



HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA

15. Dani Hrvatske komore inženjera građevinarstva

Opatija, 2021.

SPECIFIČNOSTI ZAŠTITE OD BUKE NA ŽELJEZNIČKIM PRUGAMA

doc.dr.sc. **Ivo Haladin**

prof.dr.sc. **Stjepan Lakušić**, dipl.ing.građ.

doc.dr.sc. **Ivo Haladin**, dipl.ing.građ.

Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Kačićeva 26, 10 000 Zagreb

Sadržaj

- Uvod
- Mjerenja buke od željezničkih vozila
- Vibro-akustički parametri kolosijeka
 - Stupanj prigušenja vibracija
 - Akustička ravnost tračnica
- Mjerenje buke okoliša uz željeznicu
- Ispitivanja na pruzi Zaprešić – Zabok
- Zaključak

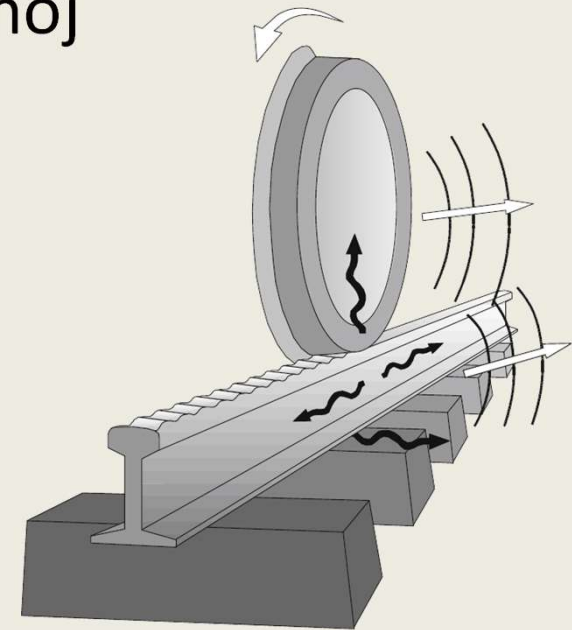


Uvod

Dominantan izvor buke željezničkih vozila

(40 km/h < V < 300 km/h):

- Buka nastala interakcijom kotača i tračnice
- Nastaje uslijed nepravilnosti na voznoj površini kotača i tračnica
- Vibracije visokih frekvencija se šire komponentama kolosijeka i vozila
- Zrakom se šire u obliku buke



Uvod

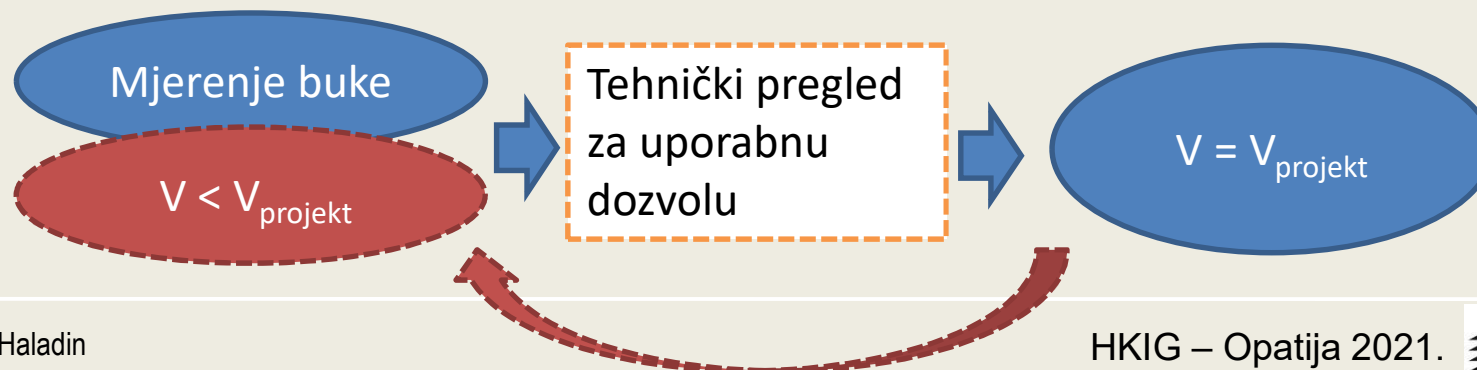
Za projekte prometne infrastrukture u RH

- Zakon za zaštitu od buke
- Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave
 - Razina buke od **novoizgrađenih građevina** prometne infrastrukture, a koje dodiruju, odnosno presijecaju zone iz 1., 2., 3. i 4. treba projektirati i graditi na način da razina buke na granici planiranog koridora prometnice ne prelazi ekvivalentnu razinu buke od **65 dB(A) danju**, odnosno **50 dB(A) noću**.
 - U slučaju rekonstrukcije ili adaptacije potrebno je također težiti da se zadovolje gore navedene vrijednosti
- HRN EN ISO 1996-2:2017 Akustika – Opis, mjerenje i ocjenjivanje buke okoliša; Određivanje razina zvučnog tlaka



Uvod

- U fazi projektiranja izrađuje se **Elaborat zaštite od buke** koji na temelju računalnog modela predviđa razine buke na novo projektiranoj pruzi
- Stvarne razine moguće je izmjeriti tek po puštanju pruge u promet uz realne uvjete odvijanja prometa (projektna brzina, broj vlakova, sustav vuče)
- Izazov – utvrditi stvarne razine buke prije tehničkog pregleda za uporabnu dozvolu

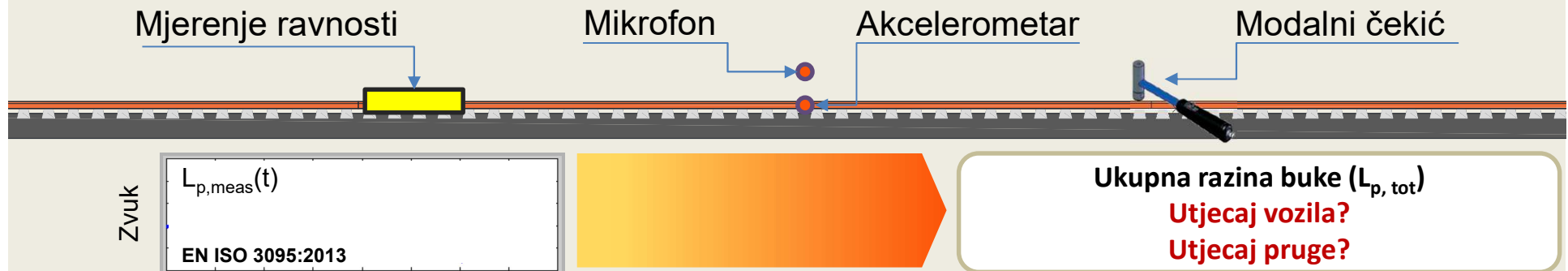


Uvod

- Projekt modernizacije i elektrifikacije pruge Zaprešić – Čakovec (R201) na dionici **Zaprešić (isključivo) – Zabok (uključivo)** s pripadnim građevinama i opremom
- Potrebno provesti mjerenja buke pri projektnoj brzini $V_p = 120$ km/h
- Rezultat mjerenja uvjet za izdavanje uporabne dozvole
- Nemogućnost ostvarivanja brzine prije tehničkog pregleda



Mjerenja buke željezničkih vozila

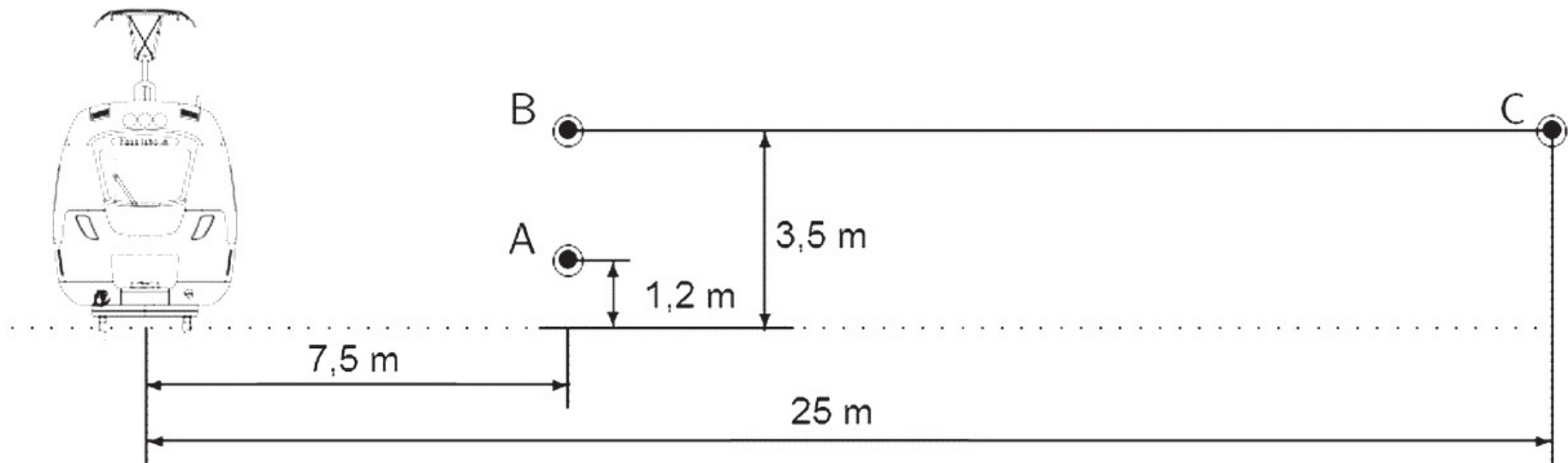


Određivanje vibro-akustičkih parametara kolosijeka



Mjerenja buke željezničkih vozila

- Provode se na 7.5 m i 25 m od kolosijeka kolosijeka, u različitim režimima rada vozila: konstantna brzina, ubrzavanje, kočenje



Mjerenja buke željezničkih vozila

- U skladu s HRN EN ISO 3095:2013 Akustika: mjerenja buke koju proizvode željeznička vozila
- Ako kolosijek ispitne dionice zadovoljava:
 - HRN EN 15610:2019 (akustička ravnost tračnica)
 - HRN EN 15461:2011 (stupanj prigušenja vibracija)
- Annex E usporedivost dionica s obzirom na akustičku ravnost tračnica
- mjerenja buke proglašavaju se **usporedivima** sa na dionicama koje zadovoljavaju uvjete



Vibro-akustički parametri kolosijeka

- PRIMJER: Dionica kolosijeka **Turopolje – Lekenik** na pruzi M502 (Zagreb GK – Sisak)
- Referentni kolosijek odabran na temelju **geometrijskih karakteristika** propisanih normama i **detaljnog uvida u stanje kolosiječne konstrukcije**



Vibro-akustički parametri kolosijeka

Ravnost (hrapavost) vozne površine tračnica

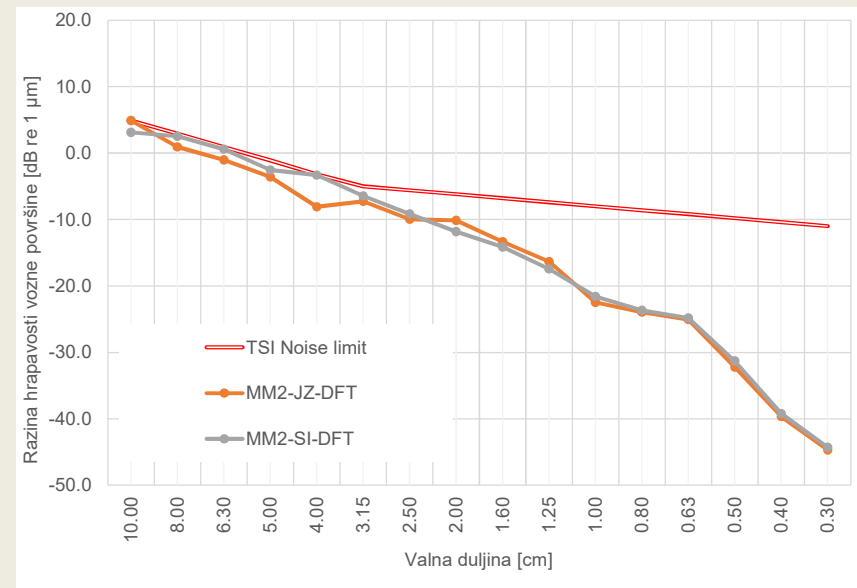
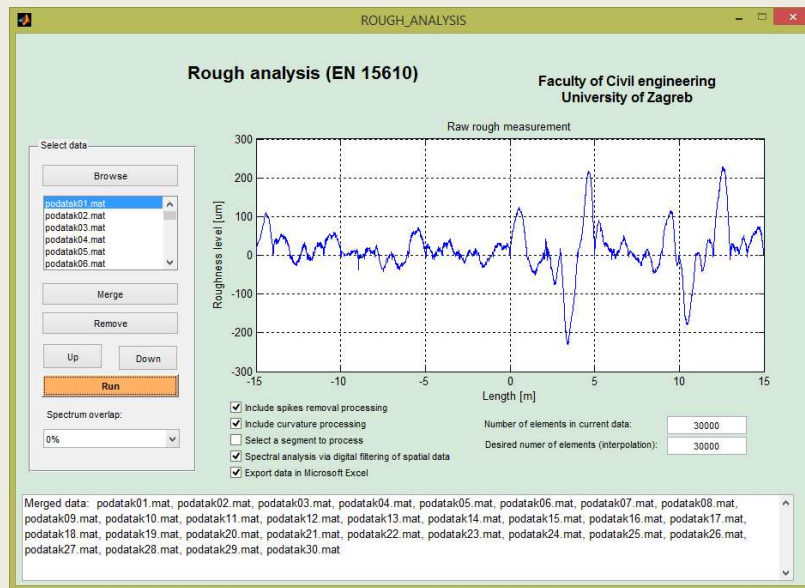
- Mjereno na +/- 15m od pozicije mikrofona (ukupno 30 m)
 - RAILPROF1000 (zapis duljine 1m)
- Određivanje gazne površine kotača na tračnici
 - $W_{ref} < 20$ mm – mjerenje uzduž jedne linije
 - $W_{ref} > 20$ mm – mjerenje uzduž tri linije



Vibro-akustički parametri kolosijeka

Ravnost (hrapavost) vozne površine tračnica

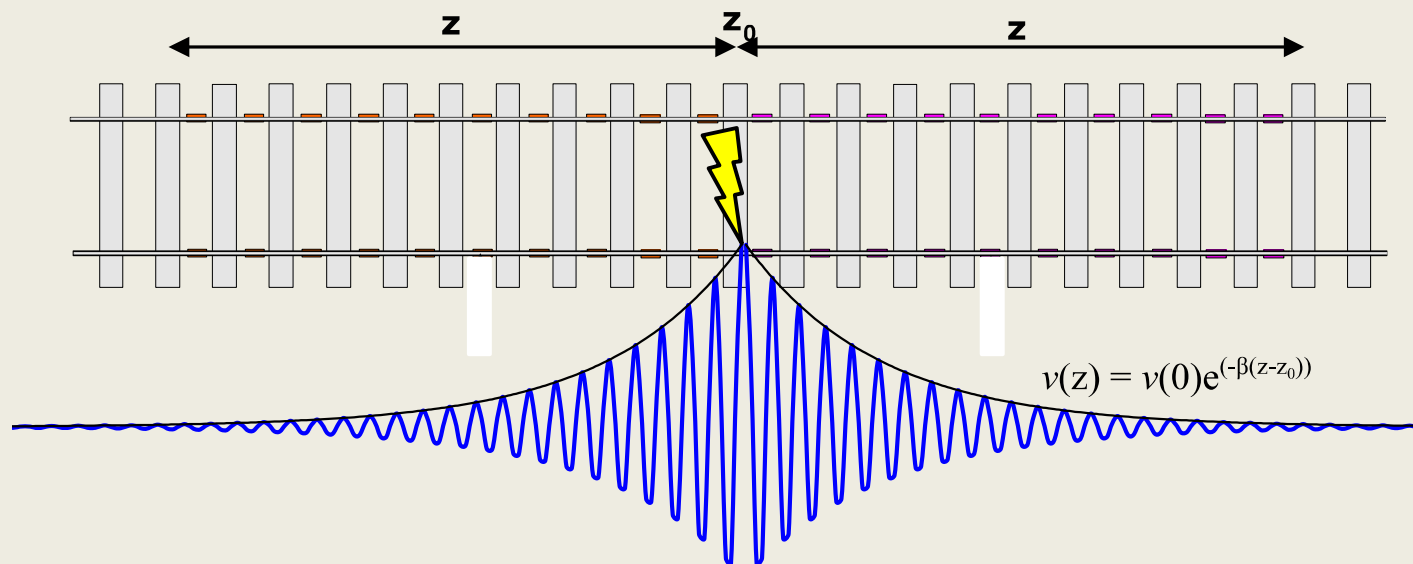
- Analiza akustičke neravnosti vozne površine tračnica u rasponu od 0,3 cm do 10 cm
- Obrada prikupljenih rezultata u programskom okruženju Matlab
 - Razvijeno na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu
 - Gornja granica propisana normom HRN EN ISO 3095:2013



Vibro-akustički parametri kolosijeka

Stupanj prigušenja vibracija

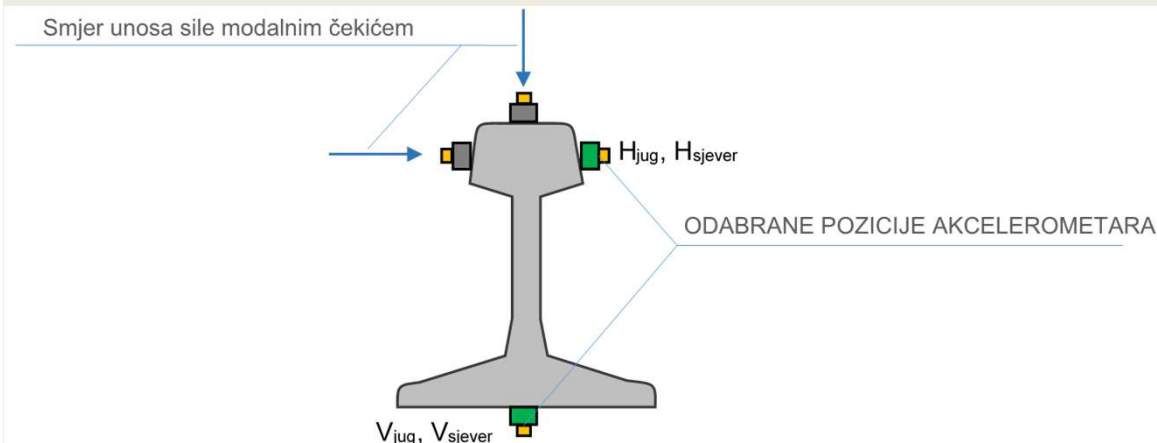
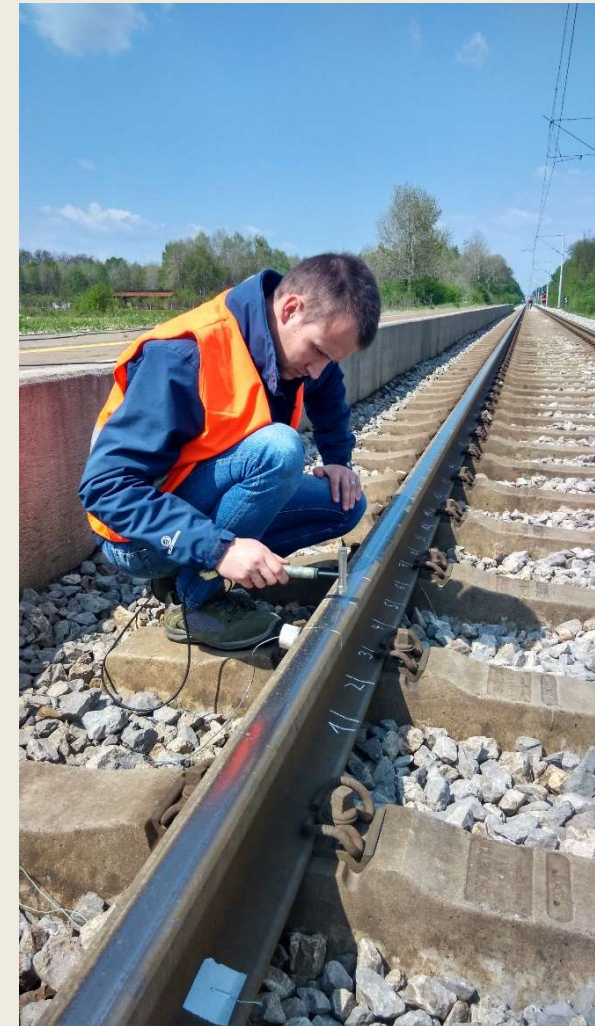
- Veličina koja pokazuje koliko je vibracija u stanju kolosijek apsorbirati / prigušiti
- Što veća dužina tračnice i kolosijeka vibrira, to će veća biti buka koja se emitira u okoliš



Vibro-akustički parametri kolosijeka

Stupanj prigušenja vibracija

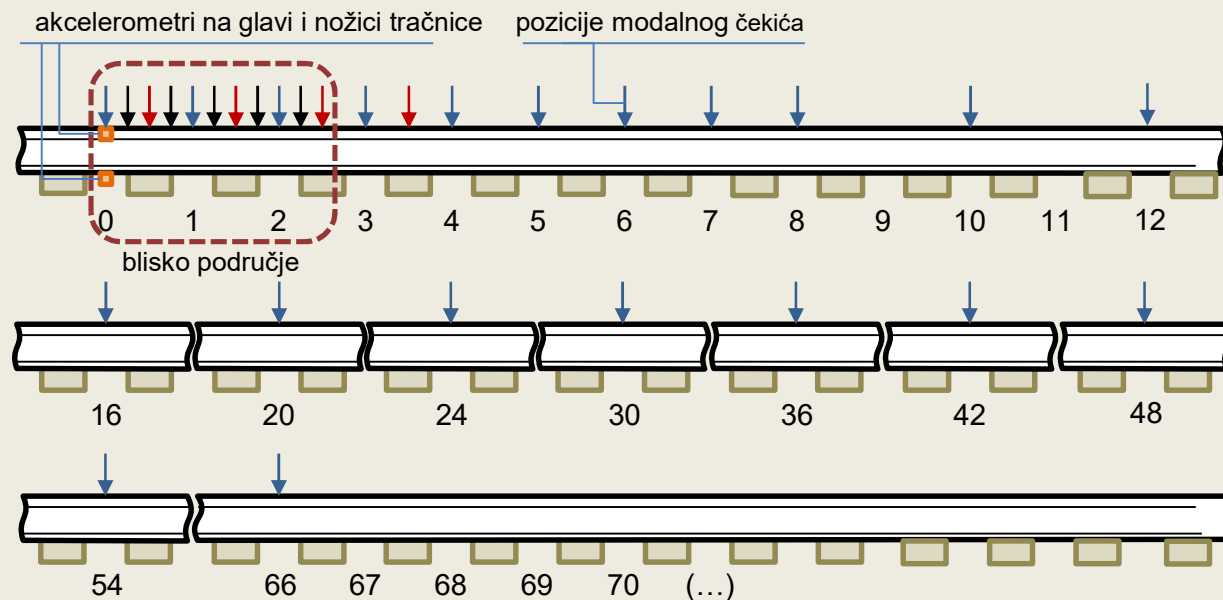
- Mjeri se pobuda izazvana modalnim čekićem, akcelerometrima postavljenim na tračnicu u horizontalnom i vertikalnom smjeru
- Uređaj: Brüel & Kjær, tipa 3560C



Vibro-akustički parametri kolosijeka

Stupanj prigušenja vibracija

- Mjerenja se provode po predefiniranoj shemi mjernih lokacija
- Mjerenje se prekida kad odaziv padne više od 10dB u odnosu na točku 0

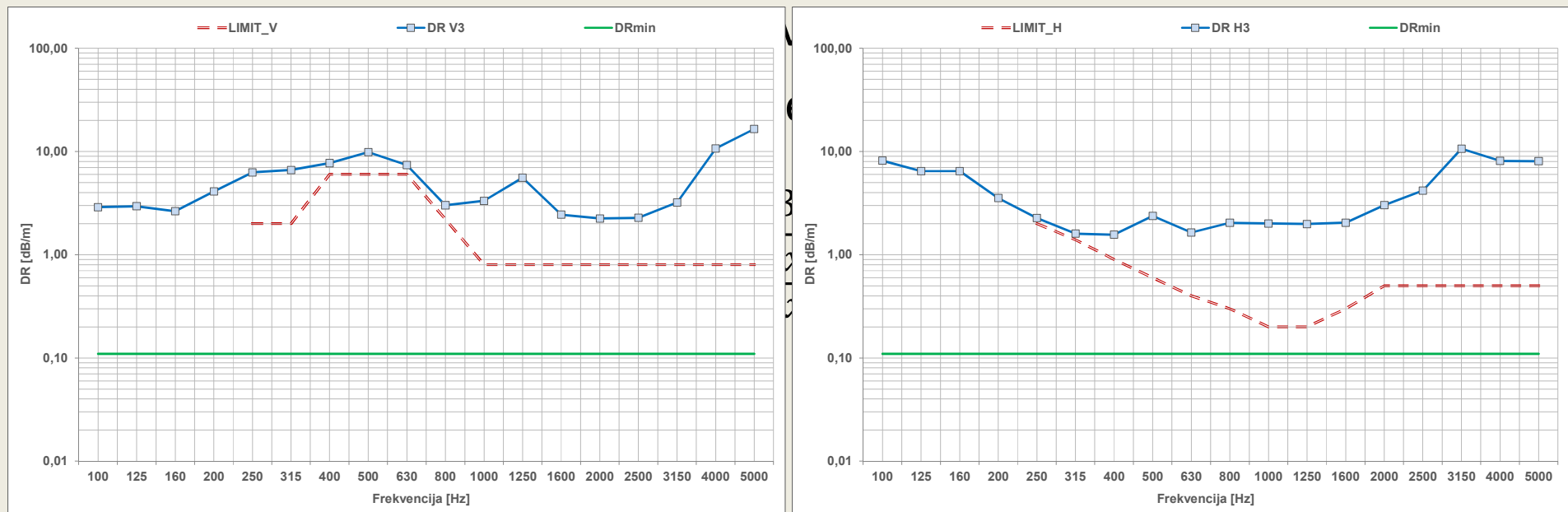


Vibro-akustički parametri kolosijeka

Stupanj prigušenja vibracija

Obrada rezultata mjerenja

- Vrš se transformacija prikupljenih vremenskih zapisa u frekventnu domenu u rasponu od 100 Hz do 5000 Hz
- Normom HRN EN ISO 3095:2013 propisana donja granica za



Mjerenja buke okoliša

- Određivanje ekvivalentnih razina buke (L_{eq}) sukladno HRN EN ISO 1996-2:2017
 - Praćenje željezničkog prometa (tip vlaka, brzina, vrijeme)
 - Praćenje meteoroloških parametara
- Pozicije za mjerenje na bukom ugroženim lokacijama objekata uz prugu
- Utvrđuje se potreba provođenja mjera zaštite (aktivne i pasivne mjere)
- Za željeznicu moguće mjeriti **razine izloženosti L_E** za svaki pojedini vlak



Ispitivanja buke na pruzi Zaprešić - Zabok

- Mjerenje buke okoliša pri brzinama $V=80$ km/h
- Mjerenje buke (pass-by) pri brzini $V=80$ km/h
- Mjerenje vibro-akustičkih parametara
- Određivanje referentne dionice sa usporedivim stanjem kolosiječne konstrukcije
- Mjerenje buke (pass-by) na referentnoj dionici $V = 120$ km/h
- Utvrđivanje buke okoliša za $V = 120$ km/h na pruzi Zaprešić - Zabok



Zaključak

- Buka pri prometovanju željezničkih vozila može se raščlaniti na komponentu **od vozila i od kolosijeka**
- Uz primjenu dodatnih vibro-akustičkih parametara moguće je kolosijeke proglasiti akustički **usporedivima**
- Omogućava primjenu rezultata razina buke pri **različitim režimima vožnje** (brzina) na druge dionice
- Omogućava simuliranje uvjeta na pruzi s različitim željezničkim vozilima (dizel/elektro vlakovi, ...)
- Primjena normiranih vibro-akustičkih metoda omogućava rješavanje kompleksnih projektnih izazova

