



# WORKSHOP: “TECNOLOGIE SATELLITARI E ANALISI MULTI-RISCHIO: L’ESPERIENZA DEI PROGETTI I4DP\_SCIENCE E PROSPETTIVE FUTURE”

Organizzato da Agenzia Spaziale Italiana (ASI) - Sede ASI di Roma, Via del Politecnico - Roma, 27-28 maggio 2025

## **Monitoraggio satellitare delle infrastrutture mediante DInSAR – SBAS: assenza di PS e ruolo della temperatura dell’aria**

**Rocco DITOMMASO, Gianluca AULETTA, Felice Carlo PONZO**

Dipartimento di Ingegneria – Università degli Studi della Basilicata



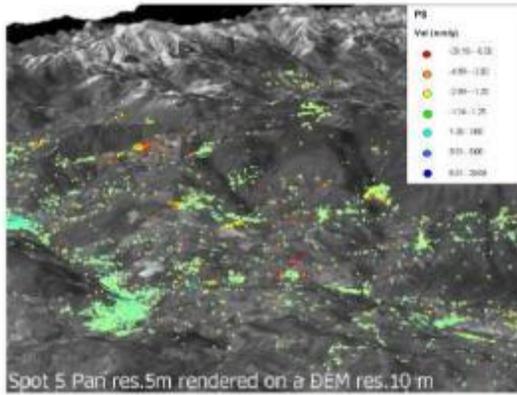
# PROGETTO DI RICERCA E QUESITI DI RIFERIMENTO

I risultati presentati sono il frutto delle attività di ricerca svolte nell'ambito della Convenzione DPC-ReLUIS 2019-2022 – 2022-2024 e 2024-2026, linea di ricerca WP6 'Monitoraggio e Dati Satellitari'

- Le misure interferometriche satellitari possono essere davvero utili a valutare il comportamento strutturale nel tempo?
- Quali tipi di movimenti possono essere rilevati?
- Quali tipi di costruzioni possono essere monitorate?
- Quali fenomeni di danno sulle costruzioni possono essere seguiti?
- Quali caratteristiche debbono avere tali misure e dunque quali sensori, quali tecnologie interferometriche sono più efficaci e utili alla diagnosi strutturale?
- Quali comportamenti strutturali si possono effettivamente individuare con l'interferometria satellitare e monitorare nel tempo per poter effettuare una diagnosi utile (comportamento Fisiologico – Comportamento patologico)?
- **L'interferometria satellitare, adeguatamente interpretata, è da sola in grado di consentire una diagnosi corretta?**
- **Quali azioni complementari o successive di monitoraggio, modellazione e indagini in sito sono necessarie per arrivare a una diagnosi strutturale corretta?**

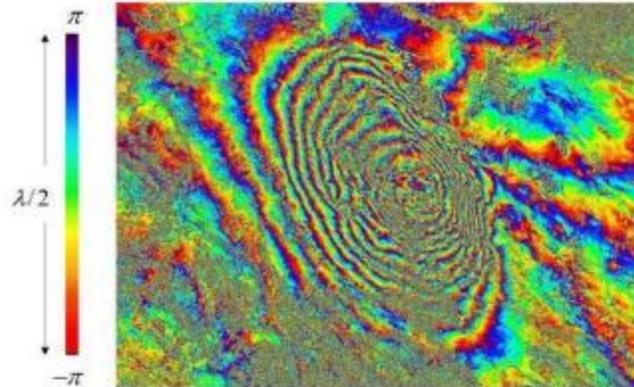
# DATI SATELLITARI E AMBITI DI APPLICAZIONE CONSOLIDATI

## ➤ Frane a cinematica lenta



Progetto SLAM (Service for Landslide Monitoring) Finanziato dall'ESA (2005)

## ➤ Effetti del Sisma

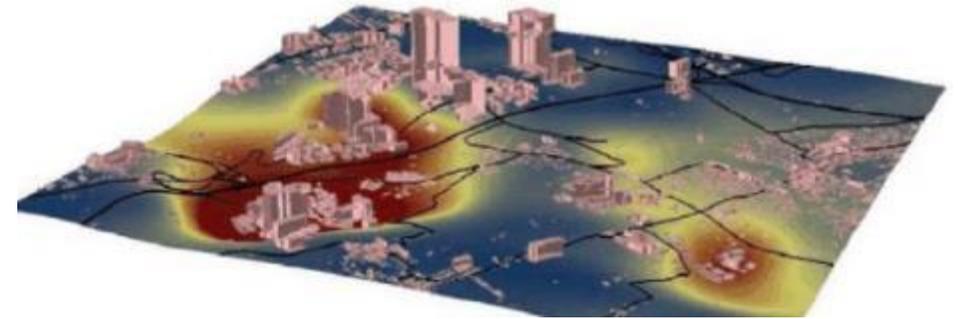


Interferogramma co-sismico relativo al terremoto de L'Aquila del 6 aprile 2009, ottenuto con immagini SAR COSMO-Sky-Med, acquisite il 4 e il 12 aprile 2009 lungo orbite ascendenti

## ➤ Subsidenza



## ➤ Sinkholes

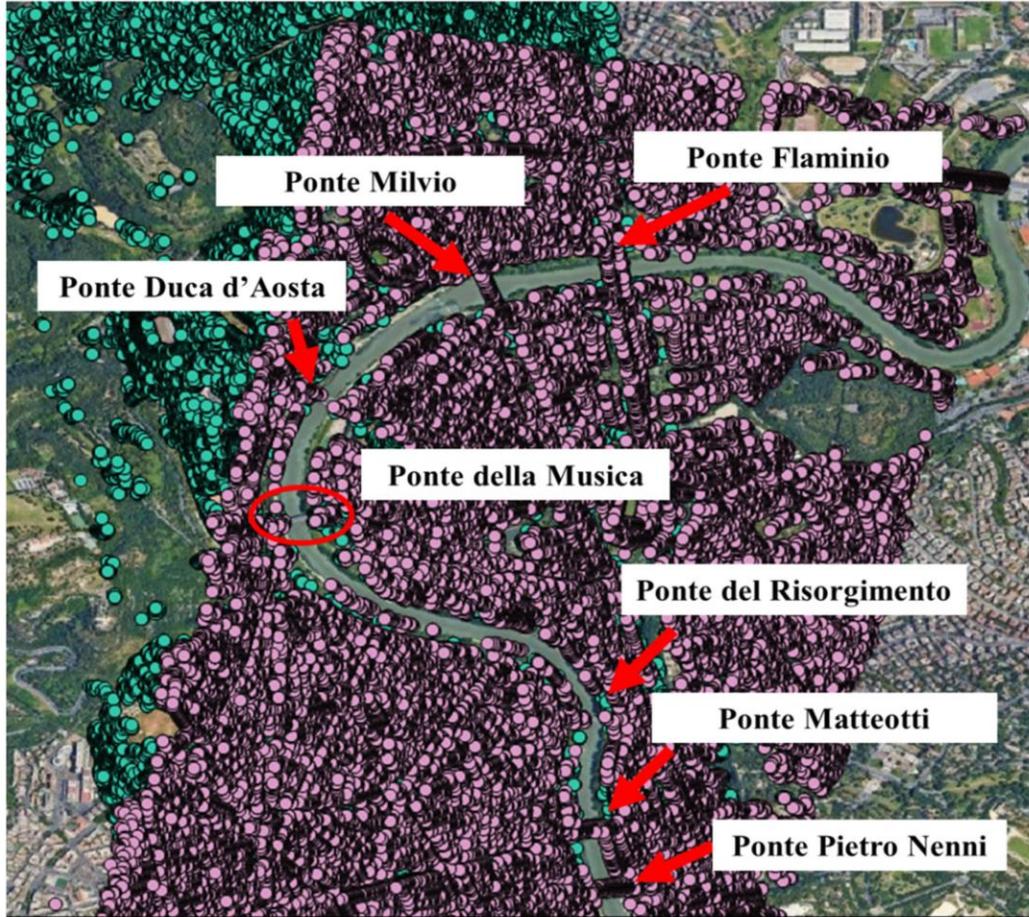


Fonte immagini: Linee Guida per l'analisi di dati interferometrici satellitari in aree soggette a dissesti idrogeologici, MATMTM, 2009 – PS-InSAR Manuale d'uso, Telerilevamento Europa, 2008

# ANALISI PRELIMINARI E SCELTA DEL CASO STUDIO

## IL MONITORAGGIO SATELLITARE SU ROMA NORD

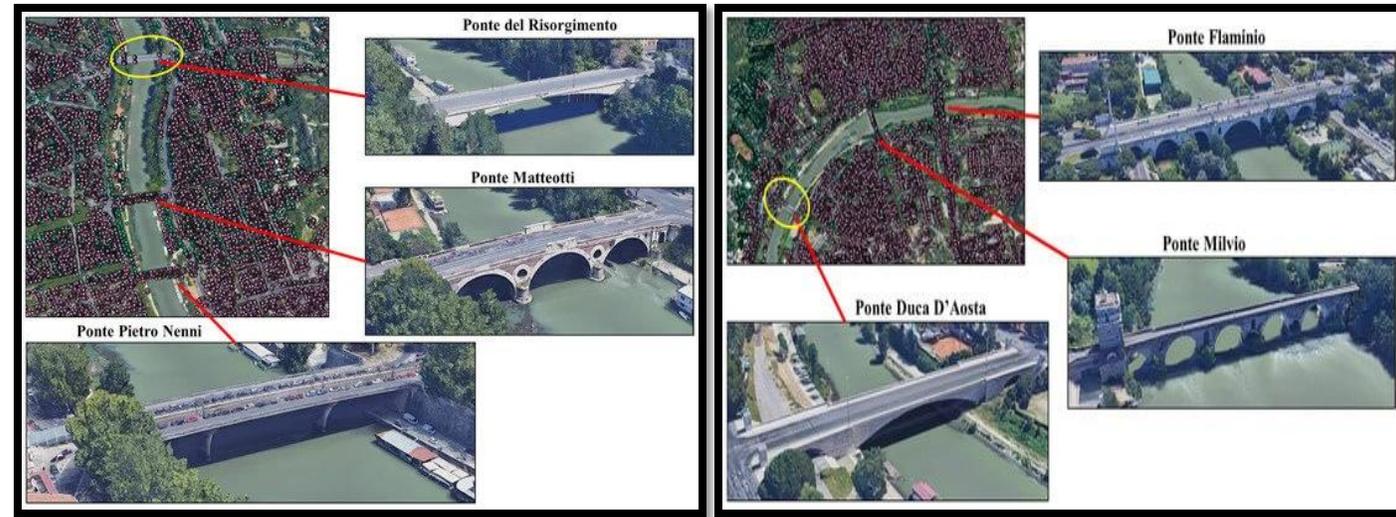
TELERILEVAMENTO ZONA NORD DI ROMA:



ANALISI DELLE SERIE TEMPORALI DI SPOSTAMENTO LOS CON TECNICA MULTI-TEMPORALE A PIENA RISOLUZIONE SBAS-DinSAR

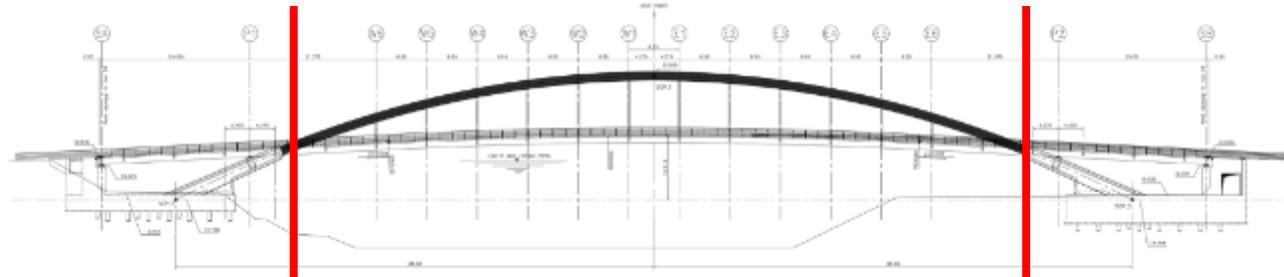
- Sequenze di acquisizioni SAR dalla costellazione italiana COSMO-SkyMed (Agenzia Spaziale Italiana)
- Serie temporali: 2011-2019

**NON CI SONO DATI SATELLITARI SU TUTTI I PONTI CON IMPALCATO A MAGGIORE DEFORMABILITÀ STRUTTURALE**



# CASO STUDIO: PONTE DELLA MUSICA - ARMANDO TROVAJOLI

IL CASO STUDIO: PONTE DELLA MUSICA- ARMANDO TROVAJOLI (DATI SATELLITARI COMSO SKYMED)



Legenda

- $vel [cm/yr] < -1.0$
- $-1.0 \leq vel [cm/yr] < -0.8$
- $-0.8 \leq vel [cm/yr] < -0.6$
- $-0.6 \leq vel [cm/yr] < -0.4$
- $-0.4 \leq vel [cm/yr] < -0.2$
- $-0.2 \leq vel [cm/yr] < 0$
- $0 \leq vel [cm/yr] < 0.2$
- $0.2 \leq vel [cm/yr] < 0.4$
- $0.4 \leq vel [cm/yr] < 0.6$
- $0.6 \leq vel [cm/yr] < 0.8$
- $0.8 \leq vel [cm/yr] < 1.0$
- $vel [cm/yr] \geq 1.0$

## CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PONTE:

- Campata centrale  $\cong 130$  m;
- Campate di riva  $\cong 30$  m;
- Larghezza(0;L)  $\cong 17$  m;
- Larghezza(L/2)  $\cong 21$  m;

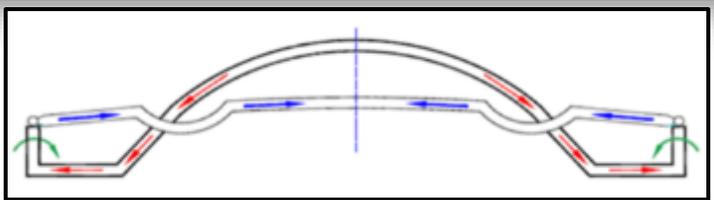


**ASSENZA DI DATI SATELLITARI SULLA CAMPATA CENTRALE DEL PONTE**

ORBITA ASCENDENTE



ORBITA DISCENDENTE



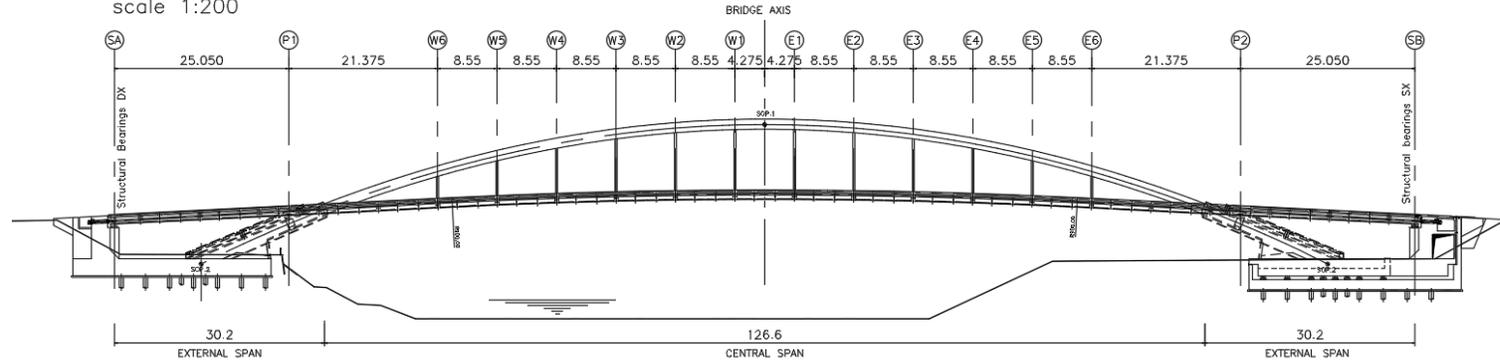
## CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI:

- Archi – goccia asimmetrica;
- Travi centrali – Sezione a Z;
- Travi di bordo – Sezione a cassone;
- Traversi – doppia flangia (h var.);
- Pendini – doppia flangia;
- Soletta – s=18 cm;
- Controventi inf. – UPN240

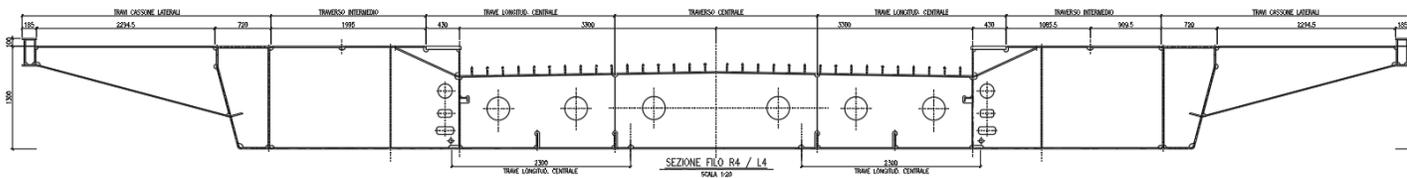
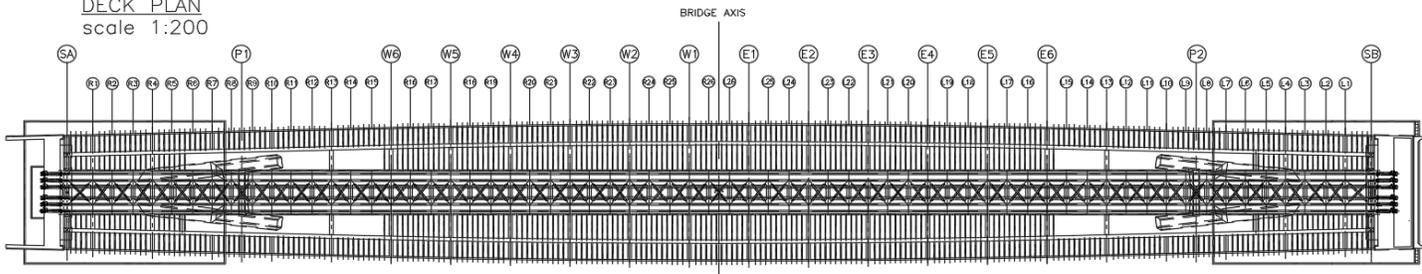
# CASO STUDIO: PONTE DELLA MUSICA - ARMANDO TROVAJOLI

## SPECIFICHE TECNICHE STRUTTURALI

SECTION IN DECK AXIS  
scale 1:200



DECK PLAN  
scale 1:200



### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL PONTE:

- *Campata centrale  $\cong 130$  m;*
- *Campate di riva  $\cong 30$  m;*
- *Larghezza(O;L)  $\cong 17$  m;*
- *Larghezza(L/2)  $\cong 21$  m;*

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI:

- *Archi – Sezione a goccia asimmetrica;*
- *Travi centrali – Sezione a Z;*
- *Travi di bordo – Sezione a cassone;*
- *Traversi – doppia flangia con altezza variabile;*
- *Pendini – doppia flangia;*
- *Soletta – spessore = 18 cm;*
- *Controventi inf. – UPN240;*

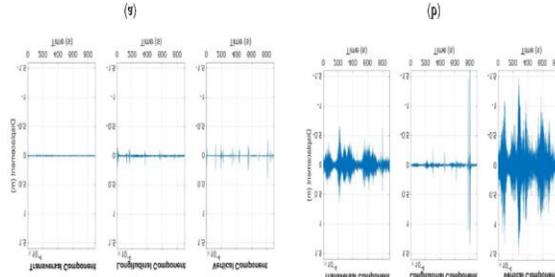
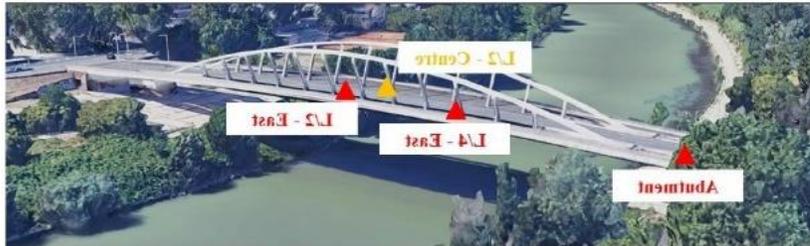
*Documentazione Progettuale gentilmente fornita dall'Ing. Giocchino Strovaglia*

*Rocco Ditommaso, 27 maggio 2025*

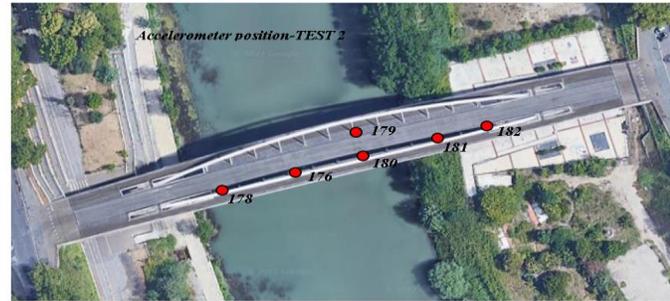
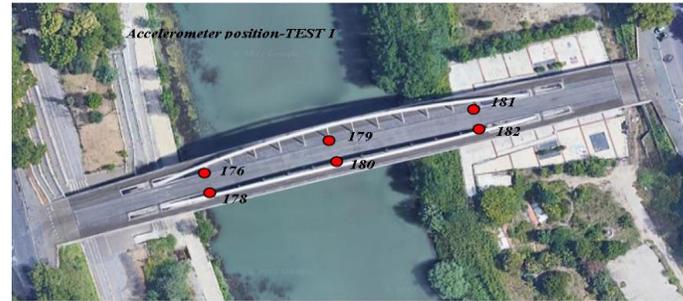
# CASO STUDIO: PONTE DELLA MUSICA - ARMANDO TROVAJOLI

## IDENTIFICAZIONE DINAMICA:

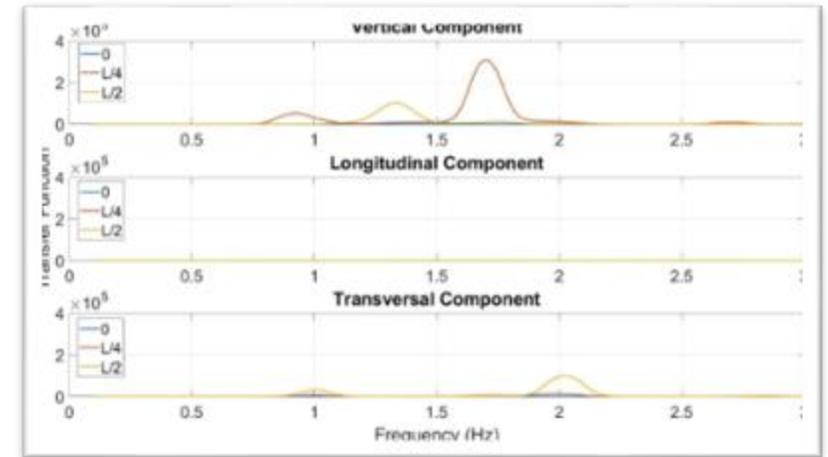
- **OTTOBRE 2020** - Prima campagna vibrazionale con utilizzo di stazioni velocimetriche



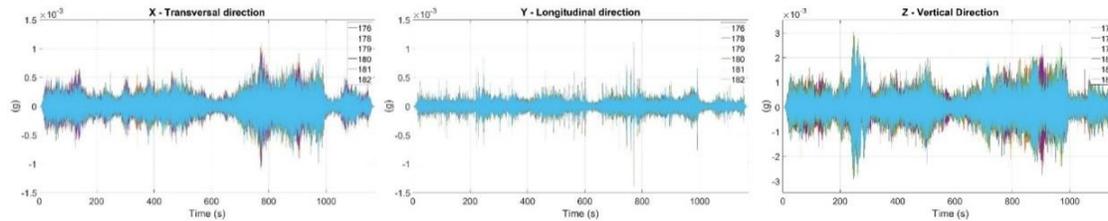
- **NOVEMBRE 2021** - Seconda campagna vibrazionale con utilizzo di stazioni accelerometriche



a) b)

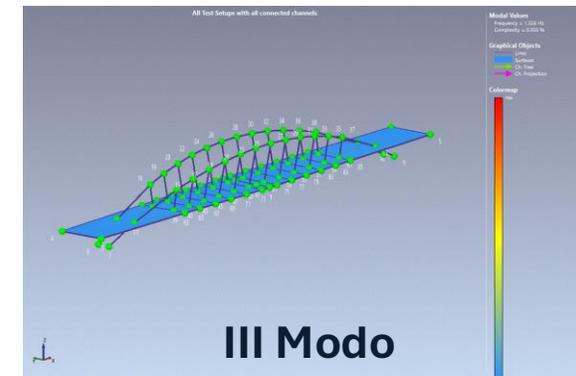
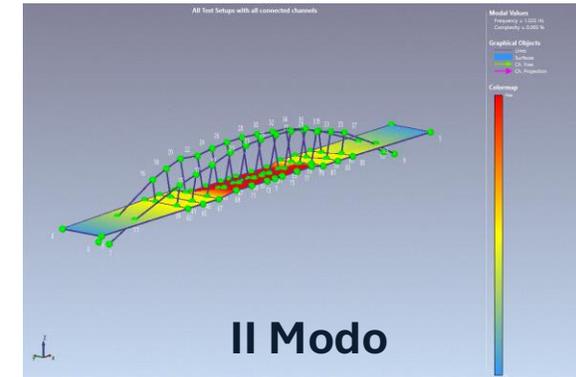
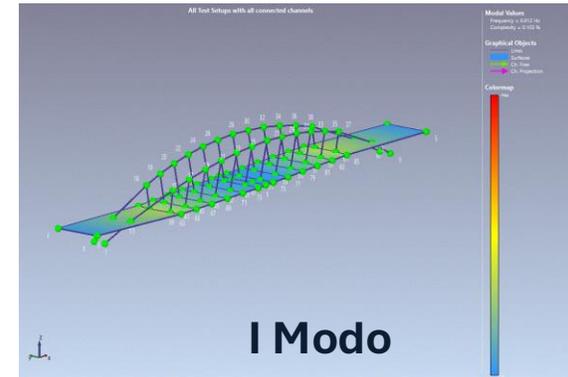
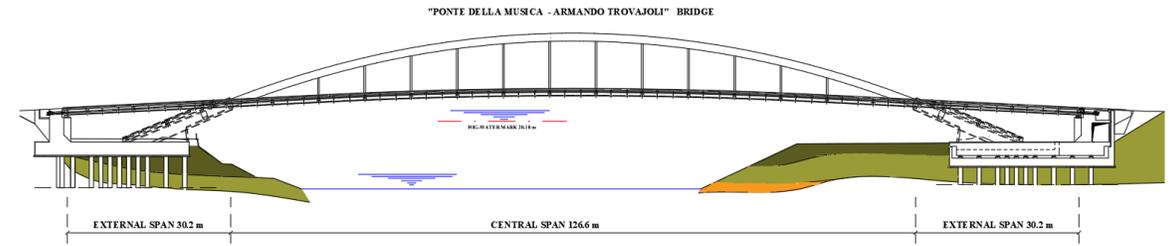
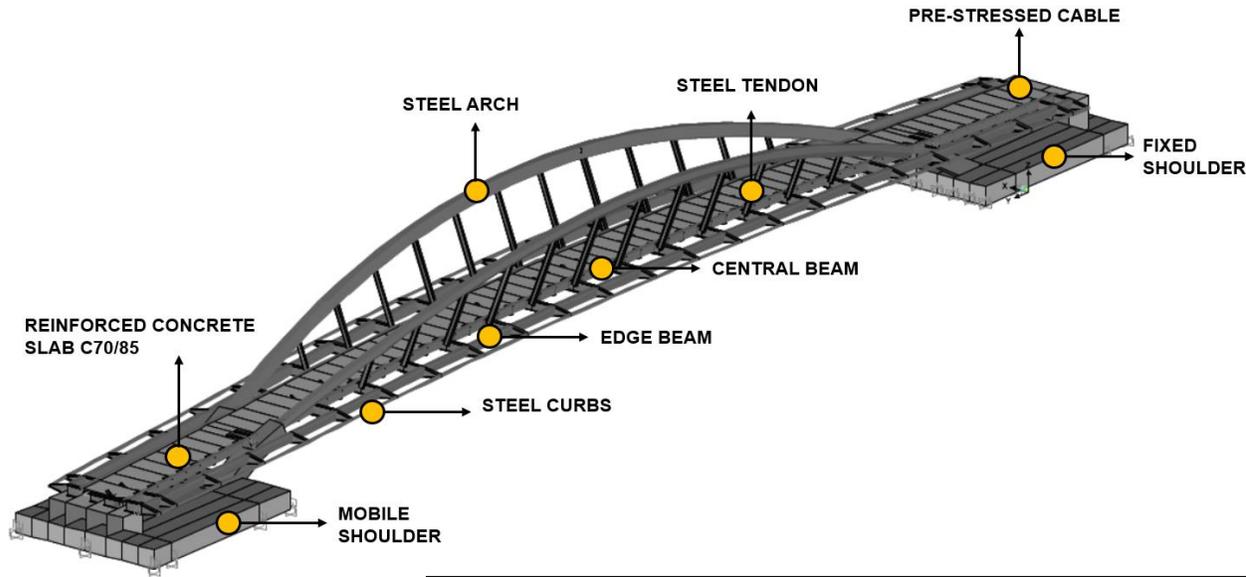


Mode number	Experimental Frequency [Hz]
Mode 1	0.92±0.01
Mode 2	1.01±0.01
Mode 3	1.33±0.01



# CASO STUDIO: PONTE DELLA MUSICA - ARMANDO TROVAJOLI

## Calibrazione dinamica dei modelli numerici SHM mediante VBM

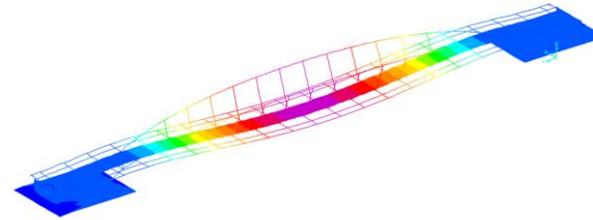
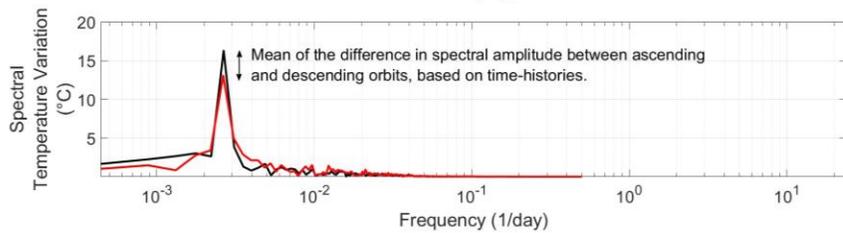
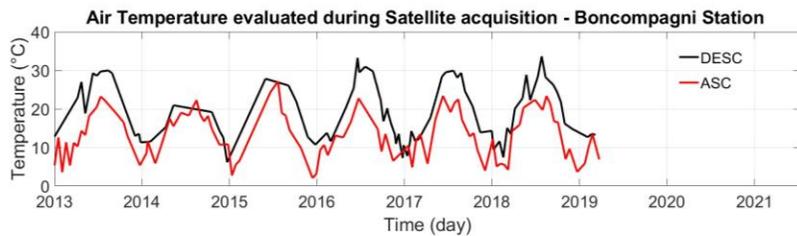
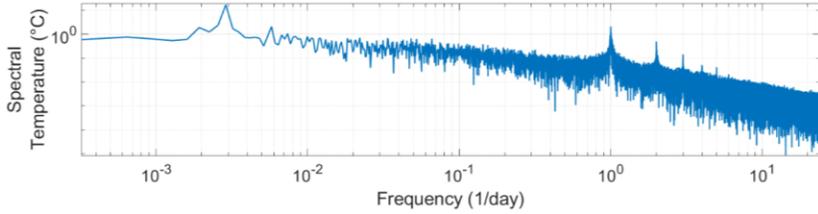
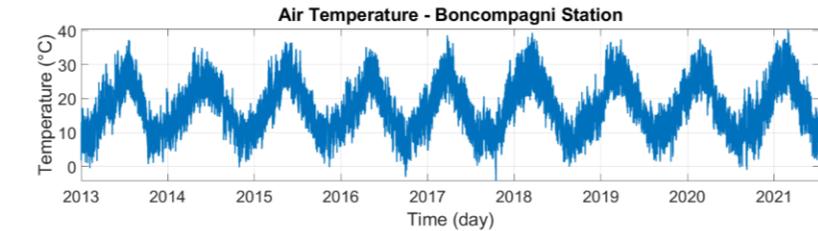


	<i>Experimental</i>	<i>Optimal Numerical Model</i>	<i>Percentage Difference</i>
<i>Mode number</i>	<i>Frequency [Hz]</i>	<i>Frequency [Hz]</i>	<i>Rate [%]</i>
<i>Mode 1</i>	<b>0.92±0.01</b>	<b>0.92</b>	<b>0±0.1</b>
<i>Mode 2</i>	<b>1.01±0.01</b>	<b>1.07</b>	<b>5.94±0.1</b>
<i>Mode 3</i>	<b>1.33±0.01</b>	<b>1.33</b>	<b>0±0.1</b>

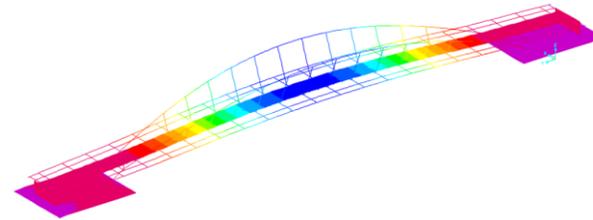
Ponzo, F.C., Auletta, G., Ielpo, P., Ditommaso, R. (2024). DIInSAR – SBAS satellite monitoring of infrastructures: how temperature affects the "Ponte della Musica" case study. Journal of Civil Structural Health Monitoring. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13349-023-00751-z>.

Rocco Ditommaso, 27 maggio 2025

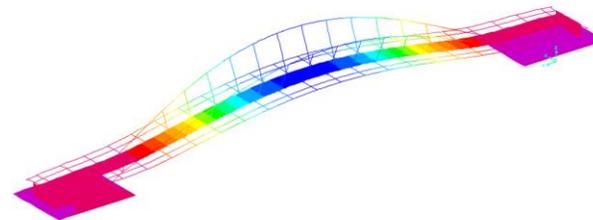
# ACQUISIZIONE DEI DATI DI TEMPERATURA E ANALISI TERMO-MECCANICHE



(a)

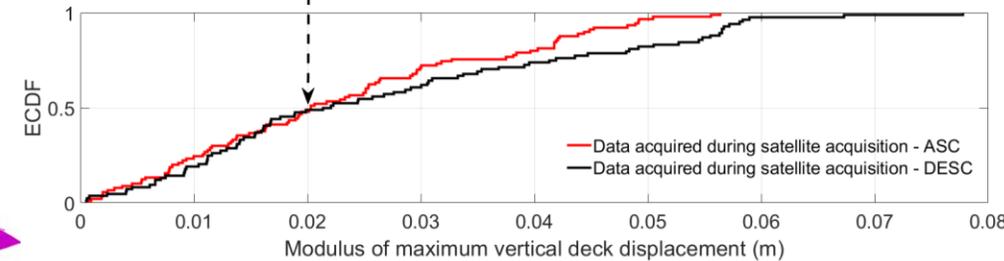
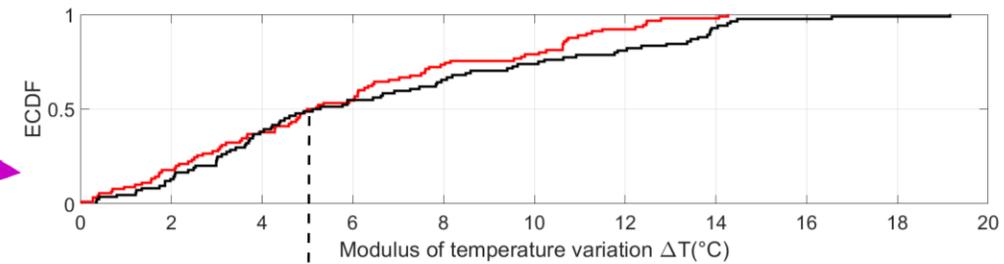


(b)



(c)

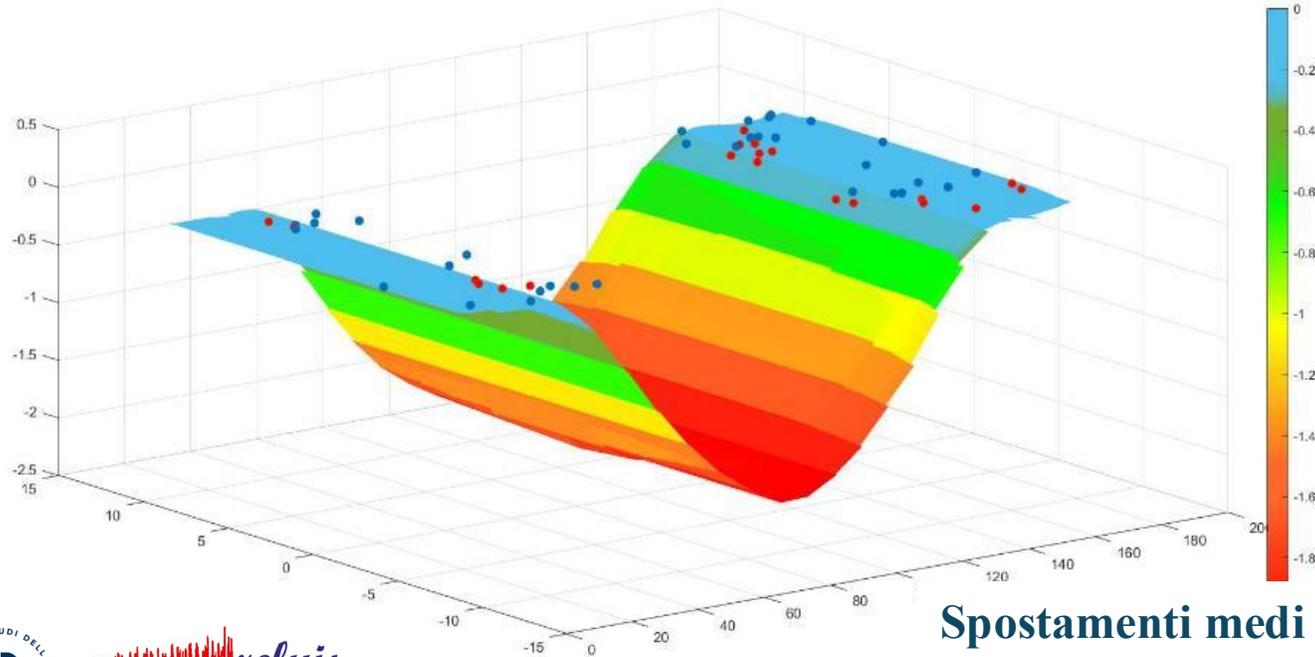
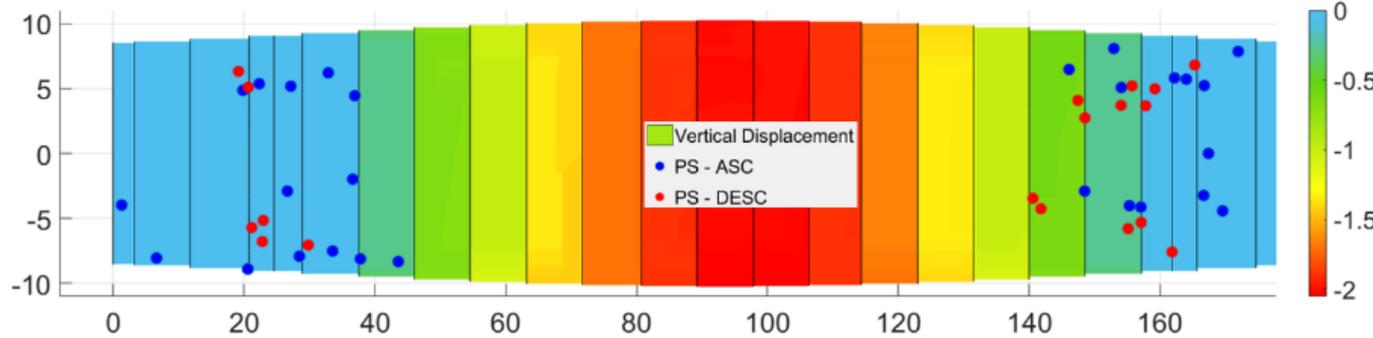
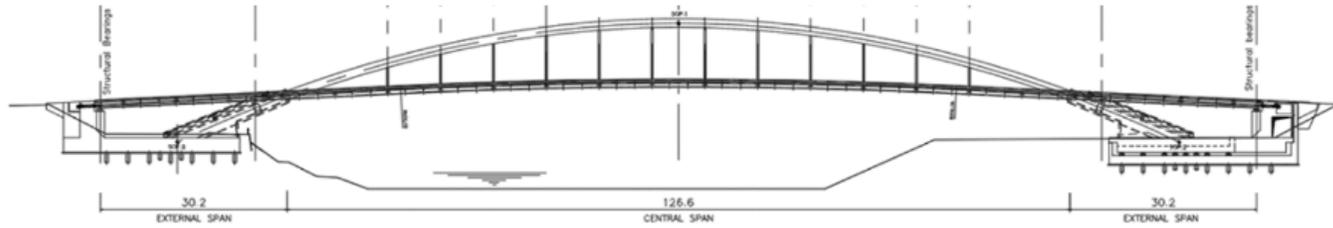
## Analisi Termo-Meccaniche e correlazione con le deformazioni dell'impalcato del ponte



$$f_{max} = 0.09 + 0.4 * \Delta T$$

Ponzo, F.C., Auletta, G., Ielpo, P., Ditommaso, R. (2024). DInSAR – SBAS satellite monitoring of infrastructures: how temperature affects the "Ponte della Musica" case study. Journal of Civil Structural Health Monitoring. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13349-023-00751-z>.

# RISULTATI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE



DESIGNATION	WAVELENGTH RANGE (cm)
Banda L	76.9-19.3
Banda C	7.69-5.20
<b>Banda X</b>	<b>5.20-2.75</b>

**Cosmo SkyMed  $\lambda=3.1$  cm  $\rightarrow \lambda / 4 = 0,775$  cm**

I risultati evidenziano le potenzialità dell'approccio metodologico e contestualmente mettono in luce i limiti dell'interferometria satellitare differenziale nella rilevazione di spostamenti che superano l'intervallo massimo misurabile, in funzione della lunghezza d'onda utilizzata.

L'analisi multispettrale potrebbe rappresentare la risposta a tale problematica, andrebbe testata su un congruo numero di diverse strutture e infrastrutture.

**Spostamenti medi giornalieri  
pari a circa  $\pm 2$  cm**

Ponzo, F.C., Auletta, G., Ielpo, P., Ditommaso, R. (2024). DInSAR – SBAS satellite monitoring of infrastructures: how temperature affects the "Ponte della Musica" case study. Journal of Civil Structural Health Monitoring. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13349-023-00751-z>.

Rocco Ditommaso, 27 maggio 2025

# RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Dipartimento della Protezione Civile Italiana per il supporto finanziario fornito nell'ambito del progetto DPC-ReLUIIS 2019-2021, 2022-2024 e 2024-2026 WP6-"Monitoraggio e dati satellitari" nel cui contesto sono state svolte le presenti attività di ricerca.



**PROTEZIONE CIVILE**  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



Rete dei Laboratori Universitari  
di Ingegneria Sismica e Strutturale

Si ringrazia, inoltre, l'Agenzia Spaziale Italiana per aver consentito l'utilizzo dei prodotti CSK® e il CNR-IREA per il processamento dei dati.



istituto per il rilevamento

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

I risultati presentato sono stati pubblicati in:

[Home](#) > [Journal of Civil Structural Health Monitoring](#) > [Article](#)

## DInSAR–SBAS satellite monitoring of infrastructures: how temperature affects the “Ponte della Musica” case study

Original Paper | [Open access](#) | Published: 10 January 2024

Volume 14, pages 745–761, (2024) [Cite this article](#)



**[Journal of Civil Structural Health Monitoring](#)**

Ponzo, F.C., Auletta, G., Ielpo, P., Ditommaso, R. (2024). DInSAR – SBAS satellite monitoring of infrastructures: how temperature affects the "Ponte della Musica" case study. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13349-023-00751-z>.