

MEGRA 2023

GORNJA RADGONA

9. MAREC 2023

USTREZNA
INFRASTRUKTURA -
POGOJ ZA VEČJO
PROMETNO
VARNOST



Kako narediti mostove bolj varne

Nas to sploh zanima?

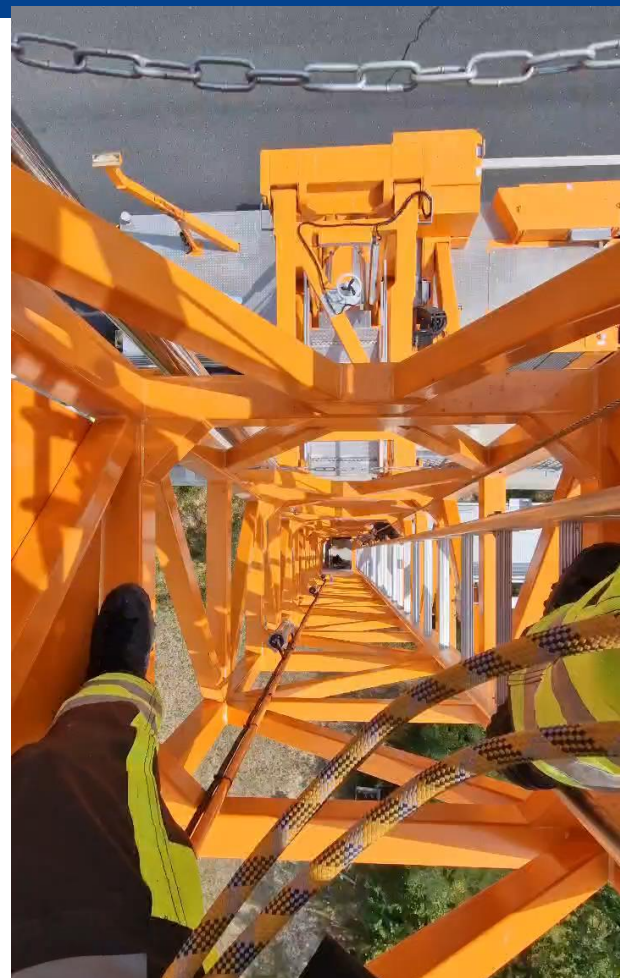
Andrej Anžlin

Doktor znanosti, univ. dipl. inž. grad., Vodja odseka za mostove in inženirske objekte

Zavod za gradbeništvo Slovenije

Tako da naredimo oceno, toda na kakšen način, kako?

- Samo s pregledom, empirično?
- Bomo kaj preverili, izmerili?
- Kako bomo varnost ovrednotili?
 - Deterministično?
 - Probabilistično?
- Kdaj bom uporabnike obvestil o svojih pomislekih?



Ocena varnosti – idealni trojček



Pregled objekta
(vodja)



Monitoring
(vseobsegajoč)

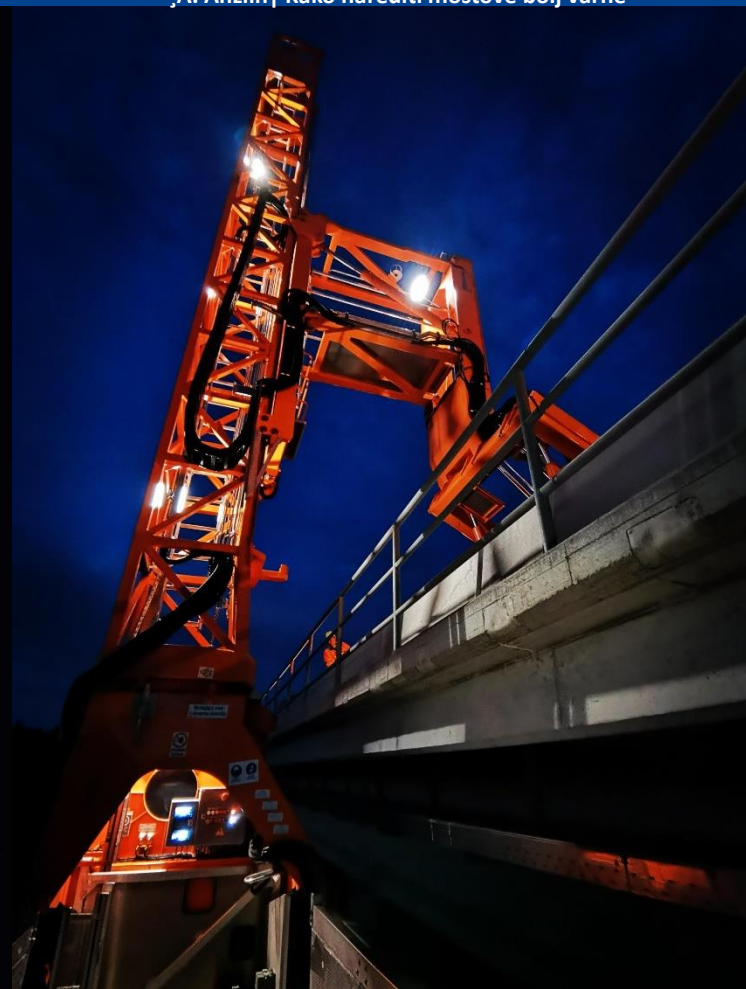


Analiza varnosti
(zdravnik)

Pregled objekta

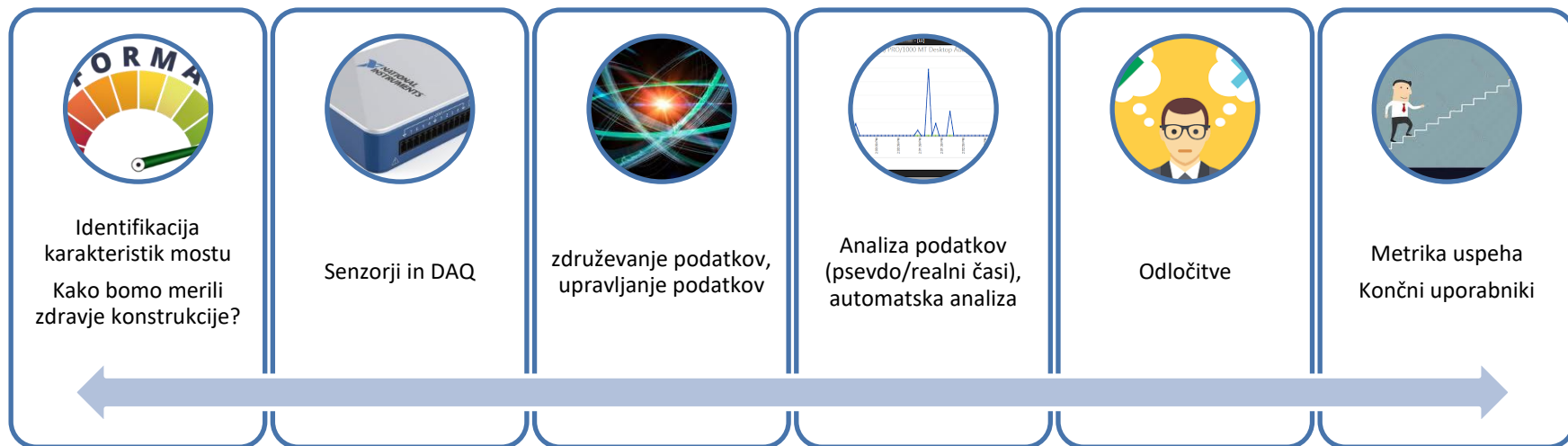
- redni, glavni, izredni, detajlni, ničelni, ...

- razvoj metodologij
- digitalno pregledovanje



Monitoring

glavne komponente



Pravočasno vzdrževanje in implementacija ukrepov
Zmanjšanje stroškov in povečana varnost

Monitoring – spremljanje konstr. stanja (SHM)

- Statični odziv
 - Obremenilna preiskušnja
 - mehka obremenilna preiskušnja
- Dinamični odziv
 - Ambientalne vibracije
 - “shaker” test
- Kratkoročen in dolgotrajen monitoring

Analiza varnosti

- Evrokod 0 in 1 → projektiranje
- Evrokod 8/3 → ocenjevanje (assessment)
- Rating factor (RF) → metodologija ZAG

$$R > G$$

$$RF = \frac{\Phi \cdot R_d - \gamma_D \cdot G_D}{\gamma_L \cdot G_L \cdot DAF}$$

Primeri iz prakse

P1



P2



- P1 | varnost viadukta na prometno obtežbo
- P2 | preostala življenjska doba jeklenega železniškega mostu

P1 | Varnost viadukta na prometno obtežbo

- Problematika: zunanji kabli
- Pregled objekta: ZAG
- Analiza varnosti: Gradis
- Monitoring: ZAG in Cestel

P1 | Varnost viadukta na prometno obtežbo

- Mehka obremenilna preiskušnja (SLT)
 - Na osnovi Sistema B-WIM
 - meritev odziva konstrukcije pod vplivom stehanih kamionov, prosti promet
 - Analiza podatkov → vplivnica, DAF, deformacije
- Podatki o SLT
 - Dve kalibracijski vozili
 - Dve prečni lokaciji
 - hitrost med 79 and 89 km/h
 - 33 voženj

38,2 ton



35,0 ton

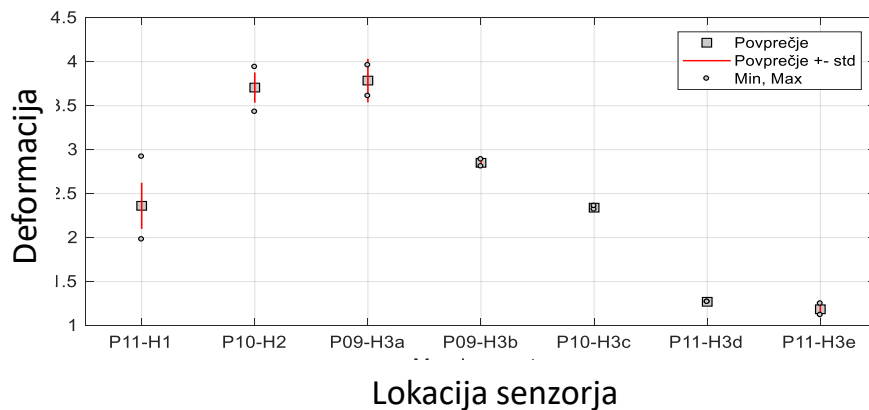
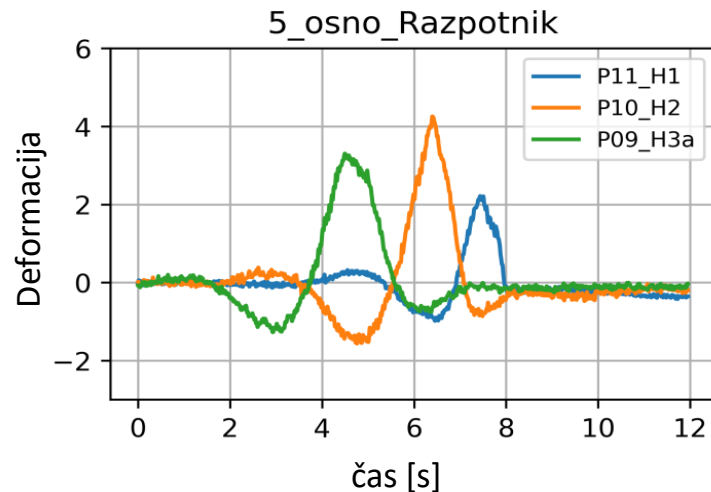


P1 | Varnost viadukta

- Upogibne deformacije
(10^{-6} m/m)
- Maks. vrednosti deformacij



Izračunane deformacije so bile na vseh lokacijah precenjene vsaj za 20 %!



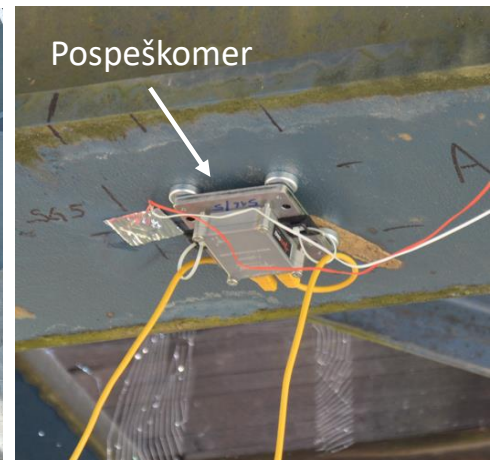
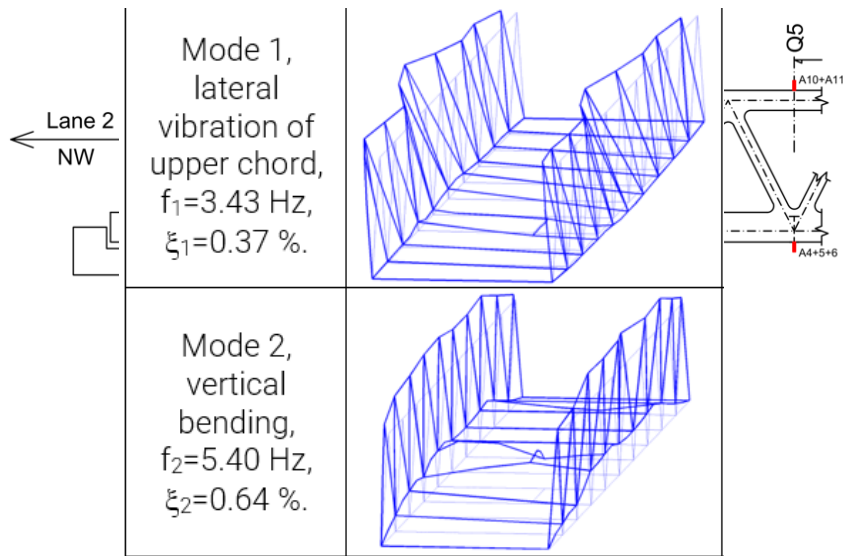
P1 | Preostala življenjska doba na utrujanje

- Železniški most v Avstriji
 - jeklena palična konstrukcija
 - grajen 1990
 - razpon 42 m



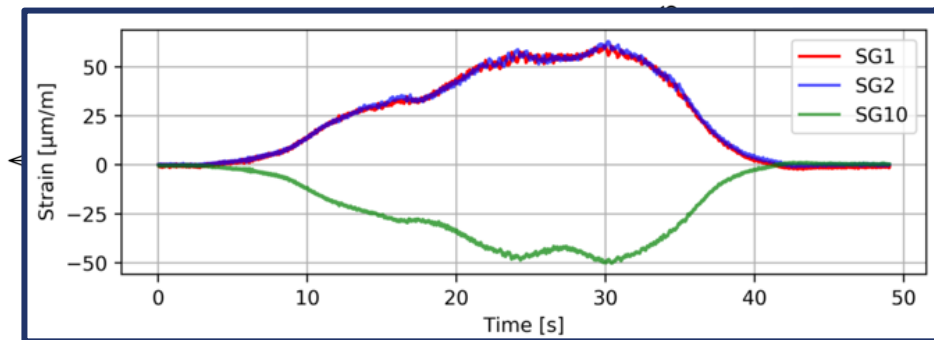
Terenske

- Dinamični odziv
 - 2 vzbujevalnika
 - 12 pospeškometerov



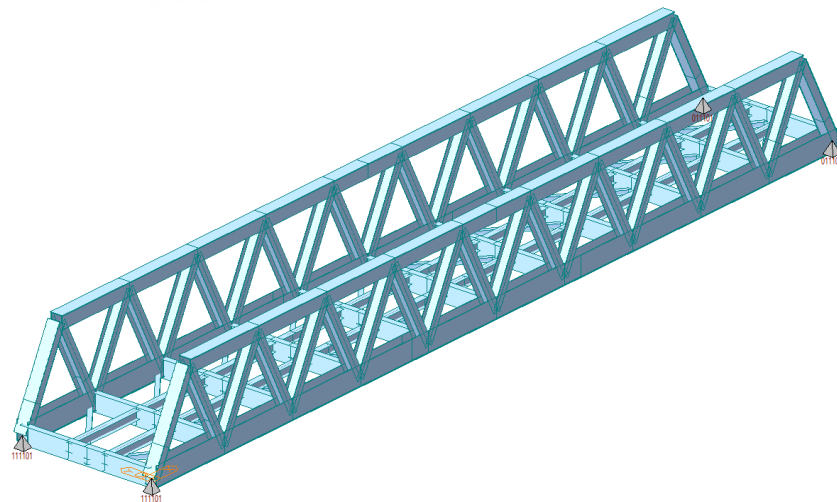
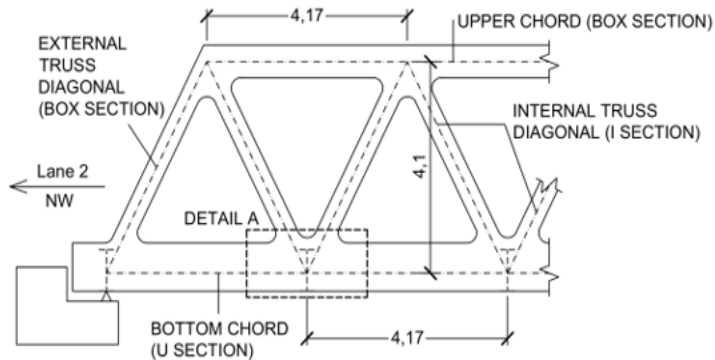
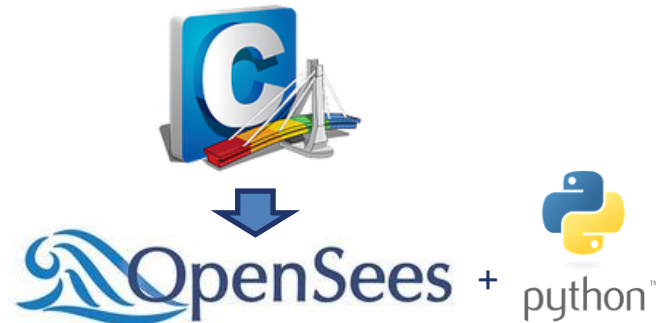
Terenske m

- Statični odziv
 - mehka obremenilna preizkušnja
 - meritev specifičnih deformacij (12 merilnih lističev)
 - kalibracija sistema B-WIM



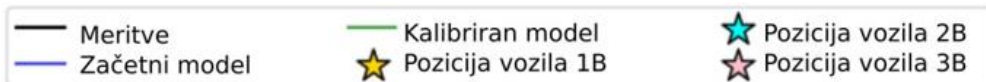
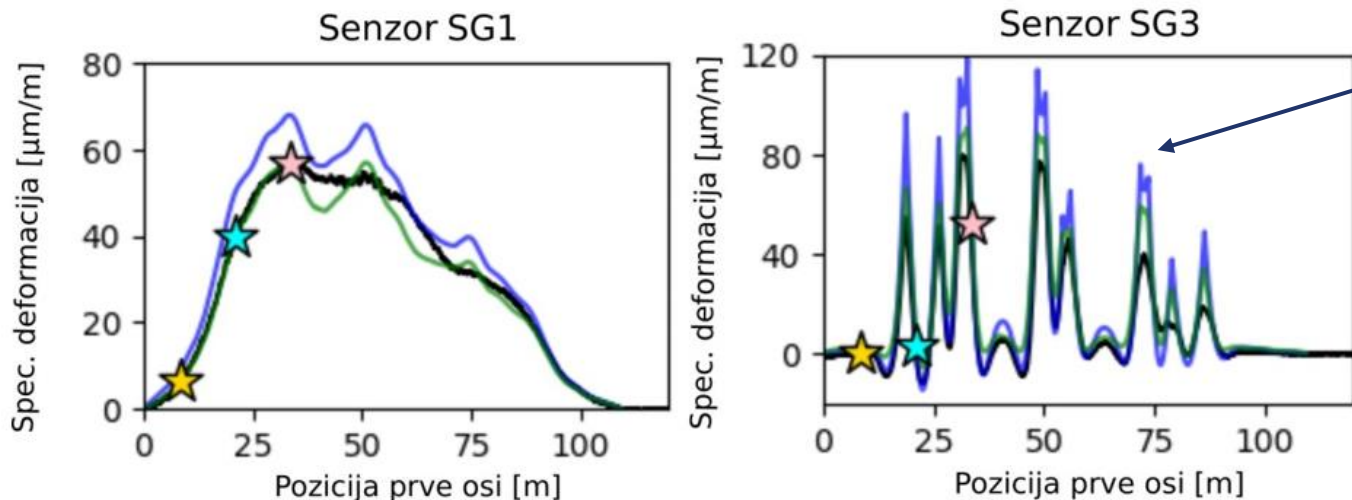
Numerično modeliranje

- Linijski numerični model
- Uporabljen program MIDAS Civil
- Model uvožen v OpenSeesPy
- (za postopek kalibracije)



Rezultati

- Primerjava odziva:



Manj precejšen odziv

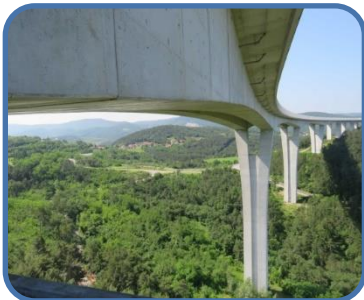


40% povečanje življenjske dobe na utrujanje

+

Boljše ujemanje lastnih frekvenc

Zaključki



#1: **Vizualni pregled** mostu in **monitoring** konstrukcijskega stanja sta nerazdružljiv proces, še zlasti kadar imamo konstrukcijo, ki izkazuje velike težave in je potrebno izvesti **oceno varnosti**

- **Implementacijski potencial:** zelo velik, ni potrebno velikega prepričevanja upravljalcev infrastrukture za izvedbo takih analiz



#2: **Optimalna izvedba ocene varnosti**, tj. minimizacija stroškov za najbolj ugodne rezultate analize varnosti, je velik izziv, saj je za pravo rešitev, potrebno izvesti obsežne meritve. To pa lahko nadomestimo s preliminarnimi študijami in dragocenimi izkušnjami.

- **Implementacijski potencial:** nizek, vendar take aktivnosti predstavljajo gonilno silo za celoviti razvoj ocene varnosti premostitvenih objektov