betonskih pragova

- GF ZG - Ispitni poligon – Konstrukcija:

TIP A



TIP B



Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.5. Primjena elastičnih podložki betonskih pragova

- GF ZG - Ispitni poligon – Konstrukcija:

- Podložka:
- Icosit KC 340/7
- 75 ± 5 SH(A)

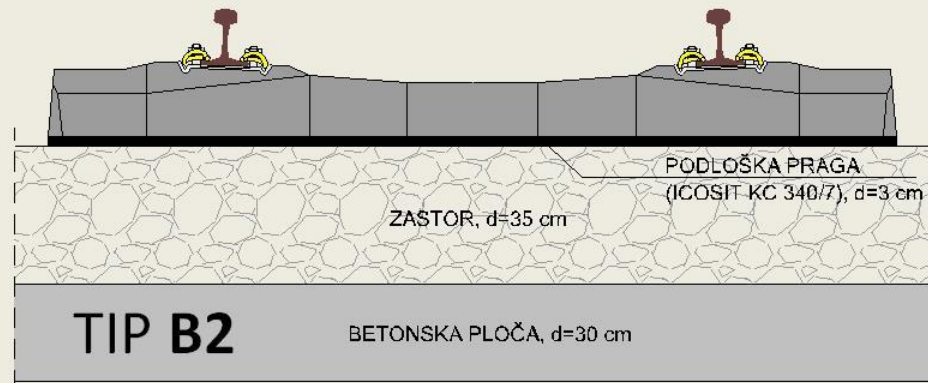
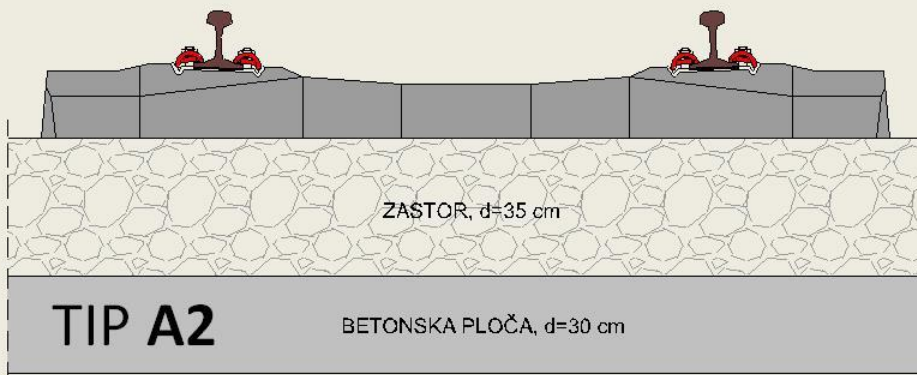
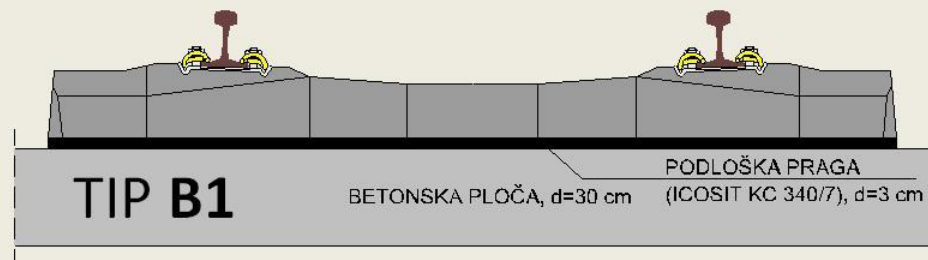
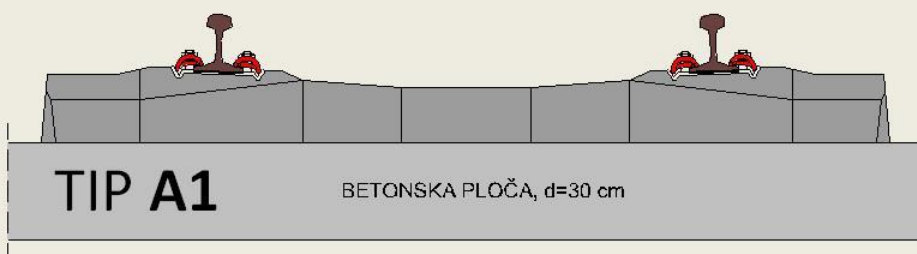


Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.5. Primjena elastičnih podloški betonskih pragova

- GF ZG – Ispitni poligon – Konstrukcija:



Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.5. Primjena elastičnih podložki betonskih pragova

- GF ZG – Ispitni poligon – Simulacija opterećenja:

- Udarno opterećenje na tračnicu na mjestu ležaja
- Uteg 3.66 kg (36.6 N)
- Vodilica (h = 5, 25, 100 cm)



Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.5. Primjena elastičnih podložki betonskih pragova

- GF ZG – Ispitni poligon – Mjerenje vertikalnih ubrzanja:

- Troosni akcelerometri:
 - Nožica tračnice
 - Prag
 - Betonska podloga

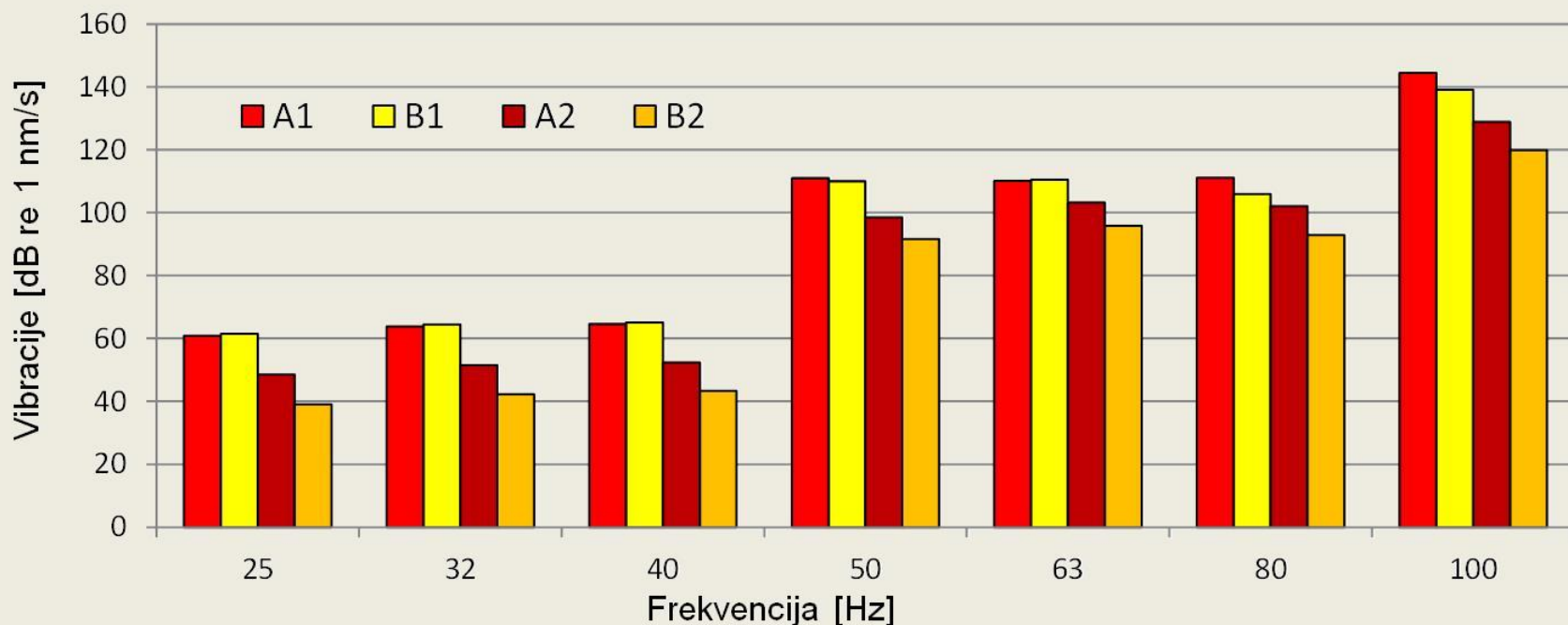


Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.5. Primjena elastičnih podloški betonskih pragova

- GF ZG – Ispitni poligon – Rezultati ispitivanja (h=25 cm):



Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.6. Povećanje visine zastorne prizme

- U usporedbi sa betonskim podlogama kolosijeka zastorna prizma od tučenca ima veća apsorpcijska svojstva
- Ispitivanja GF
 - 30 puta manje vibracije
- Ispitivanja DB
 - povećanjem visine prizme na 75 cm moguće je smanjiti vibracije $f < 10$ Hz



Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.7. Primjena elastičnih prostirki ispod zastorne prizme



Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.7. Primjena elastičnih prostirki ispod zastorne prizme



Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.7. Izvedba “plivajućih” kolosijeka – ZG tramvajski kolosijeci:

- Horvaćanska ulica:
kontinuirani
elastomer
između betonske
temeljne ploče
kolosijeka i gornje
ploče pothodnika



Mjere za smanjenje vibracija

3. Povećanje elastičnosti konstrukcije gornjeg ustroja kolosijeka

3.7. Izvedba “plivajućih” kolosijeka – ZG tramvajski kolosijeci:

- Kvaternikov trg:
tvrdo lijevani asfalt
između betonske
temeljne ploče
kolosijeka i gornje
ploče garaže



Zaključak



Koju mjeru za smanjenje vibracija od željezničkog prometa primijeniti?



1. Analizirati stanje u okolišu na predmetnoj lokaciji



2. Utvrditi mogućnost primjene pojedine mjere



3. Donijeti relevantnu odluku



	Mjera	Smanjenje
1	Brušenje tračnica	20 dB
2	Elastične podloške betonskih pragova	8 – 16 dB
3	Elastično oblaganje tračnica	8 – 16 dB
4	Elastične prostirke zastorne prizme	10 – 15 dB
5	Dugi trak tračnica	12 dB
6	”Plivajući” kolosijeci	10 dB
7	Visoko elastična pričvršćenja	5 – 10 dB
8	Prigušivači uz vrat tračnice	9 dB
9	Povećanje visine zastorne prizme	6 dB
10	Drveni pragovi	5 dB
11	Suvremene konstrukcije sklopova	5 dB

