

C-BRIDGE

TETRA PROJECT



AGENTSCHAP  
INNOVEREN &  
ONDERNEMEN



Vlaanderen  
is ondernemen

# Trillingsproeven composietbruggen

Jordi Uyttersprot | 10 december 2020



Deurne

Trillingen tijdens excitatie  
Hoe te beoordelen?  
Hoe te ontwerpen?



# Inhoud

- Inleiding
- Bestudeerde bruggen
- VibSensor applicatie
- Hiel- en excitatietest
  - Meetrooster en methode
  - Resultaten
- Mens geïnduceerde trillingen
  - Meetrooster en methode
  - Resultaten
- Vergelijking analytische voorspellingen
- Conclusies





Brugge



Maldegem



C-BRIDGE  
TETRA PROJECT

Gent



Puurs



Mortsels



Deurne



Lille-Kasterlee



Tremelo



Galmaarden





Brugge

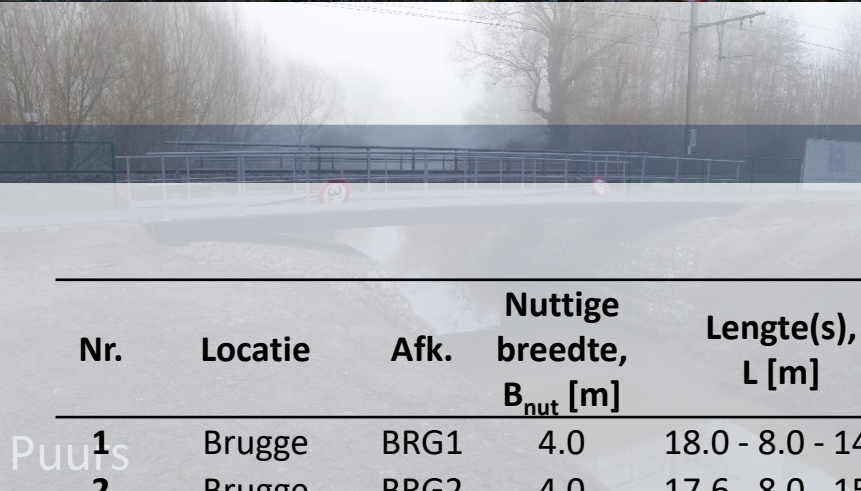


Maldegem



# Tien met lijfplaten versterkte sandwichpaneel bruggen

Gent



Puurs



Mortsels



Deurne

Nr.	Locatie	Afk.	Nuttige breedte, $B_{nut}$ [m]	Lengte(s), L [m]	Oppervlakte, A [m <sup>2</sup> ]
1	Brugge	BRG1	4.0	18.0 - 8.0 - 14.9	163.60
2	Brugge	BRG2	4.0	17.6 - 8.0 - 15.9	167.60
3	Maldegem	MAL	2.4	8.6	20.52
4	Gent	GHE	2.5	17.5	43.75
5	Puurs	PUU	4.2	16.6	69.72
6	Mortsels	MOR	4.3	29.2	114.38
7	Deurne	DEU	2.8	10.0 - 10.0	56.00
8	Lille	LIL	2.5	20.3	50.75
9	Tremelo	TRE	3.0	10.3	30.90
10	Galmaarden	GAL	2.0	14.0	28.00

Lille-Kasterlee



Tremelo



Galmaarden



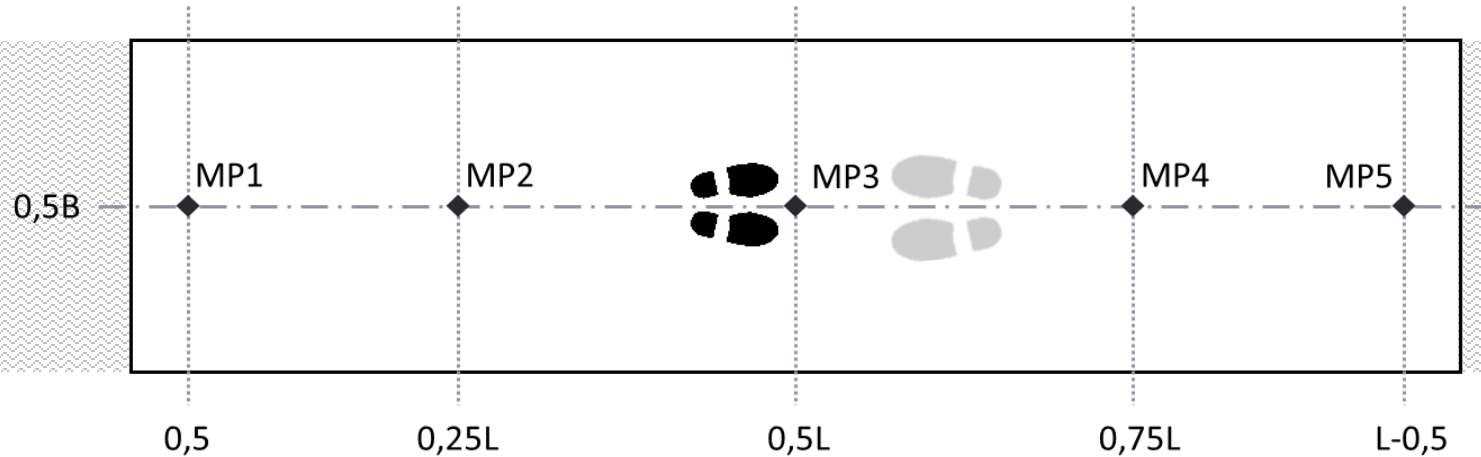
# VibSensor

The image displays the VibSensor mobile application interface, which is divided into several functional areas:

- Sensors Overview:** The top left shows 'TILT' and 'VIBRATION' sensors. The TILT section includes indicators for X, Y, and Z axes. The VIBRATION section includes a 3D coordinate system and a blue arrow icon with a white waveform.
- Settings Menu:** A central 'SETTINGS' menu is open, listing options such as UNITS (M/SEC<sup>2</sup>), ACQUISITION (TIMED), FREQUENCY RANGE (HIGH), ATTACHMENT TYPE (TEXT (TAB)), REPORT OPTIONS, and EMAIL (ACTIVATED).
- Data Analysis:** The right side of the interface shows two data analysis screens. The top screen displays 'PSD (M<sup>2</sup>/S<sup>4</sup>)' vs 'FREQ (Hz)' on a log-log scale. The bottom screen displays 'ACCEL (M/S<sup>2</sup>)' vs 'TIME (s)' on a linear scale. Both screens show data for X, Y, and Z axes.
- Navigation:** A bottom navigation bar contains icons for LIVE, ACQUIRE, VIEWDATA, and SETTINGS.

# Hiel- en excitatietest

## Meetrooster en methode



### Hieltest (HT)

Creëren van een impact door het eigen lichaamsgewicht met behulp van de hielen.

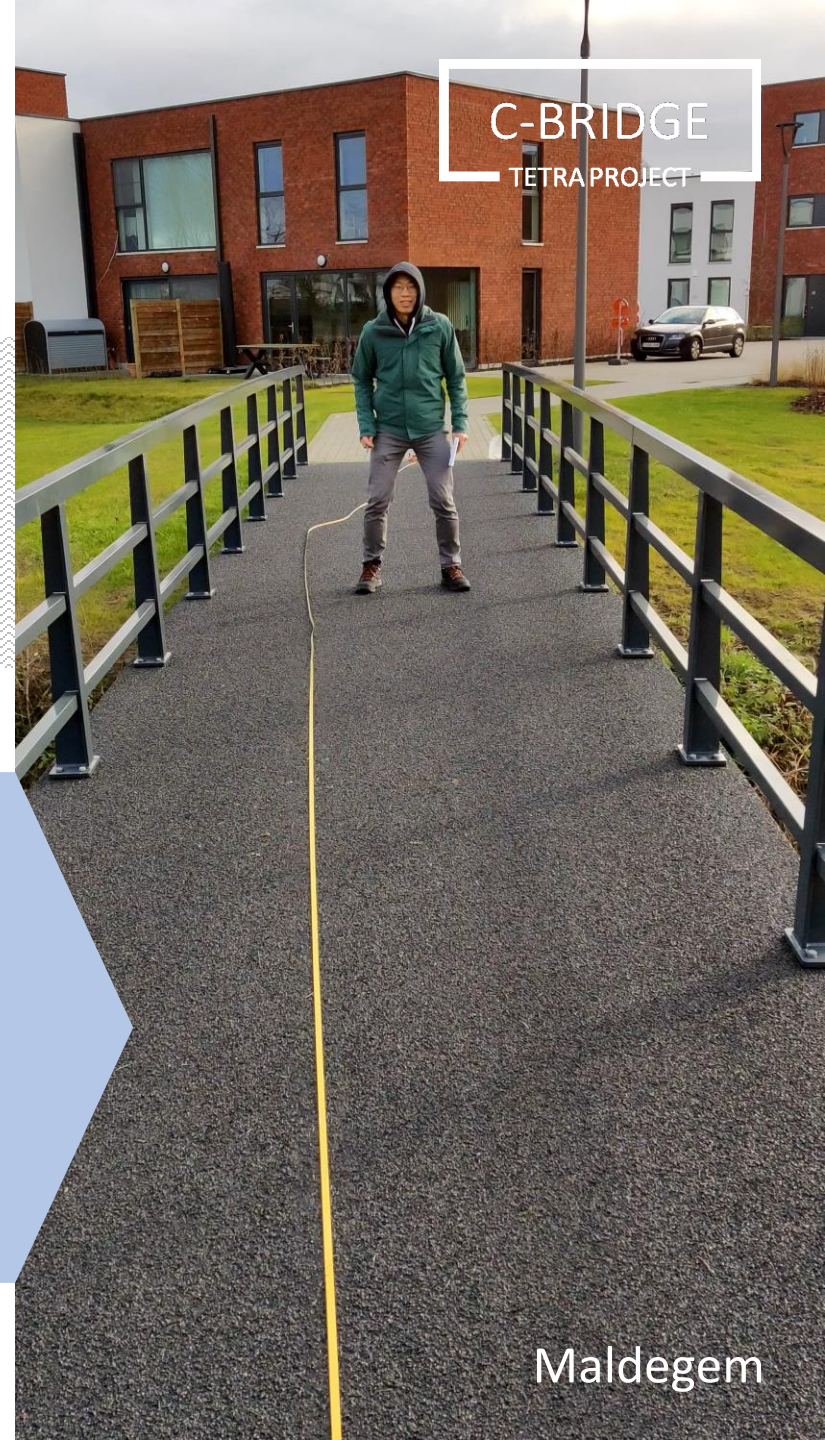
6 impacts met interval 10 seconden

### Excitatie test (ET)

Het opwekken van een trilling in de brug door het eigen lichaamsgewicht volgens de natuurlijke eerste eigenfrequentie van de brug.

30/45 seconden trillen → 30/15 seconden natrillen

C-BRIDGE  
TETRA PROJECT

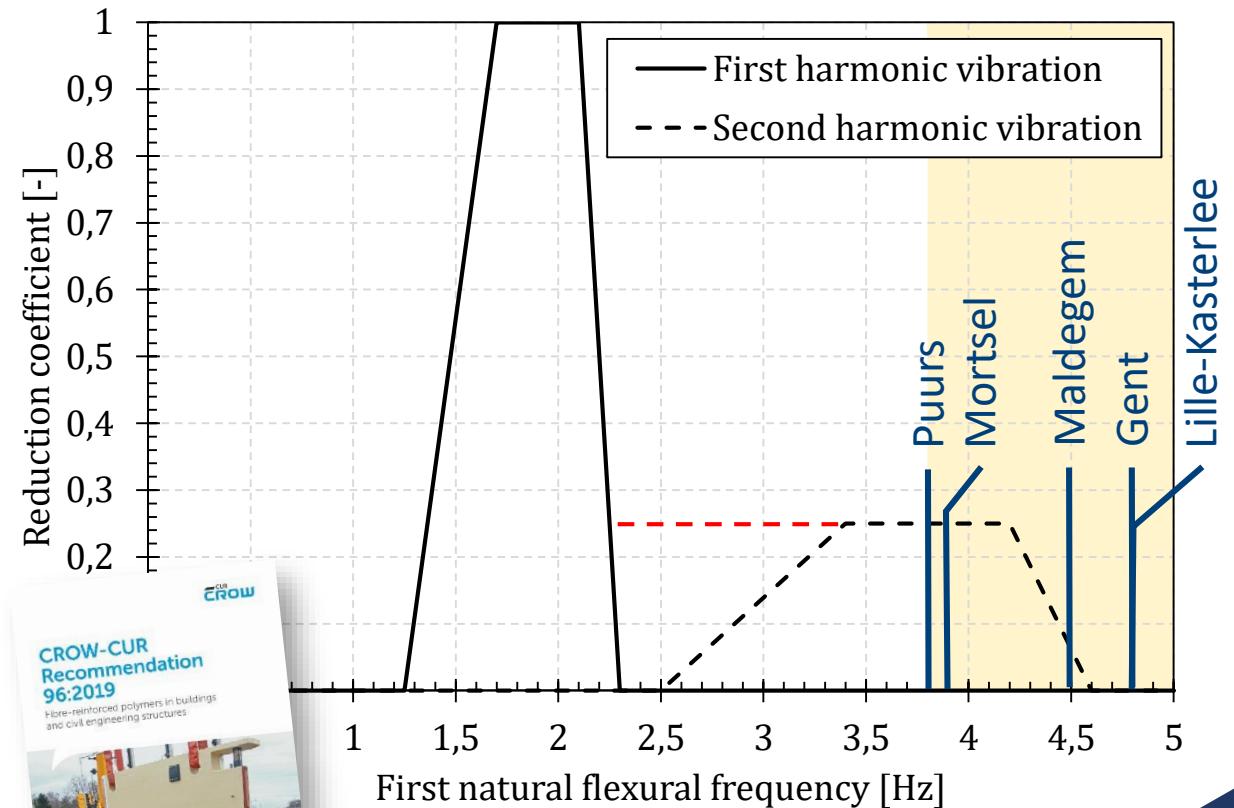


# Resultaten: Eigenfrequentie

Hiel- en excitatietest



De grafiek kan u terugvinden in de paper 'Measured dynamic properties of web-core sandwich panel FRP composite footbridges and their relation to pedestrian comfort analysis' in het journal Composite Structures



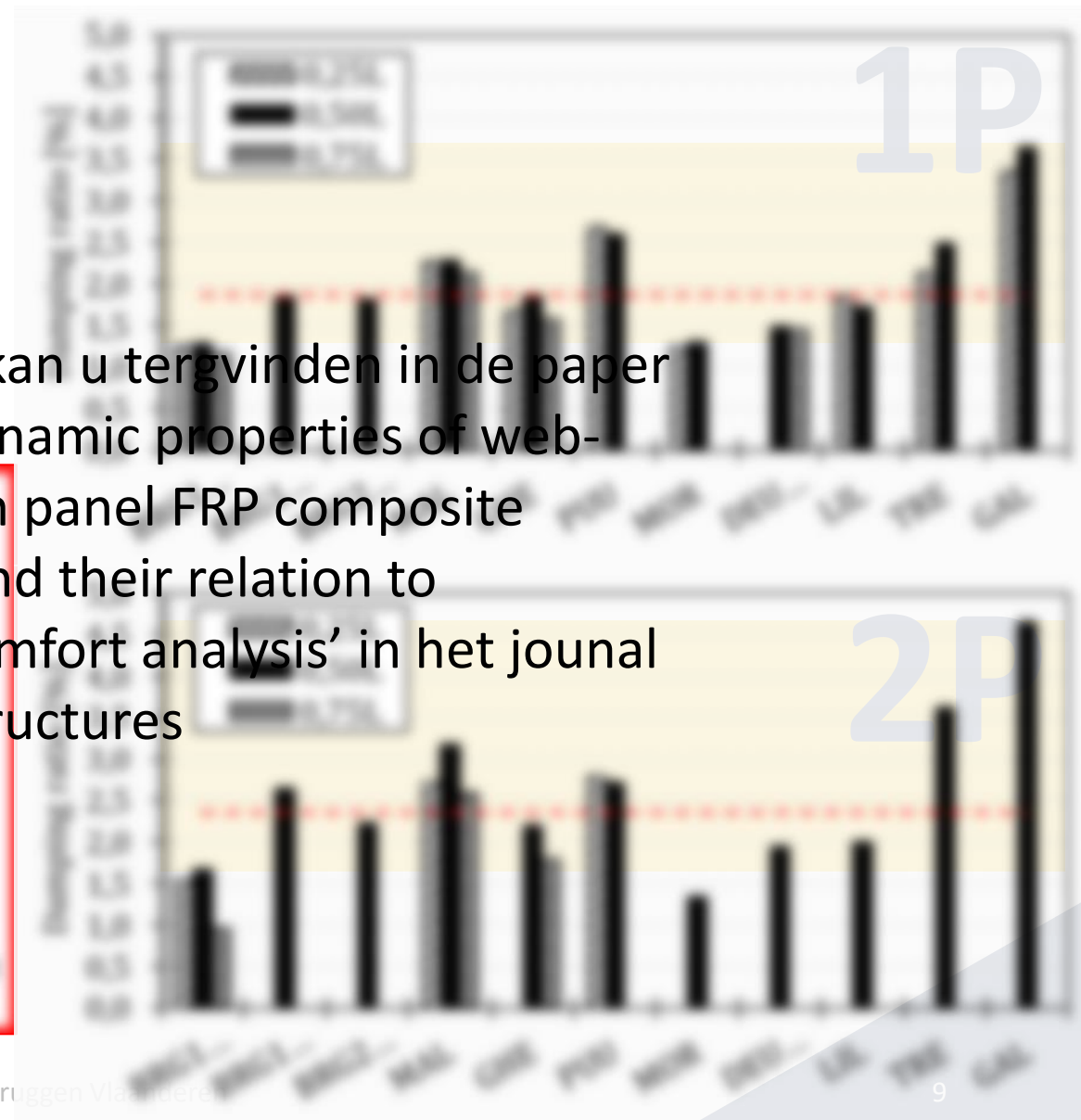


# Resultaten: Dempingsverhouding

## Hieltest



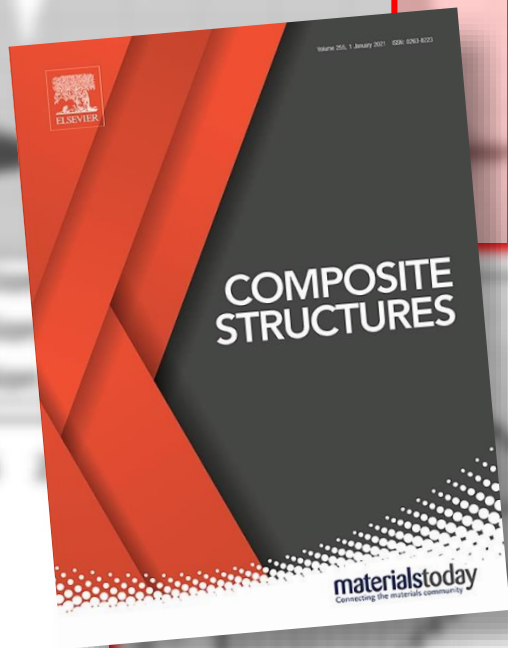
De grafieken kan u tergvinden in de paper 'Measured dynamic properties of web-core sandwich panel FRP composite footbridges and their relation to pedestrian comfort analysis' in het journal Composite Structures





# Resultaten: Dempingsverhouding

## Excitatie test



De grafieken kan u terugvinden in de paper 'Measured dynamic properties of web-core sandwich panel FRP composite footbridges and their relation to pedestrian comfort analysis' in het journal Composite Structures



# Resultaten: Toename demping

Hiel- en excitatietest

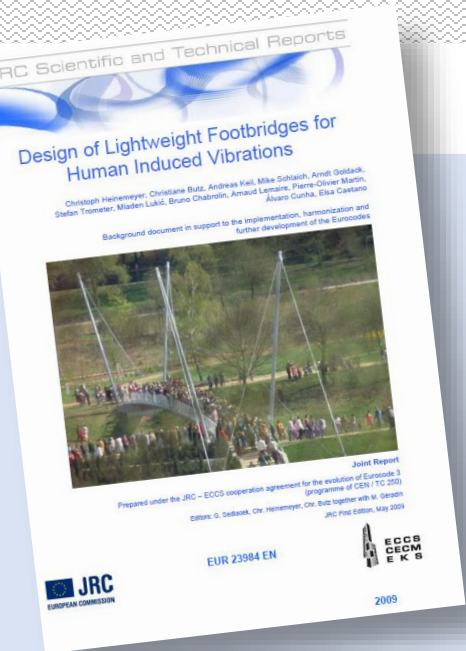
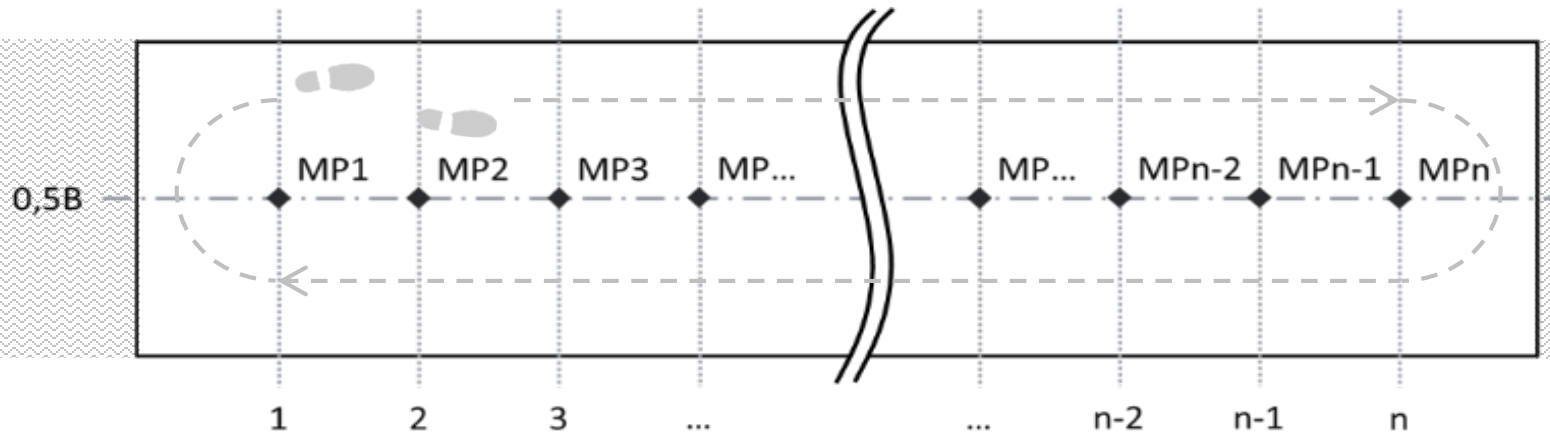


De grafieken kan u terugvinden in de paper 'Measured dynamic properties of web-core sandwich panel FRP composite footbridges and their relation to pedestrian comfort analysis' in het journal Composite Structures



# Mens geïnduceerde trillingen

## Meetrooster en methode



Verkeers klasse	Voetgangersdichtheid $d_{VK}$ [P/m <sup>2</sup> ]	Beschrijving
VK1	0,1	Zeer zwak verkeer
VK2	0,2	Zwak verkeer
VK3	0,5	Dicht verkeer
VK4	1,0	Zeer dicht verkeer
VK5	1,5	Exeptioneel dicht verkeer

Nr.	Locatie	Afk.	# Personen		
			VK1	VK2	VK3
1	Gent	GHE	4	8	20
2	Puurs	PUU	8	15	38
3	Mortsel	MOR	12	23	58
4	Deurne	DEU	6	11	28
5	Tremelo	TRE	3	6	16





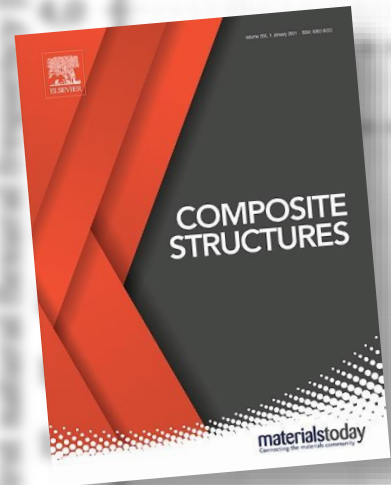
C-BRIDGE  
TETRA PROJECT

F18 Puurs



# Resultaten: Eigenfrequentie

Mens geïnduceerde trillingen



De grafiek kan u tergvinden in de paper 'Measured dynamic properties of web-core sandwich panel FRP composite footbridges and their relation to pedestrian comfort analysis' in het journal Composite Structures



Gelijke eigenfrequentie over de lengte van de brug

## Verlaagde eigenfrequentie

Locatie	Hieltest	Excitatie-test
	$f_{0,Avrg.}$ [Hz]	$f_{0,Avrg.}$ [Hz]
Gent	4.91	4.78
Puurs	3.81	3.79
Mortsel	3.91	3.90
Tremelo	5.19	5.36



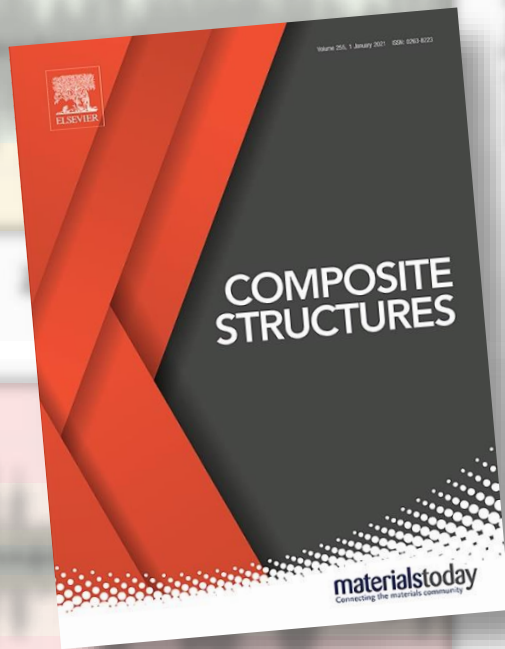
# Resultaten: Verticale versnellingen

Mens geïnduceerde trillingen

Tremelo

WANDELEN

JOGGEN



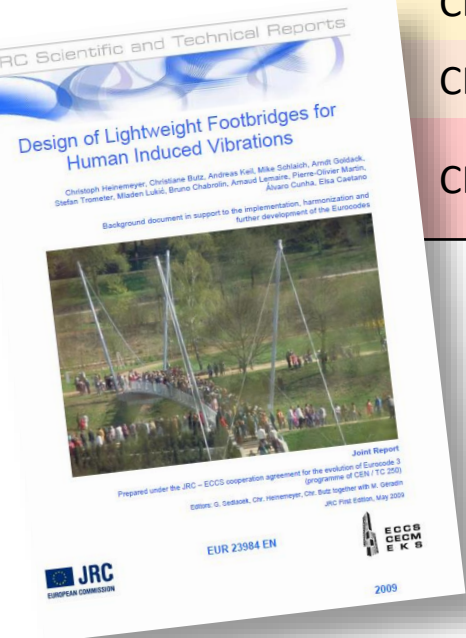
De grafieken kan u tergvinden in de paper 'Measured dynamic properties of web-core sandwich panel FRP composite footbridges and their relation to pedestrian comfort analysis' in het journal Composite Structures



# Resultaten: Comfortanalyse

## Mens geïnduceerde trillingen

Comfort klasse	Mate van comfort	Verticale versnelling
CK1	Maximaal	< 0,5 m/s <sup>2</sup>
CK2	Middelmatig	0,50 – 1,00 m/s <sup>2</sup>
CK3	Minimaal	1,00 – 2,50 m/s <sup>2</sup>
CK3	Onaanvaardbaar discomfort	> 2,50 m/s <sup>2</sup>



## Wandelen

Location	MAX			RMS		
	0,1	0,2	0,5	0,1	0,2	0,5
Tremelo	0,554	0,838	0,789	0,178	0,258	0,216
Gent	0,505	0,547	0,757	0,178	0,166	0,219
Puurs	0,492	0,686	0,508	0,125	0,166	0,144
Deurne	0,654	0,599	0,767	0,188	0,186	0,194
Mortsel	0,425	0,389	0,268	0,103	0,112	0,074

## Joggen

Location	MAX			RMS		
	0,1	0,2	0,5	0,1	0,2	0,5
Tremelo	4,860	5,132	4,028	1,513	1,580	1,247
Gent	1,960	1,901	2,693	0,584	0,605	0,787
Puurs	2,381	2,127	2,878	0,474	0,559	0,706
Deurne	1,438	1,698	2,056	0,358	0,452	0,487
Mortsel	0,849	1,153	1,232	0,203	0,274	0,334

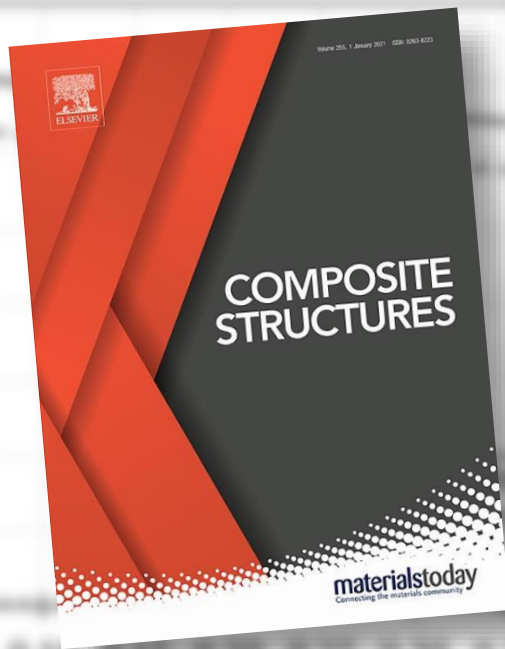


# Vergelijking met analytische voorspellingen

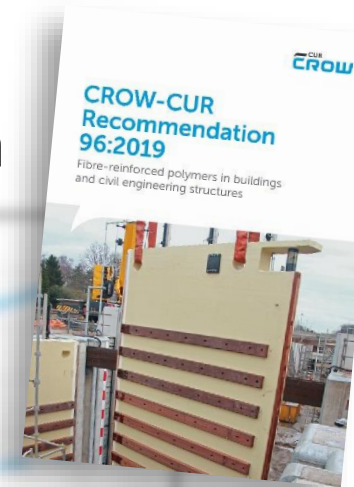
Excel rekentool | F18 Puurs

Eigenfrequentie

Verticale versnellingen



De grafieken kan u terugvinden in de paper 'Measured dynamic properties of web-core sandwich panel FRP composite footbridges and their relation to pedestrian comfort analysis' in het journal Composite Structures



Mens-structuur interactie



- Trillingsanalyse van composietbruggen op basis van **smartphones** is een snelle, betaalbare en betrouwbare methode;
- De **hiel- en excitatietest** zijn betrouwbare methoden voor het verzamelen van gegevens, hoewel voor zeer stijve bruggen alleen de hieltest succesvol kan zijn;
- De **eigenfrequentie** van composietbruggen ligt typisch in het bereik van 3,8 tot 6,5 Hz;
- De minimale, maximale en gemiddelde **dempingsverhouding** van de composietbruggen bedraagt respectievelijk 1,28%, 4,66% en 2,12%, die allen hoger zijn dan de standaardwaarden die in de CUR96:2019 richtlijn worden aangegeven;
- **Comfortanalysetests** met maximaal 0,5 P/m<sup>2</sup> leveren gegevens op voor comfortanalyse;
- Huidige **ontwerprichtlijnen** voor voetgangerscomfortanalyse zijn overconservatief en weerspiegelen niet het effect van mens-structuur interactie.



C-BRIDGE

TETRA PROJECT

# Journal paper

**Measured dynamic properties of web-core sandwich panel FRP composite footbridges and their relation to pedestrian comfort analysis**

*Jordi Uyttersprot & Wouter De Corte*



C-BRIDGE

TETRA PROJECT

# VRAGEN?

## Projectteam

Prof. Wouter De Corte

Wouter.DeCorte@UGent.be

Jordi Uyttersprot

Jordi.Uyttersprot@UGent.be

Bram Ingelbinck

Bram.Ingelbinck@UGent.be

Petra Van Itterbeeck

Petra.Van.Itterbeeck@bbri.be