

# Spoke 4 – PP 4.7.1 LIVING LAB 2<sup>nd</sup> EVENT

24\_06\_25

ore 10:00

ore 15:30

Sperimentazioni in situ  
Seminario c/o Sala Consiliare  
Comune di Palizzi (RC)

| Ore 15:30 / 17:30

**SEMINARIO TEAM PROGETTO PILOTA 4.7.1**  
C/O SALA CONSILIARE, COMUNE DI PALIZZI (RC)

## SALUTI ISTITUZIONALI

Dott. UMBERTO FELICE **NOCERA**  
Sindaco di Palizzi

Dott. SANTO **CASILE**  
Sindaco di Bova

**GLI AVANZAMENTI DELLA SPERIMENTAZIONE E IL  
TRASFERIMENTO IN PIATTAFORMA DIGITALE  
"ECOPHYGITAL"**

A cura di tutto il **Team PP 4.7.1** con **Wewit S.r.l.**  
(consulente per la realizzazione della piattaforma)

| Ore 17:30 / 18:30

## INTERVENTI E DIBATTITO

Associazioni, Enti e cittadini del territorio



PROGETTO TECH4YOU/ SPOKE 4  
PROGETTO PILOTA: **CO-DESIGN PER LA SICUREZZA DEL PATRIMONIO CULTURALE E NATURALE**  
Tutela e valorizzazione dei beni culturali e naturali in **scenari multirischio di cambiamento climatico**

(strutturale e ambientale)

3 scenari\_ 2030\_2050\_2085



(1 PILOT/Phigital Platform)

RISULTATI ATTESI: **Processi innovative e Tecnologie Emergenti con approccio “phigital design”\_ la realizzazione di una piattaforma fisica (Living Lab) e digitale (ICTuser profiling)** per la tutela e la valorizzazione dei **beni culturali (centro storico e edificio tutelato) e naturali (litorale costiero)** in scenari multirischio di cambiamento climatico, nei territori interni delle comunità dell’Area Grecanica

(casi prototipi\_ Bova e Palizzi Marina)



## 1\_Ecophigital Actions Laboratories:

che esprime l'insieme delle attività relative alle azioni, organizzate e svolte da 2 Laboratori tematici/disciplinari - SSL Laboratorio Sicurezza Strutturale (per le azioni 1/7) e - CSL Laboratorio Scenari Climatici (per le azioni 8/9). Le attività svolte dai laboratori con i responsabili delle azioni e del gruppo di lavoro, sono realizzate attraverso la messa a disposizione di risorse strumentali (soft e attrezzature) che sono già in possesso dei gruppi di ricerca e che si prevede di potenziare con il piano di spesa del progetto T4Y.

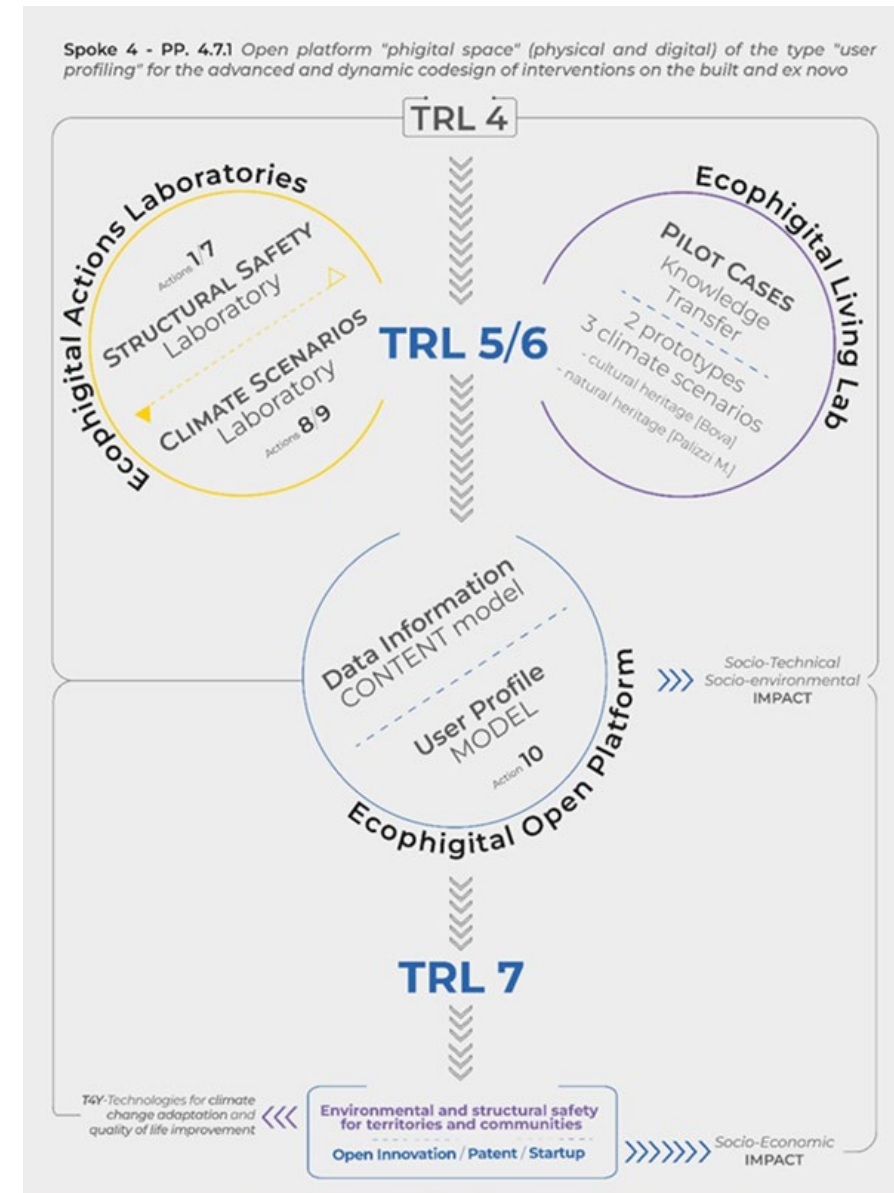
## 2\_Ecophigital Living lab:

si riferisce al trasferimento delle azioni e delle attività di ricerca ai livelli di conoscenza per la sperimentazione applicata sui 2 casi studio selezionati (Comune di Bova e Comune di Palizzi Marina - Comuni delle aree interne dell'Area Greca della Città Metropolitana di Reggio Calabria, studiati sui 3 scenari climatici (2030, 2050, 2085), come «prototipi» da utilizzare per l'acquisizione dei dati e delle informazioni che popoleranno i dati-informazioni della piattaforma digitale di profilazione degli utenti.

I casi prototipi sono stati scelti con riferimento al profilo espresso dallo Spoke 4 e per quanto utile al PP.

## 3\_Ecophigital Open Platform:

si realizza organizzando lo spazio dei dati-informazioni, trasferiti dai risultati delle attività dei EAL (1) e dei ELL (2), con cui si costruisce l'archiviazione dei contenuti della Piattaforma Digitale; quindi la struttura dell'interfaccia per le operazioni di profilazione degli utenti





## How to read the map

### PROTOTYPES

Cultural Heritage (Boval)  
Natural Heritage (Palizzi)

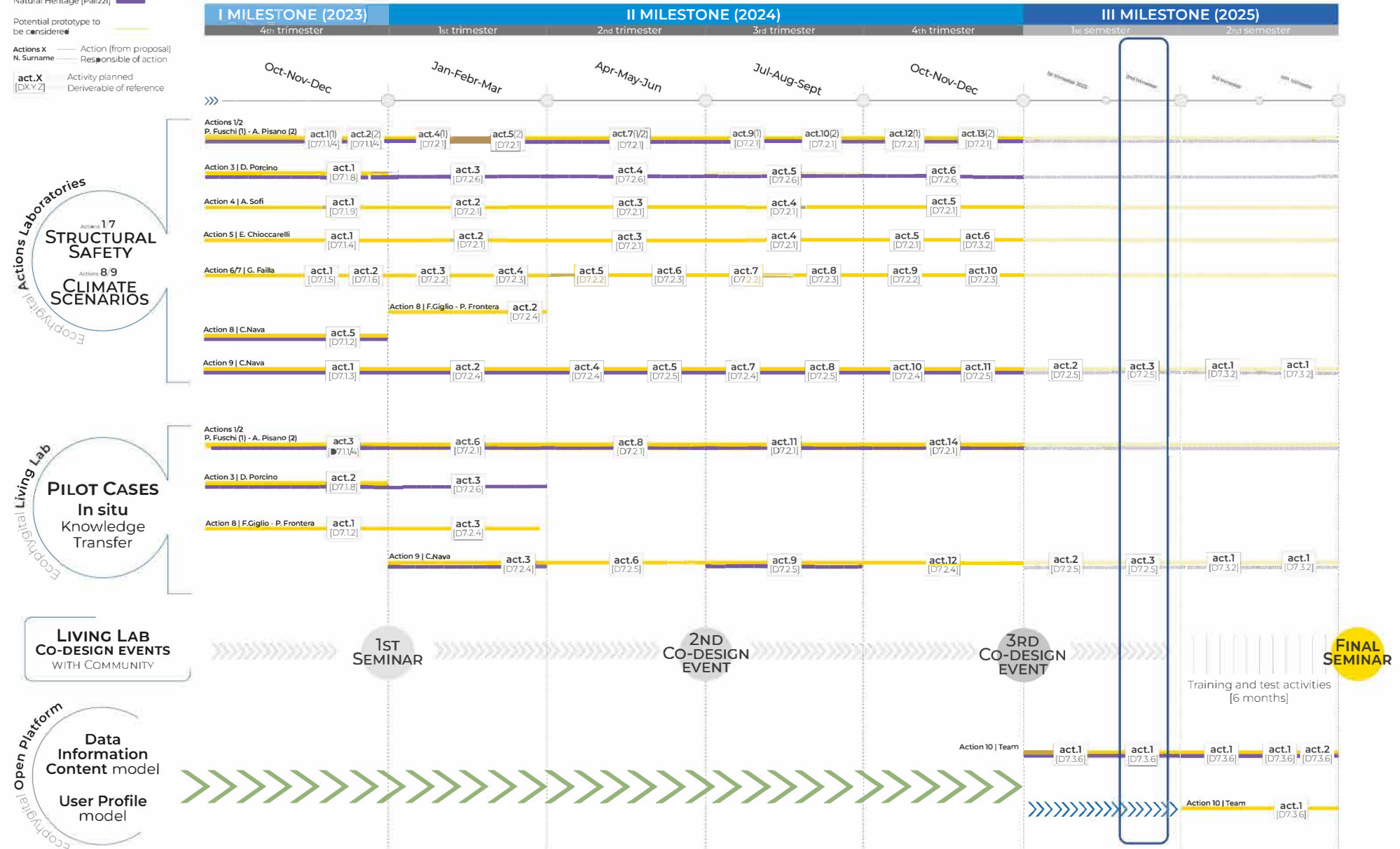
Potential prototype to be considered

Actions X  
N. Surname

act.X  
[DX.Y.Z]

Activity planned  
Derivable of reference

## LIVING LAB ACTIVITIES PROGRAM MAP

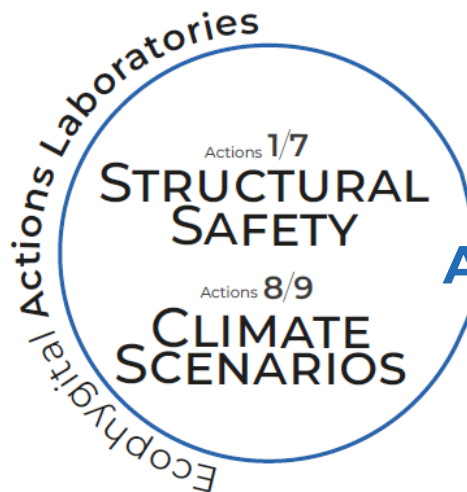




## Action 1

*A database of structural typologies for the historical buildings in the inland settlement of Calabria selected as case studies; (nr.1 database with n. 2 modules for 3 scenarios)*

Responsible: Prof. P.Fuschi



## Action 2

*Direct methods numerical analysis for the prediction of mechanisms and collapse load of historical buildings falling in fragile territories*

Responsible: Prof. A.Pisano

● **ACTION #1:** *A database of structural typologies for the historical buildings in the inland settlement of Calabria selected as case studies*. Scientific referent: **Prof. Paolo Fuschi**

● *ACTION # 2: Direct methods numerical analysis for the prediction of mechanisms and collapse load of historical buildings falling in fragile territories*. Scientific referent: Prof. Aurora Angela Pisano

**Research Team:** *prof. Paolo Fuschi; prof. Aurora Angela Pisano;  
PhD student Giulia Percolla; Research fellow (AR) Mariaceleste Lasorella*

➡ *Mettere a punto una **metodologia di analisi e classificazione delle caratteristiche tipologico-strutturali di manufatti edilizi** presenti in un determinato territorio, **avvalendosi di tecniche di rilievo basate sul rilievo con drone**.*

➡ *Effettuare una **predizione del meccanismo di collasso** e calcolare il **carico di collasso** suggerendo, eventualmente, la più **opportuna tecnica di intervento**.*



## ● *Classificazione speditiva della vulnerabilità strutturale*



## *Selezione dei parametri e quantificazione della loro importanza nella valutazione*

### **1. CARATTERISTICHE GENERALI**

1. Posizione Tipologica; 2. Morfologia del sito; 3. Numero di Piani Totali; 4. Altezza Media Edificio; 5. Regolarità in pianta; 6. Regolarità in elevazione; 7. Tipologia di Aggregato; 8. Tipologia di copertura

### **2. CARATTERISTICHE STRUTTURALI**

1. Tipologia di Muratura; 2. Presenza di Catene Strutturali; 3. Presenza di Bow Windows Strutturali; 4. Tamponature perimetrali forate in maniera dissimmetrica

### **3. CARATTERISTICHE INVOLUCRO ESTERNO**

1. Danno Superficiale; 2. Sopraelevazioni non regolari; 3. Presenza di elementi sporgenti pericolosi; 4. Materiali differenti ai vari livelli dell'edificio; 5. Presenza di interventi di consolidamento

### **4. CRITICITÀ STRUTTURALI**

1. Presenza di lesioni visibili sulle facciate; 2. Tipologia di lesioni; 3. Estensione delle lesioni; 4. Deformazioni delle pareti (fuori piombo); 5. Dissesti nelle connessioni tra edifici aggregati; 6. Copertura visibilmente danneggiata o mancante

## AHP (Analytic Hierarchy Process)–matrice di confronto a coppie dei criteri principali

Criteri principali	Caratteristiche Generali	Caratteristiche Strutturali	Caratteristiche involucro esterno	Criticità strutturali	Pesi
Caratteristiche Generali	1	1/3	1/2	1/4	10%
Caratteristiche Strutturali	3	1	2	1/2	28%
Caratteristiche involucro esterno	2	1/2	1	1/3	16%
Criticità strutturali	4	2	3	1	46%

Valore						
1	3	5	7	9	2;4;6;8	1/n
Significato						
Uguale Importanza	Moderata Importanza	Forte Importanza	Molto forte Importanza	Estrema Importanza	Valori intermedi	Importanza inversa



## ● AHP (Analytic Hierarchy Process)–matrice di confronto a coppie dei sub-criteri

Caratteristiche strutturali	Tipologia di muratura	Catene strutturali	Bow windows strutturali	Forature dissimetriche	Pesi
Tipologia di muratura	1	2	4	5	49%
Catene strutturali	1/2	1	3	4	30%
Bow windows strutturali	1/4	1/3	1	2	13%
Forature dissimetriche	1/5	1/4	1/2	1	8%
<b>Pesi finali</b>	14%	8%	4%	2%	

Pesi finali = Peso criterio principale x Peso sub-criterio

## Selezione dei parametri e quantificazione della loro importanza nella valutazione

### Esempio di assegnazione peso e punteggio

I pesi sono stati assegnati tramite il metodo **AHP**, che confronta ogni criterio con gli altri in base alla loro importanza nella valutazione della vulnerabilità.

Il risultato è una percentuale che indica quanto ogni criterio indice sul voto finale

Criterio	Peso singolo criterio	Risposta	Punteggio risposta	Voto singolo criterio
Tipologia di lesione	7,103%	Non presente	1	0,25
		Verticale	2,5	
		Orizzontale	3,5	
		Diagonale	5	
Estensioni delle lesioni	4,907%	Non presente	1	0,15
		Diffusa	3	
		Localizzata	5	
Deformazione della parete	16,764%	No	1	0,17
		Si	5	

Voto singolo criterio = peso singolo criterio x punteggio risposta

Somma totale =

Voto finale edificio =  $\sum$  (peso singolo criterio x punteggio risposta)

0,57

## ● Interfaccia di compilazione dei parametri

	Click per spiegazione	Click per spiegazione	Click per spiegazione	Click per spiegazione
ID	Posizione Tipologica	Tipologia di Aggregato	Morfologia del sito	Numero di piani totali
0001	In Adiacenza	Edificio d'angolo	Pendio	≥3
0002	Isolato In Adiacenza In connessione	Edificio d'angolo	Pianeggiante	≥3
0003	In Adiacenza	Edificio d'angolo	Pendio	1
0004	In Adiacenza	Edificio d'angolo	Pendio	≥3
0005	In Adiacenza	Edificio d'estremità	Pendio	2
0006	In Adiacenza	Edificio d'estremità	Pianeggiante	≥3
0007	Isolato	Isolato	Pendio	2
0008	In Adiacenza	Edificio d'estremità	Pendio	2
0009	In connessione	Edificio interno	Pendio	≥3

Caratteristiche Generali



## Primo test di prova su alcuni edifici del Comune di Bova



Esperto 1	2,30
Esperto 2	2,83
Esperto 3	3,17



Esperto 1	1,99
Esperto 2	2,15
Esperto 3	2,04

Classe di  
vulnerabilità

■ Bassa  
1.00 – 2.33

■ Media  
2.34 – 3.66

■ Alta  
3.67 – 5.00



Esperto 1	2,24
Esperto 2	0,00
Esperto 3	3,23



Esperto 1	2,68
Esperto 2	2,47
Esperto 3	2,78



Esperto 1	2,50
Esperto 2	3,20
Esperto 3	2,97

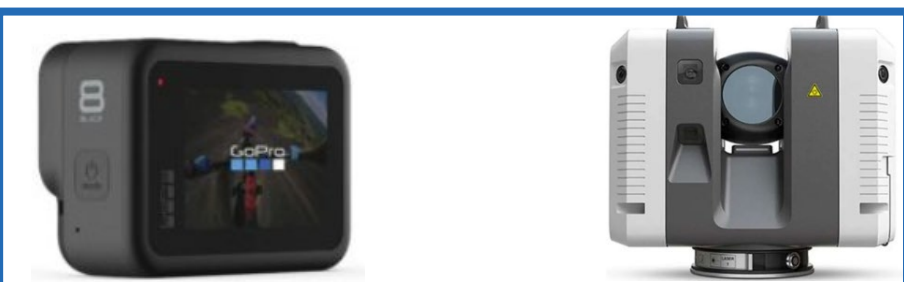




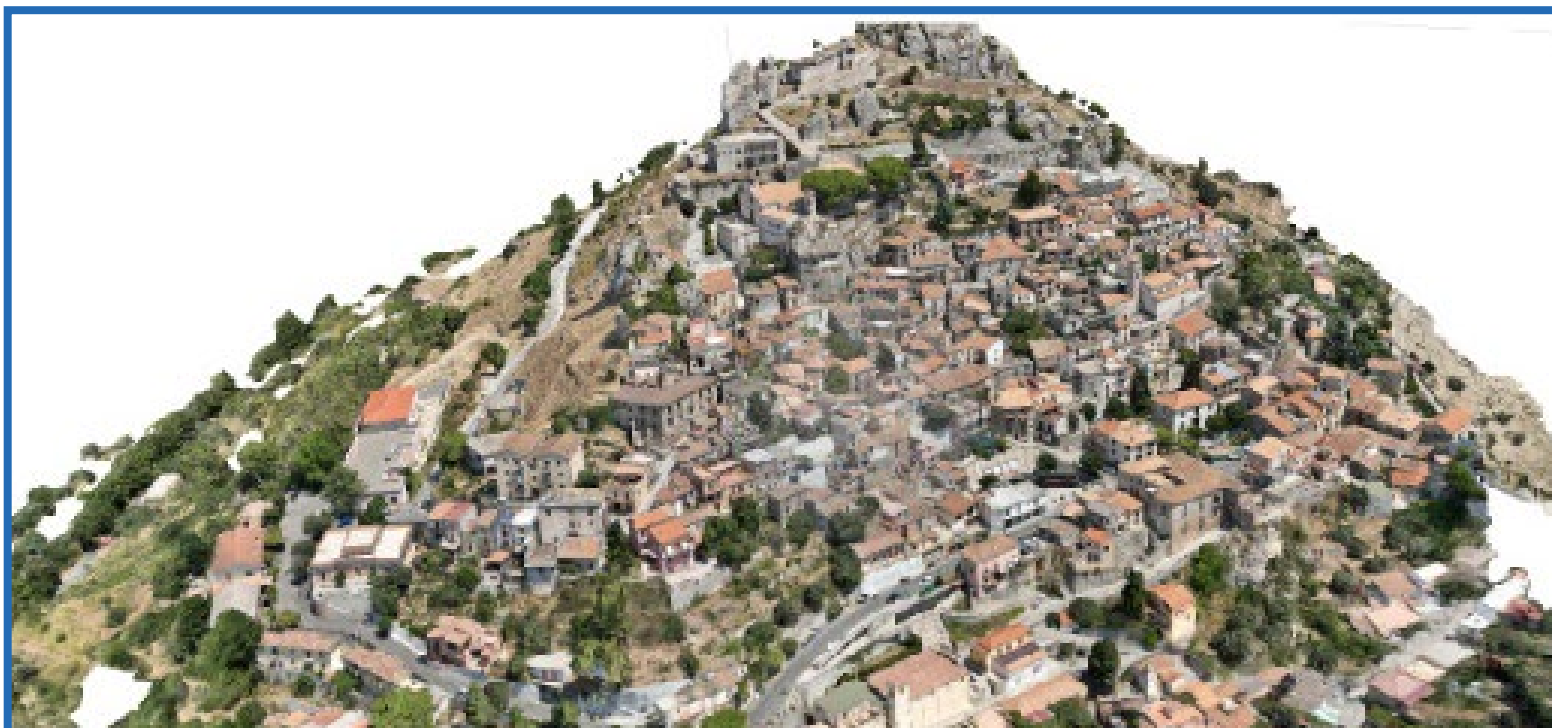
## Attività – Strumentazioni – studi sul territorio



Acquisizione fotogrammetrica zenitale e obliqua tramite Drone



Rilievi terrestri tramite  
GoPro e laser scanner



Modello 3D dell'intero comune di Bova

*Tecnologie leggere e replicabili per  
rilievi rapidi e non invasivi*

*utilizzato come base per l'estrazione  
dei parametri strutturali visibili dall'esterno*

● ACTION #1: A database of structural typologies for the historical buildings in the inland settlement of Calabria selected as case studies. Scientific referent: Prof. Paolo Fuschi

● ACTION # 2: Direct methods numerical analysis for the prediction of mechanisms and collapse load of historical buildings falling in fragile territories. Scientific referent: Prof. Aurora Angela Pisano

**Research Team:** prof. Paolo Fuschi; prof. Aurora Angela Pisano;  
PhD student Giulia Percolla; Research fellow (AR) Mariaceleste Lasorella



Mettere a punto una *metodologia di analisi e classificazione delle caratteristiche tipologico-strutturali di manufatti edilizi presenti in un determinato territorio, avvalendosi di tecniche di rilievo basate sul rilievo con drone.*

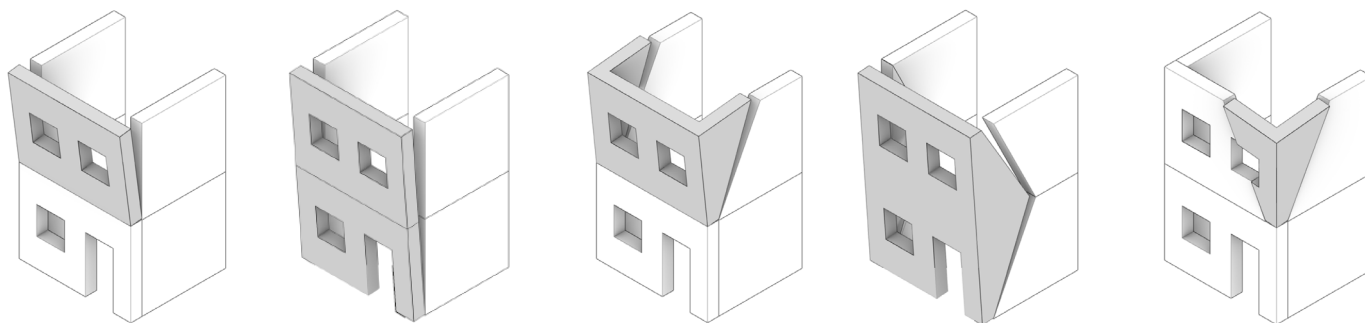


Effettuare una **predizione del meccanismo di collasso** e calcolare il **carico di collasso** suggerendo, eventualmente, la più **opportuna tecnica di intervento**.

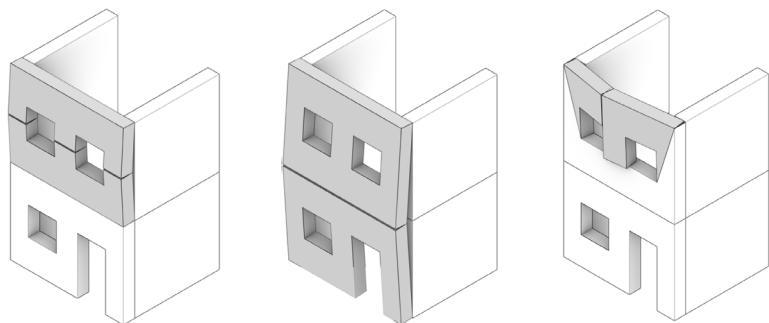


## ● *Classificazione dei meccanismi di collasso ricorrenti negli edifici storici in muratura*

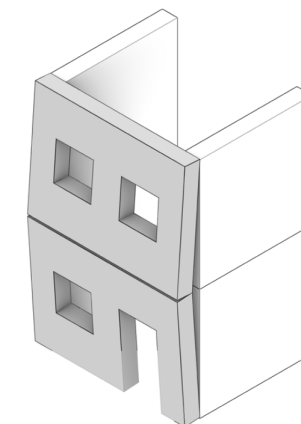
- ***Meccanismi di ribaltamento** (semplice o composto, uno o più piani, cantonale)*



- ***Meccanismi di flessione** (verticale o orizzontale, uno o più piani )*

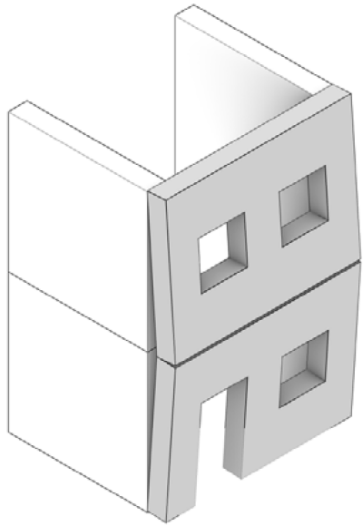


Struttura reale

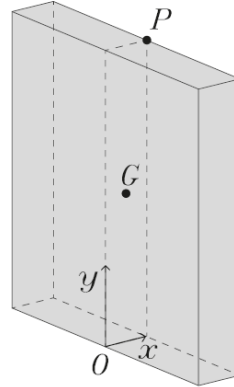


Schema del meccanismo

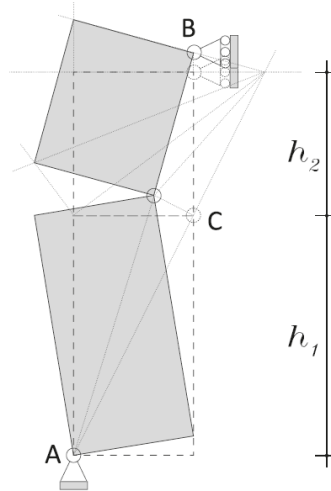
## Formulazione del problema di ottimizzazione per l'analisi limite del meccanismo di collasso



Identificazione del  
meccanismo



Schema del meccanismo del  
macroelemento



Equazione di equilibrio

$$\mathbf{U}_d^T \mathbf{P}_d = \alpha \mathbf{U}_l^T \mathbf{P}_l$$

$$\min_{\mu} \alpha = \min_{\mu} \left[ \frac{\mathbf{U}_d^T \mathbf{P}_d}{\mathbf{U}_l^T \mathbf{P}_l} \right]$$

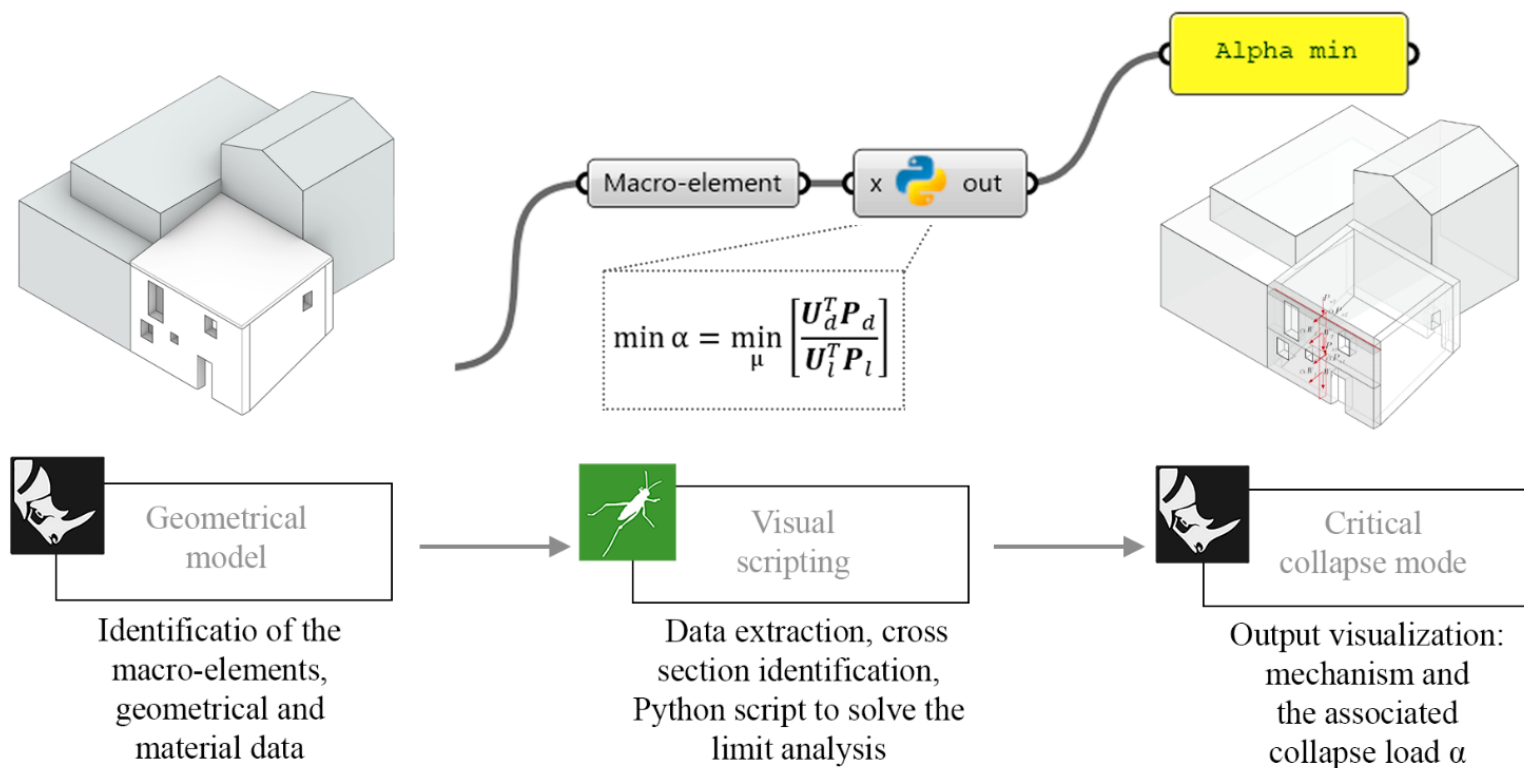
Equazione di vincolo

s.t.  $\mu > 1$

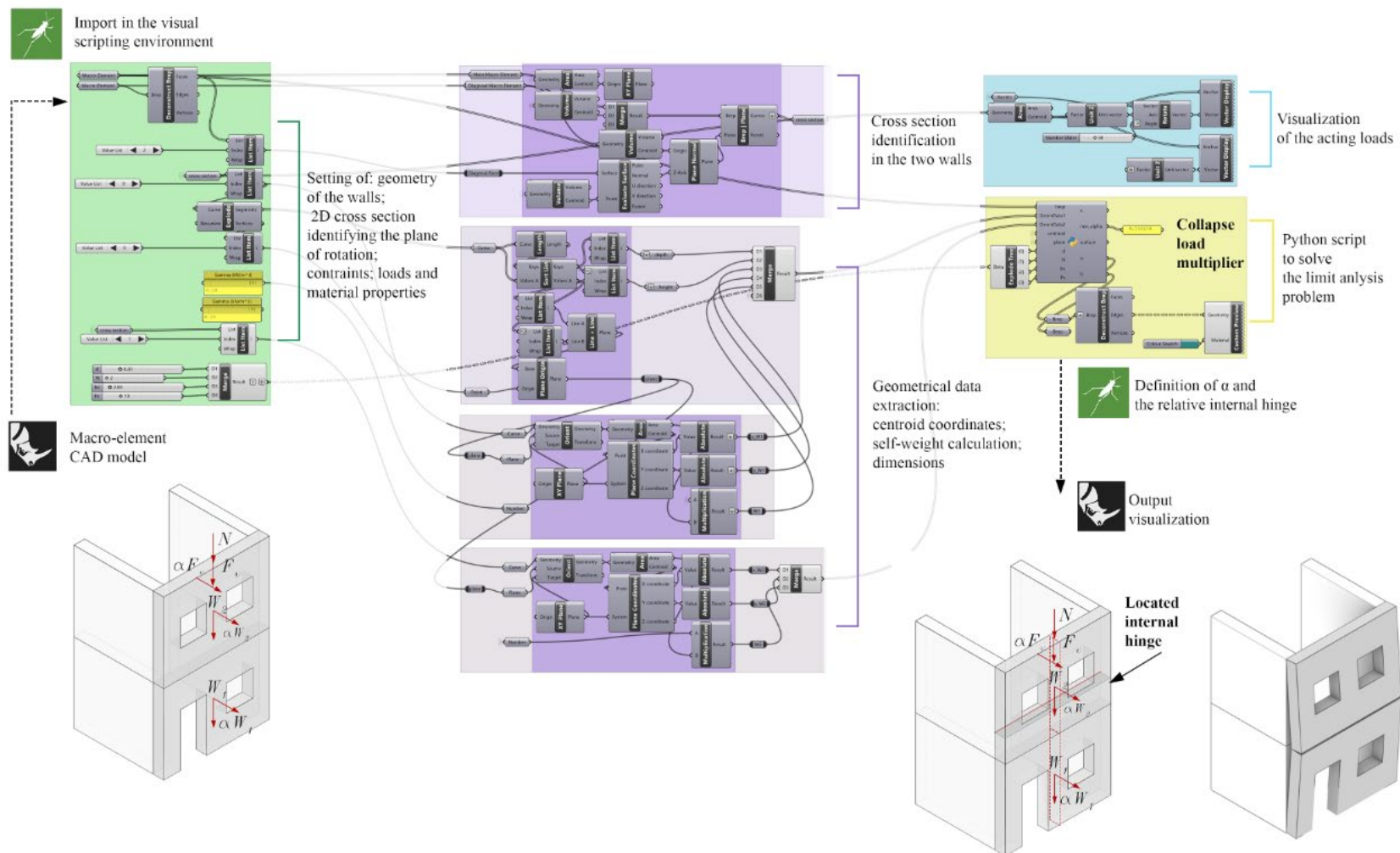
$$h_2 = \frac{h}{\mu}; \quad h_1 = \frac{\mu - 1}{\mu}$$

Problema di ottimizzazione

## Workflow interattivo in ambiente CAD

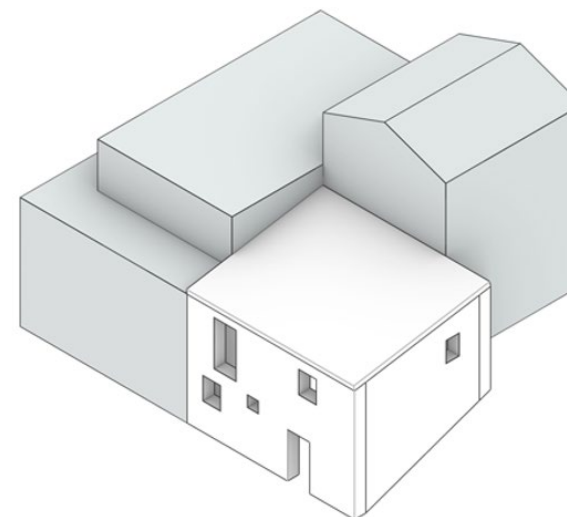


## Workflow interattivo in ambiente CAD





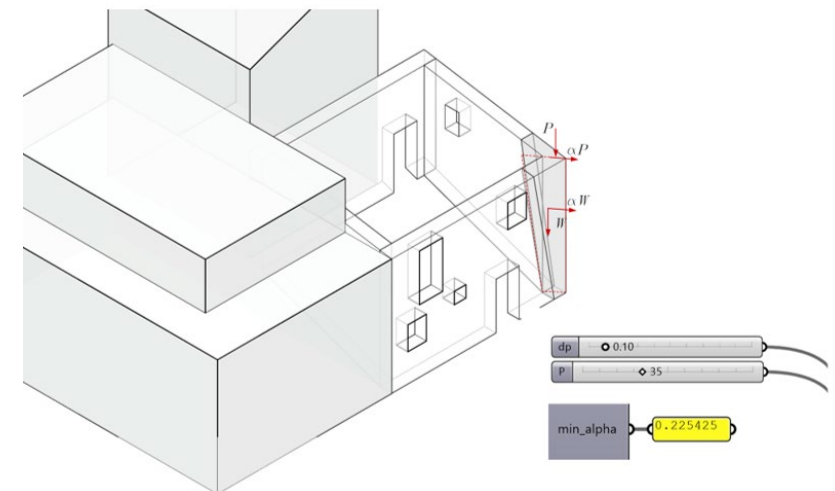
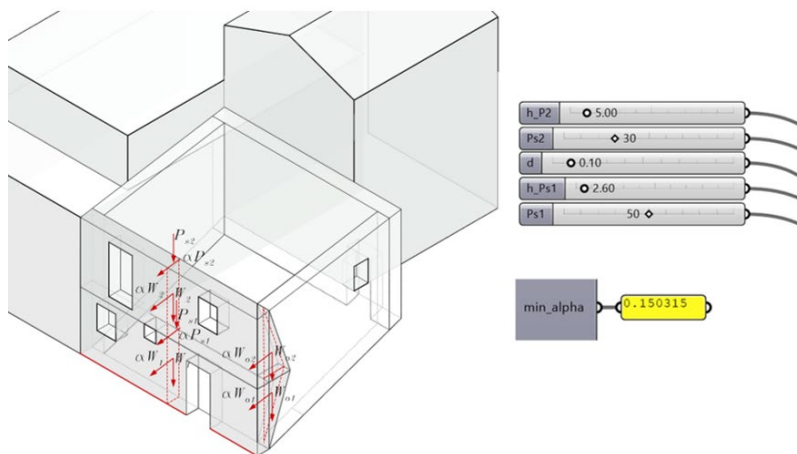
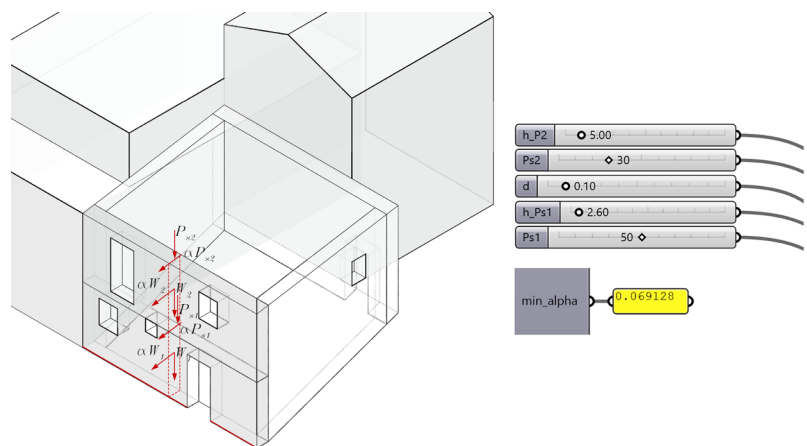
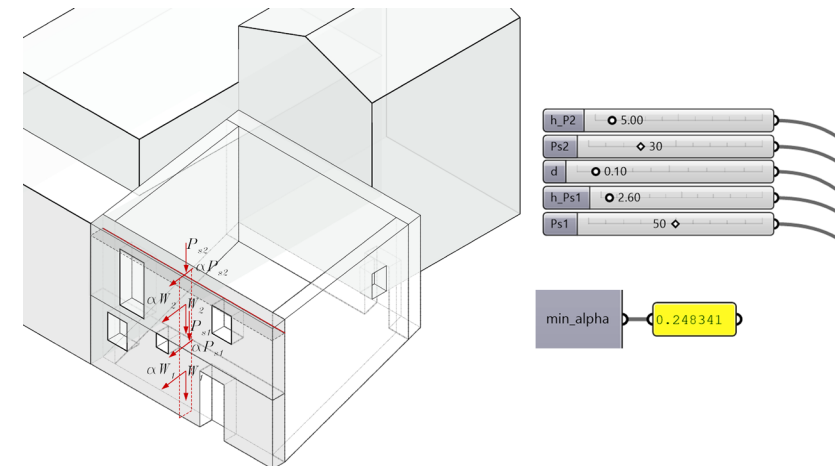
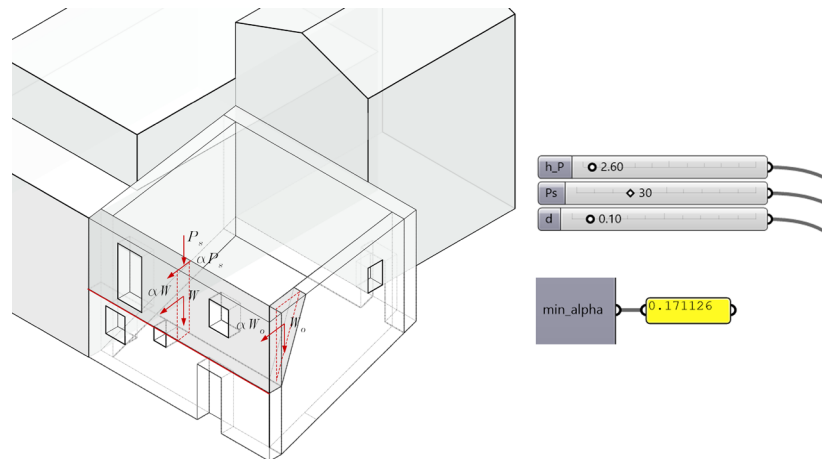
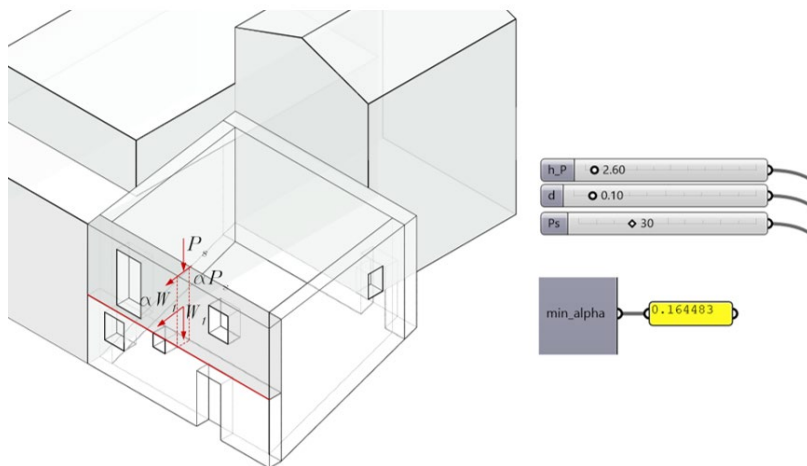
## Caso di studio reale a Bova



Inquadramento caso di studio

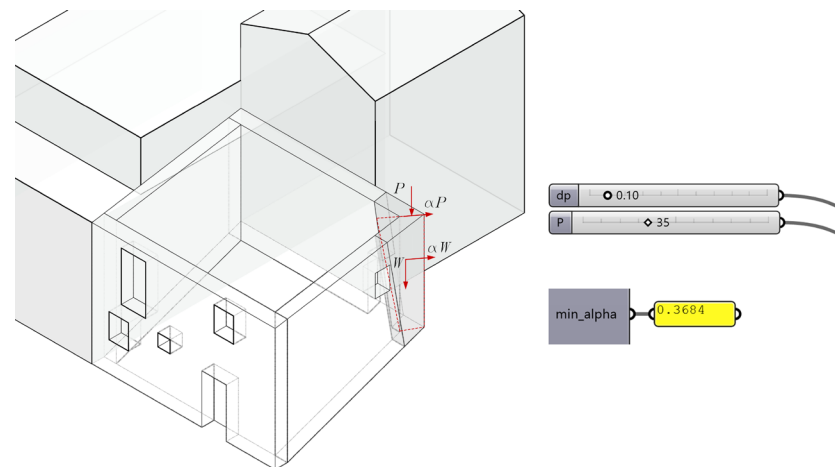
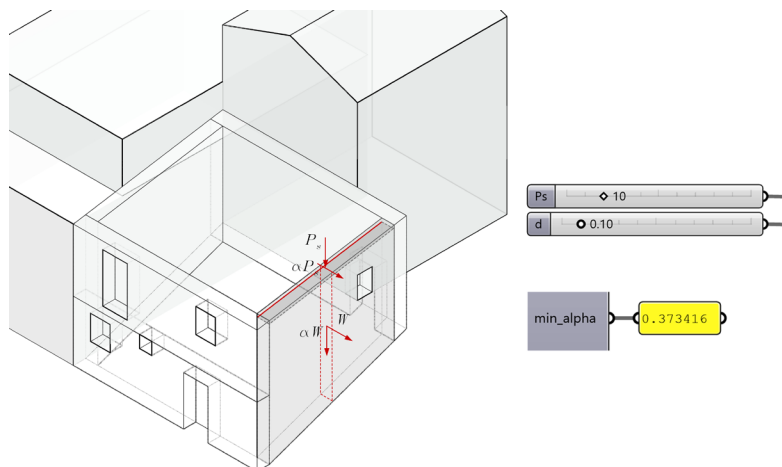
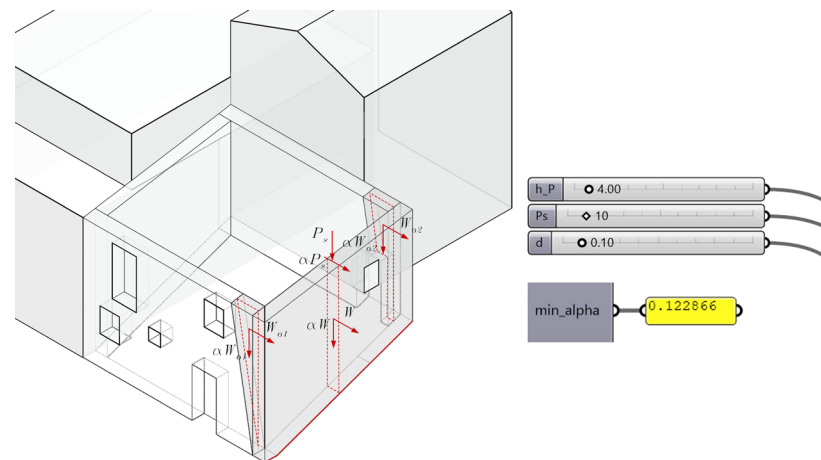
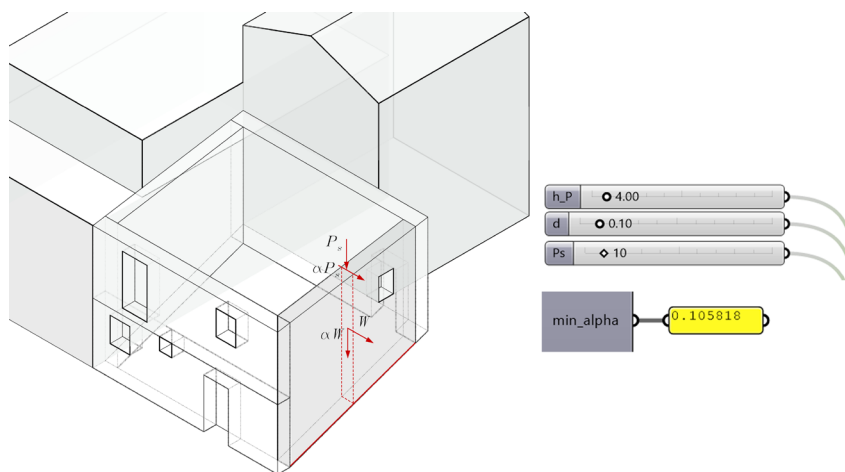
Modello CAD

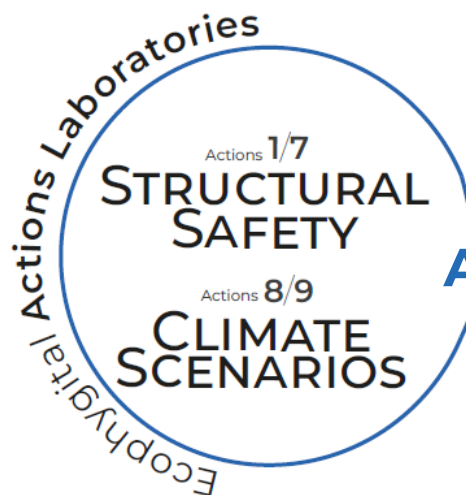
## Risultati numerici





## Risultati numerici





### Action 3

*Advanced solutions in the design and implementation of ground improvements in fragile areas of settlement of historic heritage buildings (n.2 series for 3 scenarios)*

Responsible: Prof. D.Porcino

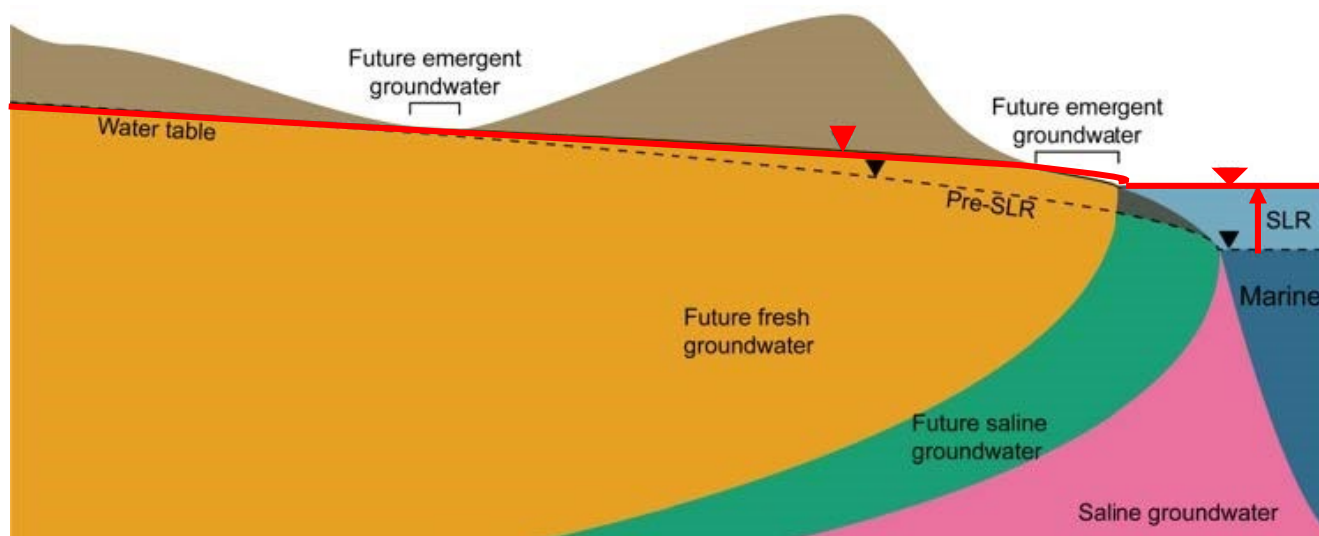
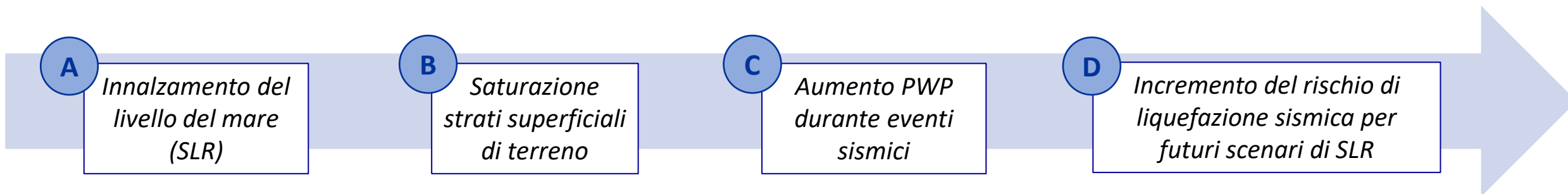
# **Oggetto dello studio:** Impiego di tecniche avanzate di miglioramento dei terreni per la mitigazione dei rischi associati agli effetti dei cambiamenti climatici

Resp. Scient. *Prof. ssa Daniela D. Porcino*

Assegnista di Ricerca: *Ing. Giuseppe Tomasello*



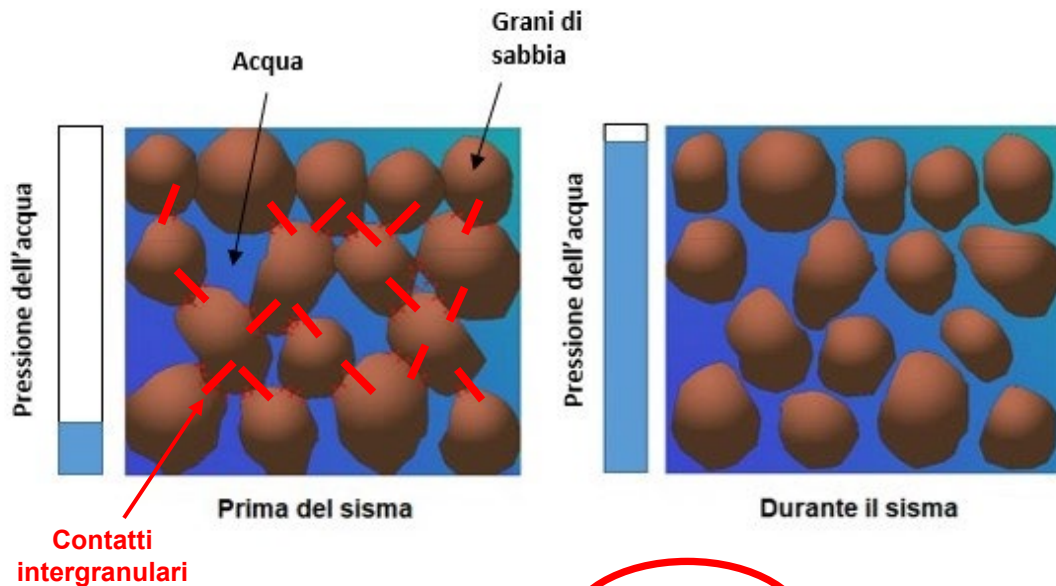
## INNALZAMENTO DEL LIVELLO DEL MARE → RISCHIO DI LIQUEFAZIONE SISMICA



**Rilevanza per le aree costiere**

## LIQUEFAZIONE SISMICA DEI TERRENI

Durante un evento sismico, l'aumento eccessivo delle **pressioni** ( $u$ ) dell'acqua in terreni granulari saturi (ad es. sabbie, sabbie limose) produce una riduzione, parziale o totale, della resistenza al taglio dei terreni e conseguenti elevati cedimenti e/o perdita di stabilità → **DANNI A STRUTTURE ED INFRASTRUTTURE**



$$u = u_0 + \Delta u_{sisma}$$

$u_0$  = pressione interstiziale prima del sisma

$\Delta u_{sisma}$  = sovrappressione interstiziale indotta dal sisma

### Effetti della liquefazione in aree costiere



*Vulcanelli di sabbia*



*Ribaltamento di edifici*



*Cedimenti verticali*



*Spostamenti laterali*

## PRINCIPALI ATTIVITA' SVOLTE ED IN CORSO

- ❖ **Valutazione del rischio geotecnico di liquefazione sismica** nel sito pilota di Palizzi Marina e **proposta di un intervento di mitigazione** basato su colonne granulari compattate → *sviluppo del software 'GranularColumns'*
- ❖ **Attività sperimentale** in laboratorio → studio del comportamento sismico di terreni migliorati e non, individuati nelle aree oggetto di interesse, attraverso l'esecuzione di prove alla scala del modello (*centrifuga geotecnica*) e dell'elemento di volume (*apparecchiatura di taglio semplice ciclico*)
- ❖ **Attività di modellazione numerica** → approcci avanzati (*FEM, analisi non lineari di risposta sismica*) per l'analisi del comportamento di terreni non migliorati e migliorati con la tecnica delle colonne granulari compattate, in condizioni di sollecitazione statica e sismica



## ATTIVITA' SVOLTE E PRINCIPALI RISULTATI NEL SITO PILOTA DI PALIZZI

1. Dati geotecnici/geologici preliminari ricavati da relazioni/rapporti forniti dal Comune → presenza di **terreni di fondazione** nell'area di **Palizzi Marina** che potrebbero essere di interesse ("problematici") in relazione agli effetti dei cambiamenti climatici (argille varicolori, **strati sabbioso-limosi**, etc) – **Ottobre-Dicembre 2023**
2. Caratterizzazione **geotecnica** dei terreni nel sito "Mattatoio" nell'area costiera di Palizzi (prove MASW) – **Gennaio-Febbraio 2024**



Formazioni geologiche presenti nell'area di Palizzi Marina



Esecuzione di prove MASW nel sito di Palizzi Marina – UniRC lab. Geotecnica

## ATTIVITA' SVOLTE E PRINCIPALI RISULTATI NEL SITO PILOTA DI PALIZZI

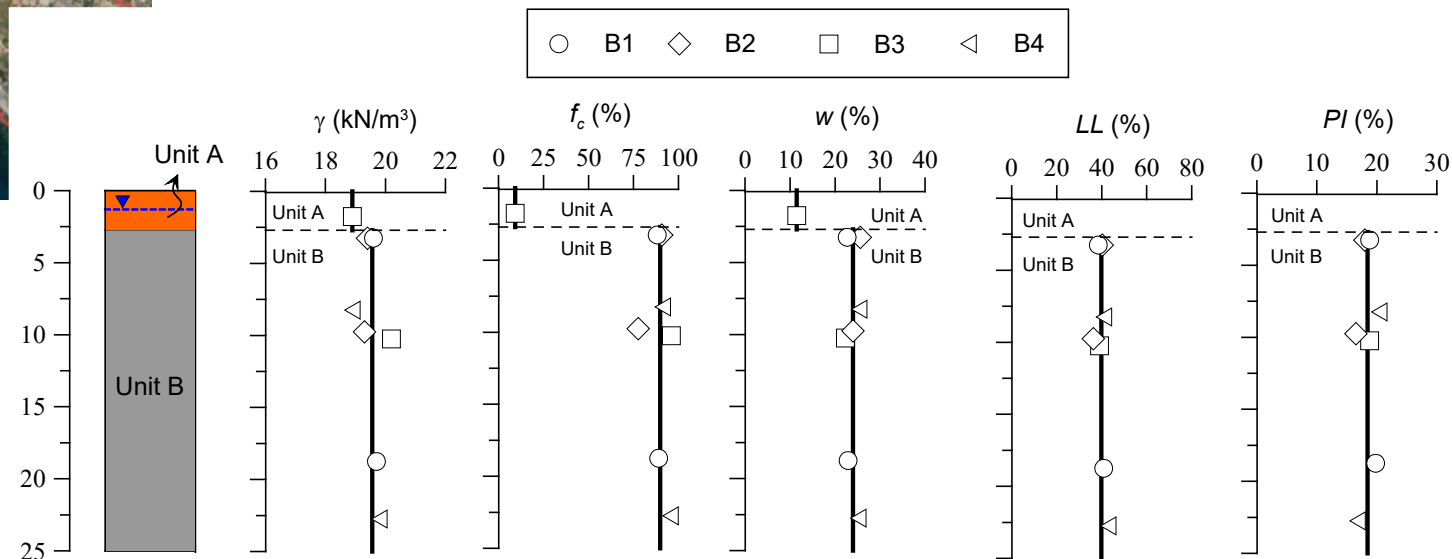


Area di maggiore interesse:

- N-SPT tra 5 e 11
- Livello di falda: 1.30 m - 1.95 m dal p.c.

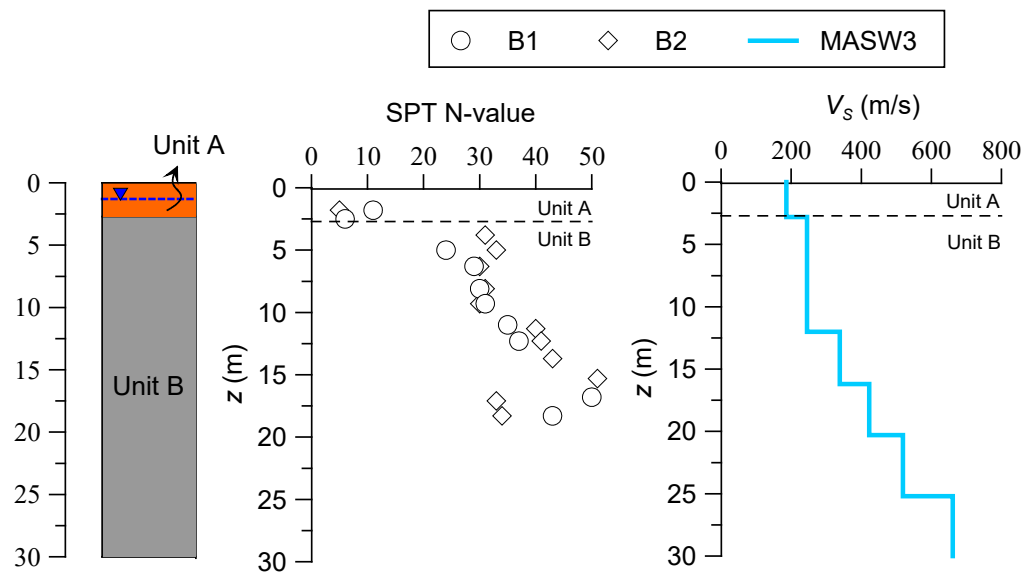
3. Analisi di recenti indagini fornite dal Comune di Palizzi (**Aprile-Maggio 2025**) ha evidenziato la presenza di due unità principali caratterizzanti l'area costiera:

- **Unità A: sabbie limose ( $f_c \approx 10\%$ ) potenzialmente liquefacibili**
- **Unità B: terreni a grana fine ( $PI=18\%$ ,  $LL=40\%$ ) non liquefacibili**





## ATTIVITA' SVOLTE E PRINCIPALI RISULTATI NEL SITO PILOTA DI PALIZZI



Profilo stratigrafico e caratteristiche geotecniche del terreno nell'area di interesse

Anno	Innalzamento del livello medio del mare
2050	0.80 m
2050	1.00 m
2100	1.50 m

Scenari climatici  
(Azione 9)

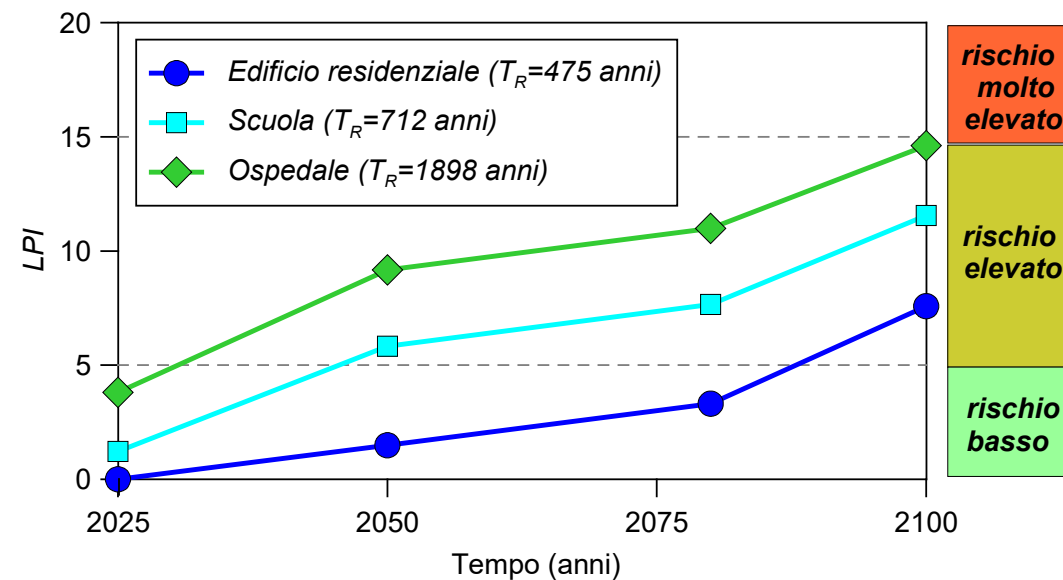
Opera	M	$a_{max}$
Edificio residenziale	6.00	0.248
Scuola	6.50	0.284
Ospedale	6.50	0.373

Scenari sismici

Valutazione impatto globale della liquefazione e delle conseguenze

Indice del potenziale di liquefazione  
 $LPI = f(\text{prof, spessore e } FS_{liq} \text{ dello strato liquefacibile})$

Iwasaki et al. (1978)

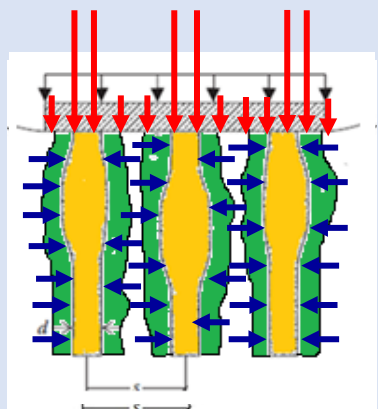


**RISULTATI** - Sebbene allo stato attuale il rischio di liquefazione nel sito pilota di Palizzi risulti limitato, l'innalzamento del livello del mare nei futuri scenari potrebbe rappresentare un reale rischio geotecnico nei confronti della liquefazione in alcune aree

## MIGLIORAMENTO DEI TERRENI BASATO SU COLONNE GRANULARI COMPATTATE



La tecnica basata sui Rammed Aggregate Piers (RAPs) migliora il terreno in campo statico e sismico:



1. Drenaggio
2. Irrigidimento
3. Addensamento del terreno circostante
4. Incremento tensioni orizzontali

### Tecnica ecosostenibile:

- basse emissioni di CO<sub>2</sub>
- possibilità di utilizzare come aggregati anche materiali recupero.

E' stato sviluppato un **software "GranularColumns\_v.1.2"** per il progetto dei RAPs e delle colonne di ghiaia in campo statico e sismico basato sui metodi teorici più accreditati proposti in letteratura:

- calcolo dei cedimenti del terreno migliorato e non e loro decorso nel tempo
- calcolo della capacità portante di colonne granulari compattate
- valutazione del potenziale di liquefazione sismica su terreni migliorati e non

### LIQUEFACTION POTENTIAL

*Earthquake input data*

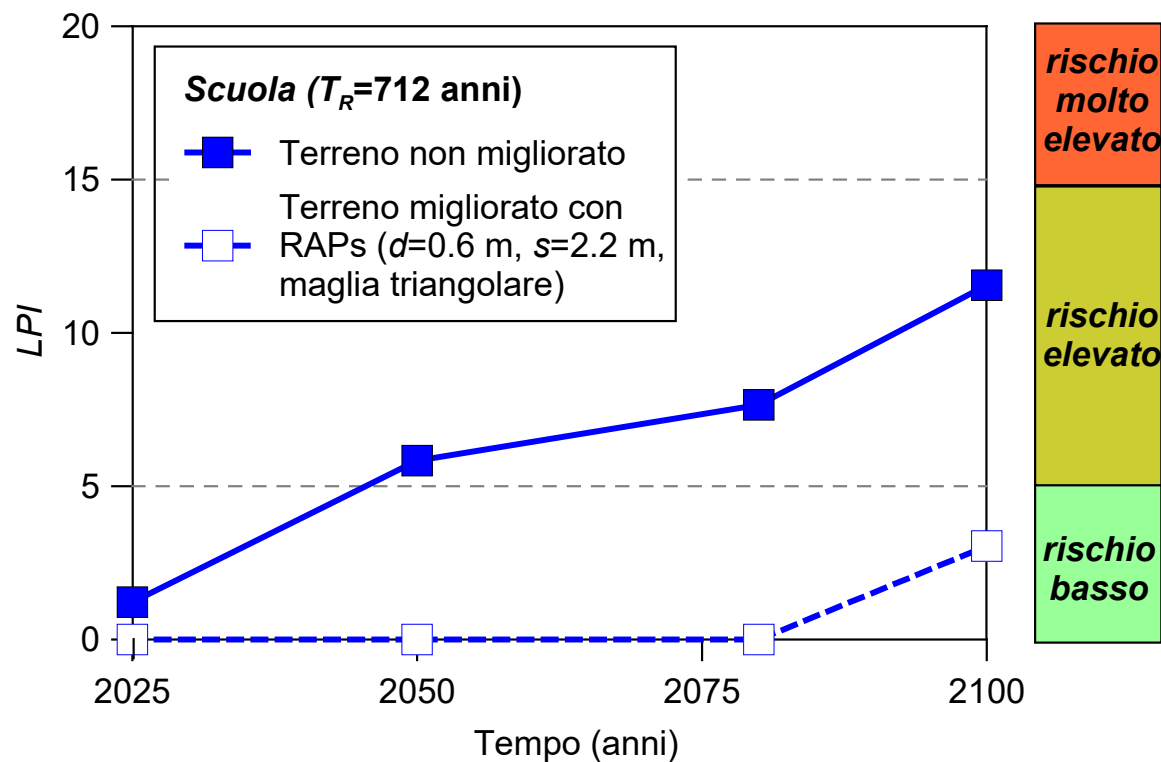
<b><math>N_{eq}</math> correlation</b>		-	correlations to calculate $N_{eq}$
<b>M</b>		-	earthquake magnitude
<b>R</b>		km	epicentral distance
<b><math>t_d</math></b>		s	duration time of earthquake
<b><math>a_{hmax}</math></b>		g	peak horizontal acceleration
<b><math>K_G</math> correlation</b>		-	correlations to calculate cyclic shear stress reduction factor $K_G$

**START**

Excess pore water pressures induced by earthquake	
Improved $r_{g,max} = \Delta u_{max}/\sigma'_{v0}$	Unimproved $r_g = \Delta u/\sigma'_{v0}$
↓	↓
Factor of safety of the soil against liquefaction	
Improved $FS_{min}$	Unimproved $FS_{min}$
↓	↓
Liquefaction potential index	
Improved $LPI_{treated}$	Unimproved $LPI_{untreated}$
↓	↓

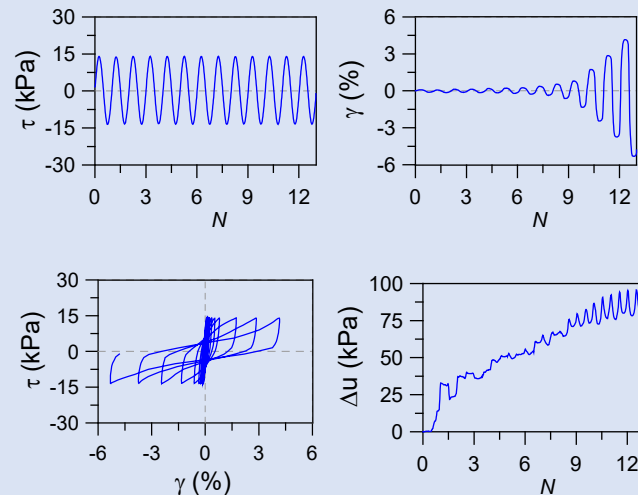
**Schermata software per eseguire analisi di liquefazione**

## MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE SISMICA



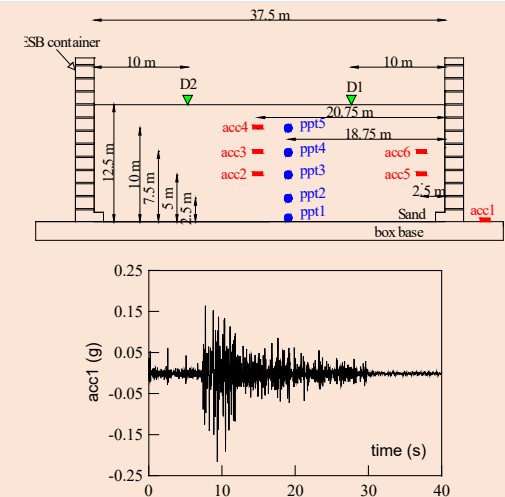
- ❖ Tecnica di miglioramento del terreno con RAPs → **riduzione del rischio di liquefazione che passa da elevato a basso**

## ATTIVITA' DI LABORATORIO: DALL'ELEMENTO DI VOLUME ALLA Scala DEL PROTOTIPO



*Prove di taglio semplice non drenate cicliche – UniRC lab. Geotecnica → terreni sabbiosi-limosi di interesse per il sito pilota*

- Sviluppo e calibrazione di modelli per la **previsione delle sovrappressioni interstiziali sismiche**



*Centrifuga geotecnica italiana – ISMGEO → risposta alla scala del **prototipo** mediante l'applicazione di un campo di accelerazioni centrifughe (ad es. 50g)*

*Terreni → sabbie-limose ( $f_c = 10\%$ )*

*Prove programmate no. 2 → una su terreno non migliorato e l'altra su terreno migliorato con RAPs*

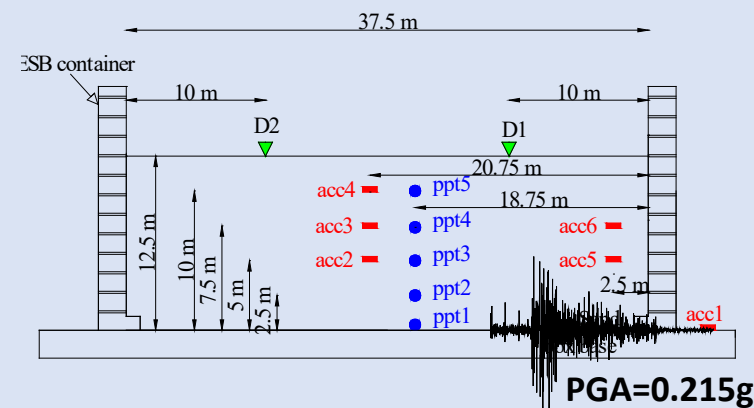
*Attività svolte → progettazione delle due prove ✓*

*Attività in corso → esecuzione delle prove ed interpretazione alla scala del prototipo (consulenza ISMGEO)*

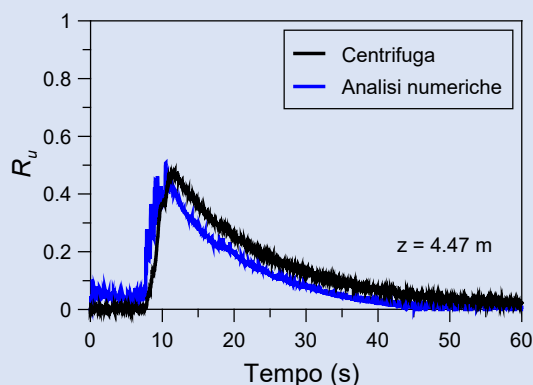
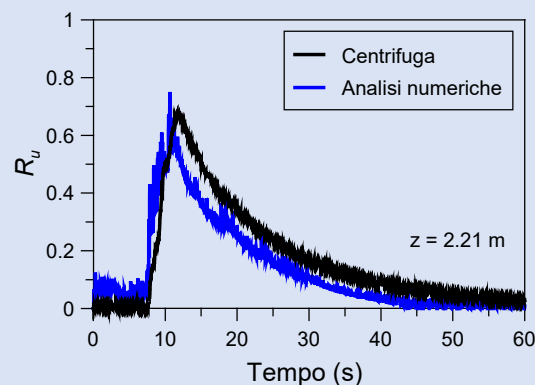


## ATTIVITA' DI MODELLAZIONE NUMERICA

**Simulazioni numeriche** della risposta sismica di **prove in centrifuga geotecnica sismica** mediante l'utilizzo del software open source DEEPSOIL → **validazione di modelli energetici per la previsione delle sovrappressioni interstiziali in sabbia**

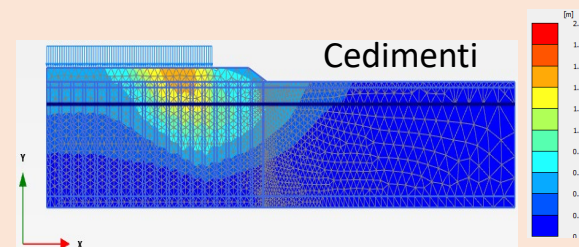
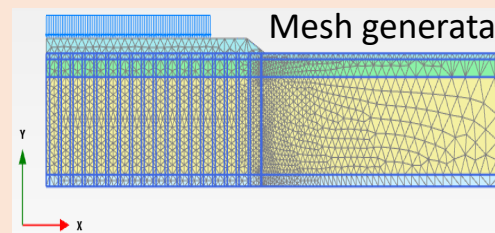


Software  
DEEPSOIL v.7.1.2



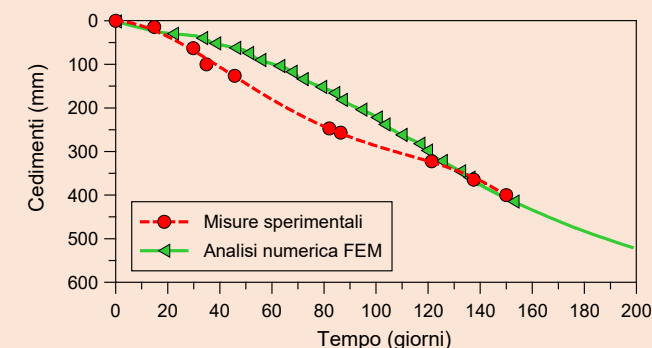
Confronto tra le previsioni numeriche e risultati sperimentali

Analisi numeriche FEM di un intervento di miglioramento dei terreni con colonne granulari compattate e confronto con dati sperimentali per un caso di studio reale (Yardim et al. 2013)



Software Plaxis 2D  
Version 2024.2

acquisito recentemente  
(Marzo 2025)

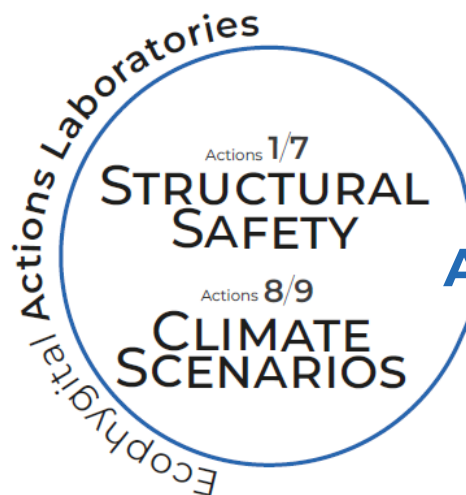


**Prossimo obiettivo:** eseguire analisi FEM in campo statico di casi studio reali → confronto con i risultati ottenuti da metodi analitici generalmente utilizzati per il progetto della tecnica di miglioramento dei terreni basata su colonne granulari compattate

# **Oggetto dello studio:** Impiego di tecniche avanzate di miglioramento dei terreni per la mitigazione dei rischi associati agli effetti dei cambiamenti climatici

Resp. Scient. *Prof. ssa Daniela D. Porcino*

Assegnista di Ricerca: *Ing. Giuseppe Tomasello*



## Action 4

*Modelling of historic masonry*

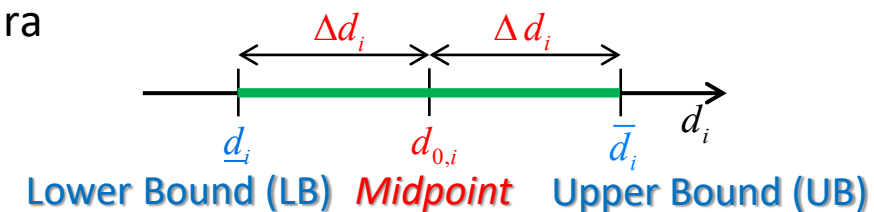
Responsible: Prof. A.Sofi

## Azione 4: Modellazione delle murature storiche

### Attività svolte

- ❖ **Modello non-probabilistico delle proprietà meccaniche incerte** della muratura basato sulla conoscenza del possibile intervallo di variazione

$$d_i^I = d_{0,i}(1 + \alpha_i^I) = d_{0,i}(1 + \Delta\alpha_i \hat{e}_i^I) \quad \text{Modello a intervalli}$$



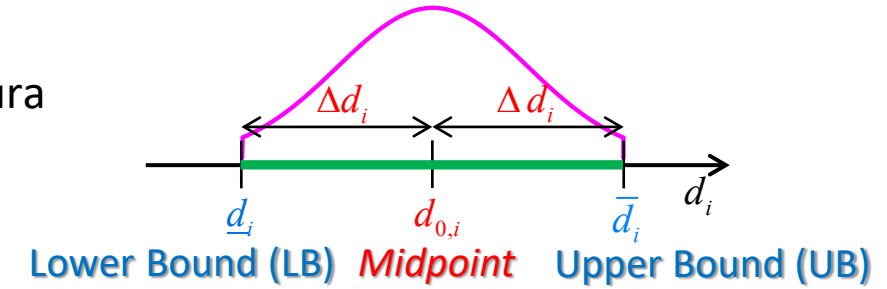


## Azione 4: Modellazione delle murature storiche

### Attività svolte

- ❖ **Modello non-probabilistico delle proprietà meccaniche incerte** della muratura basato sulla conoscenza del possibile intervallo di variazione

$$d_i^I = d_{0,i}(1 + \alpha_i^I) = d_{0,i}(1 + \Delta\alpha_i \hat{e}_i^I) \quad \text{Modello a intervalli}$$

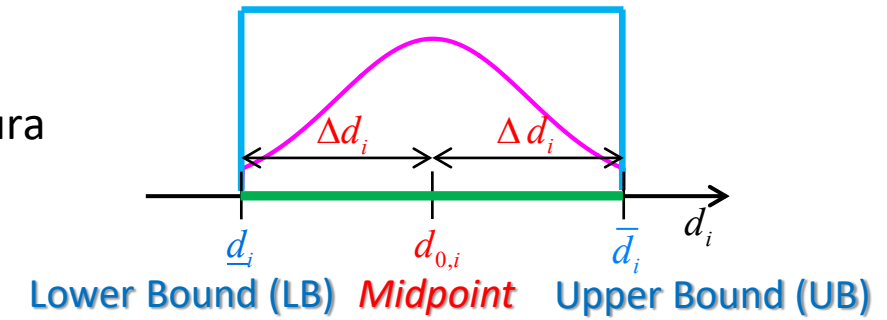


## Azione 4: Modellazione delle murature storiche

### Attività svolte

- ❖ **Modello non-probabilistico delle proprietà meccaniche incerte** della muratura basato sulla conoscenza del possibile intervallo di variazione

$$d_i^I = d_{0,i}(1 + \alpha_i^I) = d_{0,i}(1 + \Delta\alpha_i \hat{e}_i^I) \quad \text{Modello a intervalli}$$

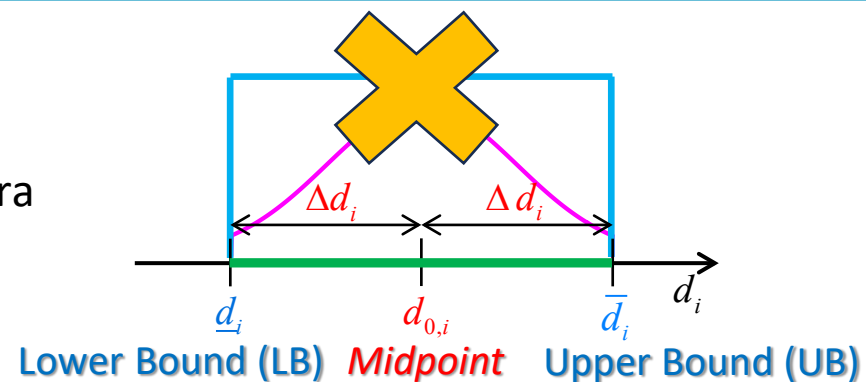


## Azione 4: Modellazione delle murature storiche

### Attività svolte

- ❖ **Modello non-probabilistico delle proprietà meccaniche incerte** della muratura basato sulla conoscenza del possibile intervallo di variazione

$$d_i^I = d_{0,i}(1 + \alpha_i^I) = d_{0,i}(1 + \Delta\alpha_i \hat{e}_i^I) \quad \text{Modello a intervalli}$$

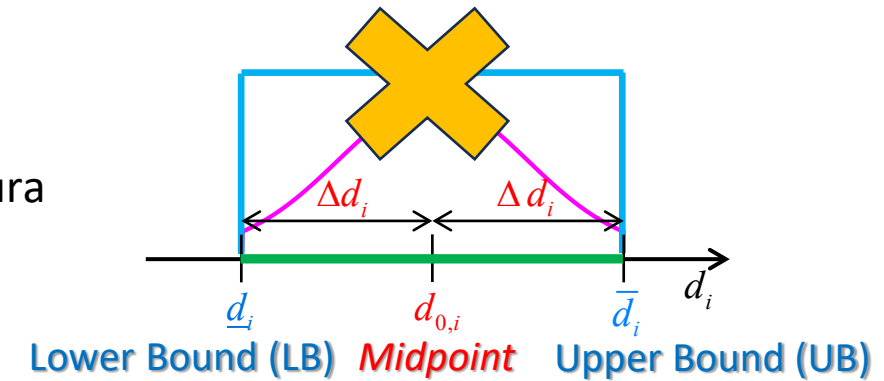


## Azione 4: Modellazione delle murature storiche

### Attività svolte

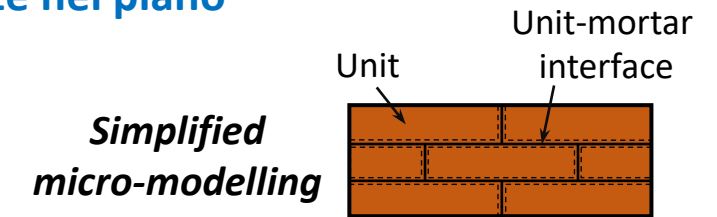
- ❖ **Modello non-probabilistico delle proprietà meccaniche incerte** della muratura basato sulla conoscenza del possibile intervallo di variazione

$$d_i^I = d_{0,i}(1 + \alpha_i^I) = d_{0,i}(1 + \Delta\alpha_i \hat{e}_i^I) \quad \text{Modello a intervalli}$$

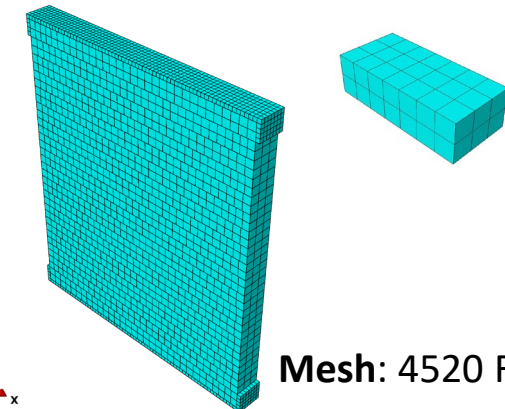


- ❖ **Analisi di una parete in muratura con proprietà meccaniche incerte soggetta a forze nel piano**

- Modello agli elementi finiti (EF) in ABAQUS: *simplified micro-modelling*.
- Analisi di sensitività per analizzare l'influenza delle variazioni delle proprietà meccaniche sulla risposta strutturale.
- Modellazione a intervalli delle proprietà meccaniche incerte.
- Sviluppo di un modello surrogato al fine di ridurre l'onere computazionale.
- Valutazione del limite inferiore (LB) e superiore (UB) della capacità e individuazione dei corrispondenti meccanismi di collasso.



*Simplified  
micro-modelling*



Mesh: 4520 FEs (3D C3D8R)

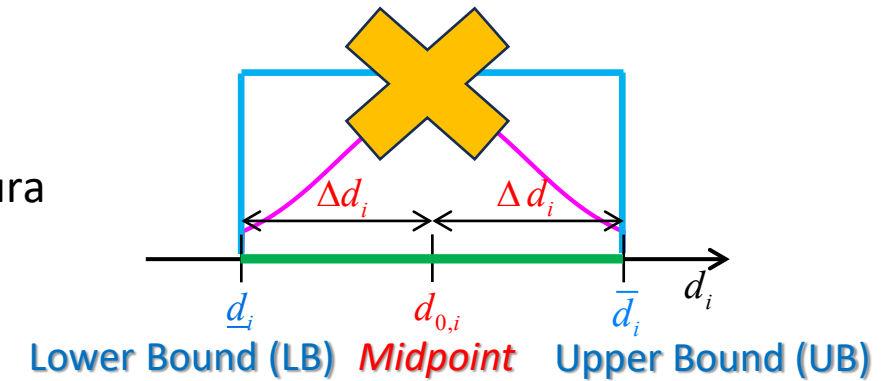


## Azione 4: Modellazione delle murature storiche

### Attività svolte

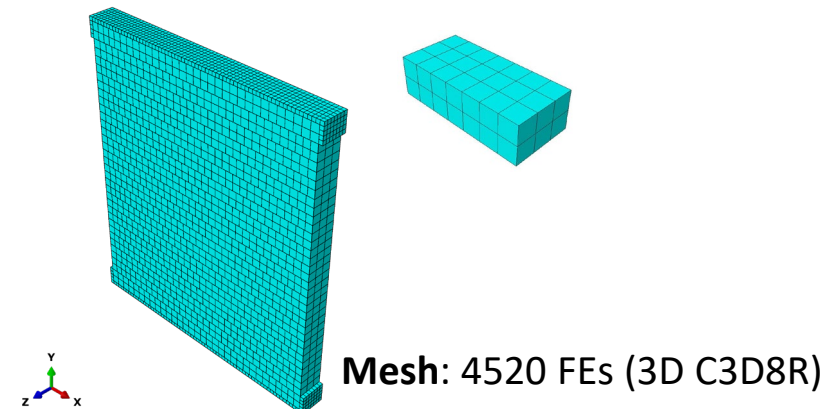
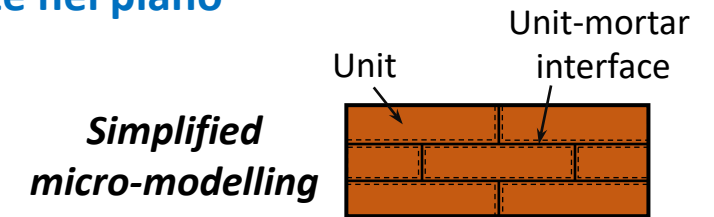
- ❖ **Modello non-probabilistico delle proprietà meccaniche incerte** della muratura basato sulla conoscenza del possibile intervallo di variazione

$$d_i^I = d_{0,i}(1 + \alpha_i^I) = d_{0,i}(1 + \Delta\alpha_i \hat{e}_i^I) \quad \text{Modello a intervalli}$$



- ❖ **Analisi di una parete in muratura con proprietà meccaniche incerte soggetta a forze nel piano**

- Modello agli elementi finiti (EF) in ABAQUS: *simplified micro-modelling*.
  - Analisi di sensitività per analizzare l'influenza delle variazioni delle proprietà meccaniche sulla risposta strutturale.
- Modellazione a intervalli delle proprietà meccaniche incerte.
  - Sviluppo di un modello surrogato al fine di ridurre l'onere computazionale.
  - Valutazione del limite inferiore (LB) e superiore (UB) della capacità e individuazione dei corrispondenti meccanismi di collasso.



## ■ Metodo agli elementi finiti a intervalli (IFEM)

**Modello a intervalli**  $d_i^I = d_{0,i} (1 + \alpha_i^I), \quad i = 1, 2, \dots, N$



$M(\alpha^I)$

**Modello numerico**

## ■ Metodo agli elementi finiti a intervalli (IFEM)

Modello a intervalli  $d_i^I = d_{0,i} (1 + \alpha_i^I), \quad i = 1, 2, \dots, N$



$M(\alpha^I)$  Modello numerico

■ Generica risposta  $y^I = f(\alpha^I)$

$$\text{LB} \quad \underline{y} = \min_{\alpha \in \alpha^I} \{f(\alpha)\}$$

$$\alpha^{(\text{LB})} = \arg \min_{\alpha \in \alpha^I} \{f(\alpha)\}$$

$$\text{UB} \quad \bar{y} = \max_{\alpha \in \alpha^I} \{f(\alpha)\}$$

$$\alpha^{(\text{UB})} = \arg \max_{\alpha \in \alpha^I} \{f(\alpha)\}$$

**Elevato onere  
computazionale**

## Metodo agli elementi finiti a intervalli (IFEM)

Modello a intervalli  $d_i^I = d_{0,i} (1 + \alpha_i^I)$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$



$M(\alpha^I)$

Modello numerico

Generica risposta  $y^I = f(\alpha^I)$

**LB**  $\underline{y} = \min_{\alpha \in \alpha^I} \{f(\alpha)\}$

$\alpha^{(LB)} = \arg \min_{\alpha \in \alpha^I} \{f(\alpha)\}$

**UB**  $\bar{y} = \max_{\alpha \in \alpha^I} \{f(\alpha)\}$

$\alpha^{(UB)} = \arg \max_{\alpha \in \alpha^I} \{f(\alpha)\}$

**Elevato onere  
computazionale**

**Metodo proposto:** ad ogni passo di carico, il modello numerico viene approssimato mediante una Superficie di Risposta

$$y^I \approx y_{RS}(\alpha^I) = y_0 + \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^s \frac{\alpha_i^I}{A_i^{(k)} + B_i^{(k)} \alpha_i^I}$$

**Ratio-of-polynomials  
Response Surface**

$r = 2s \times N$  coefficient incogniti



$r + 1 = 2s \times N + 1$  analisi deterministiche agli FE (ABAQUS)



## Metodo agli elementi finiti a intervalli (IFEM)

Modello a intervalli  $d_i^I = d_{0,i} (1 + \alpha_i^I)$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$



$M(\alpha^I)$  Modello numerico

Generica risposta  $y^I = f(\alpha^I)$

$$\text{LB} \quad \underline{y} = \min_{\alpha \in \alpha^I} \{f(\alpha)\}$$

$$\alpha^{(\text{LB})} = \arg \min_{\alpha \in \alpha^I} \{f(\alpha)\}$$

$$\text{UB} \quad \bar{y} = \max_{\alpha \in \alpha^I} \{f(\alpha)\}$$

$$\alpha^{(\text{UB})} = \arg \max_{\alpha \in \alpha^I} \{f(\alpha)\}$$

Elevato onere  
computazionale

**Metodo proposto:** ad ogni passo di carico, il modello numerico viene approssimato mediante una Superficie di Risposta

$$y^I \approx y_{\text{RS}}(\alpha^I) = y_0 + \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^s \frac{\alpha_i^I}{A_i^{(k)} + B_i^{(k)} \alpha_i^I}$$

$r = 2s \times N$  coefficient incogniti



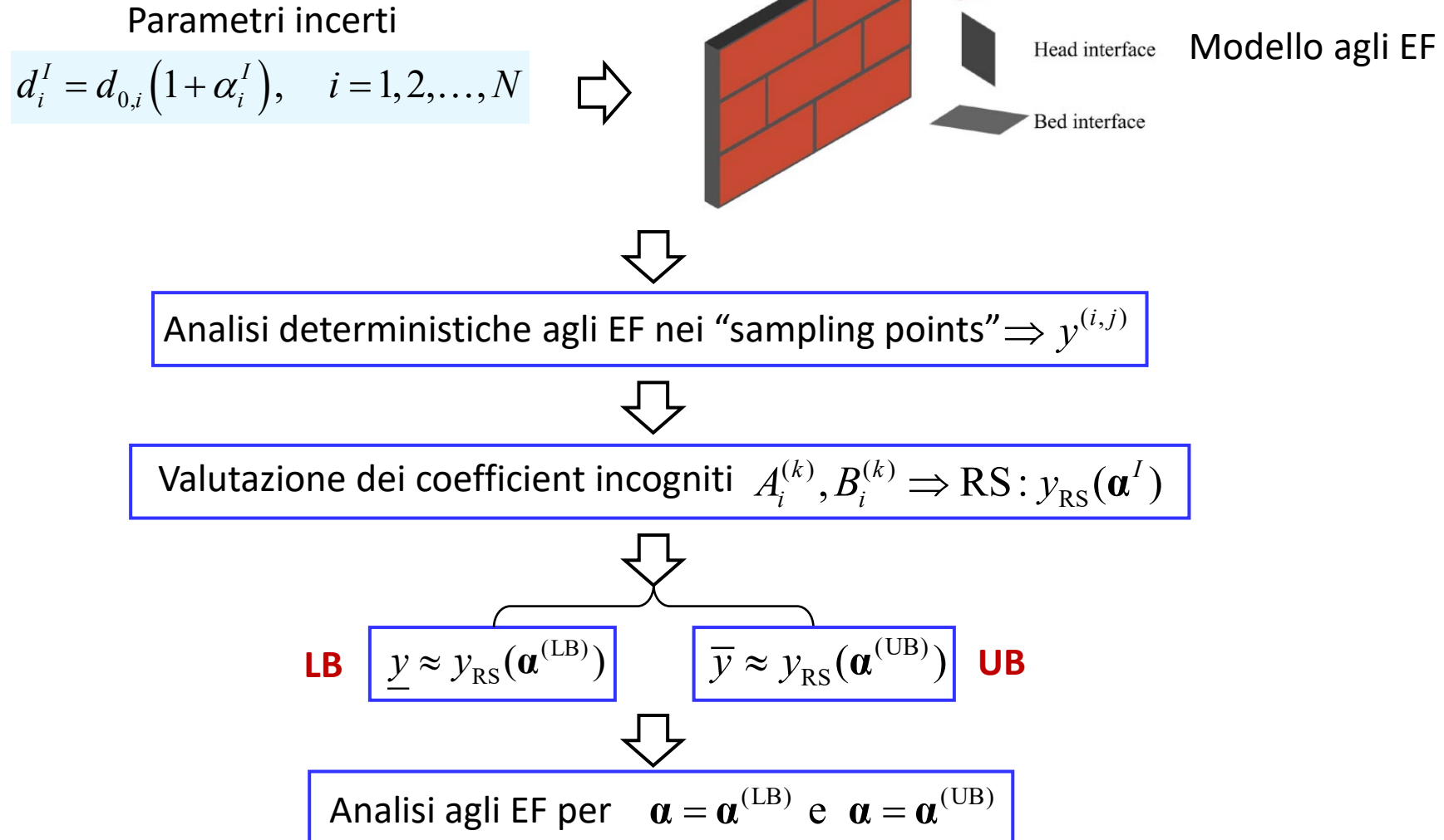
$r + 1 = 2s \times N + 1$  analisi deterministiche agli FE (ABAQUS)

Ratio-of-polynomials  
Response Surface

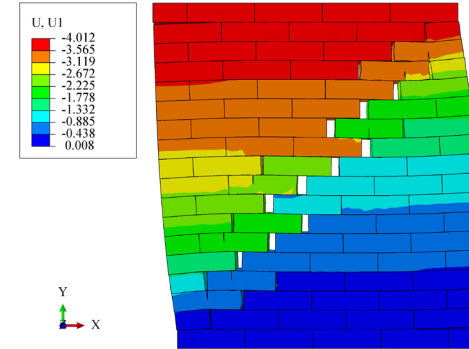
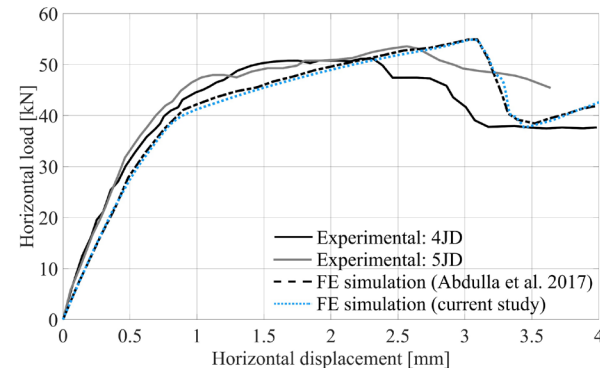
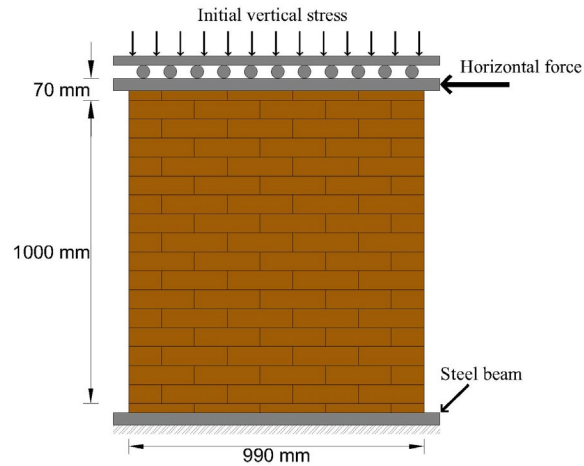


$$\text{LB} \quad \underline{y} \approx \min_{\alpha \in \alpha^I} \{y_{\text{RS}}(\alpha)\}$$

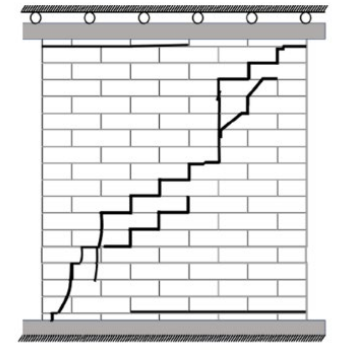
$$\text{UB} \quad \bar{y} \approx \max_{\alpha \in \alpha^I} \{y_{\text{RS}}(\alpha)\}$$



## ■ Parete in muratura *benchmark*: validazione del modello agli element finiti

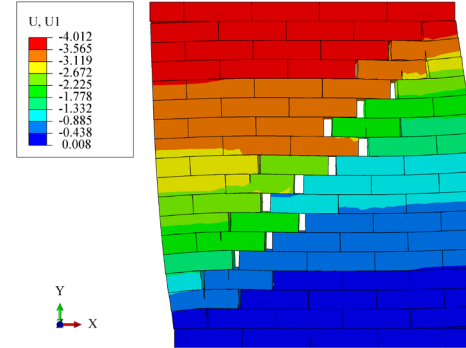
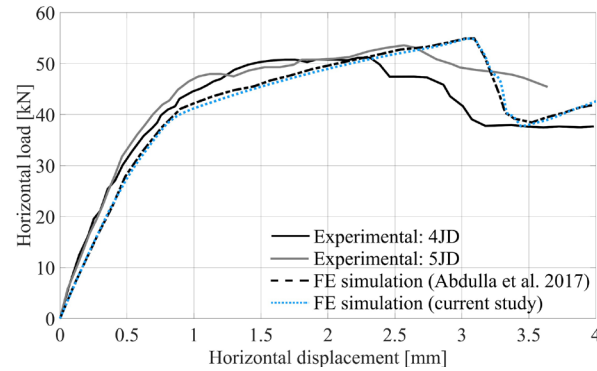
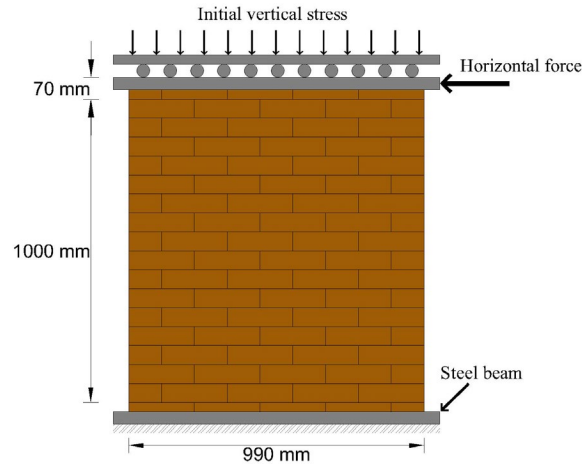


Analisi agli elementi finiti

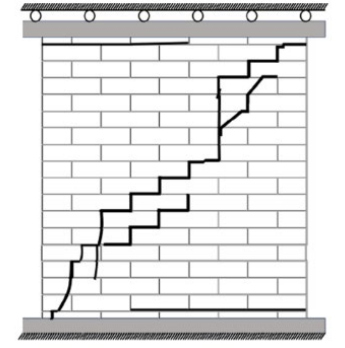


Risultati sperimentali

## ■ Parete in muratura *benchmark*: validazione del modello agli elementi finiti

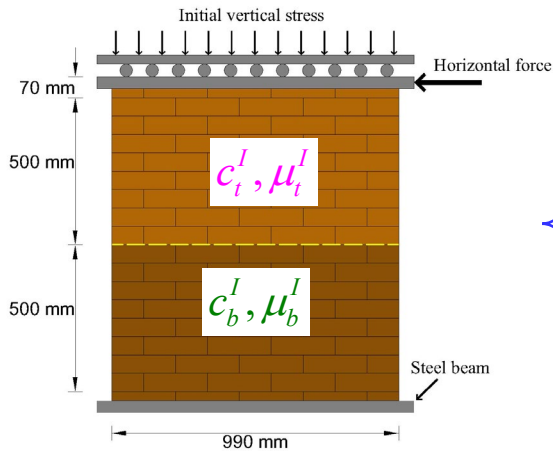


Analisi agli elementi finiti



Risultati sperimentali

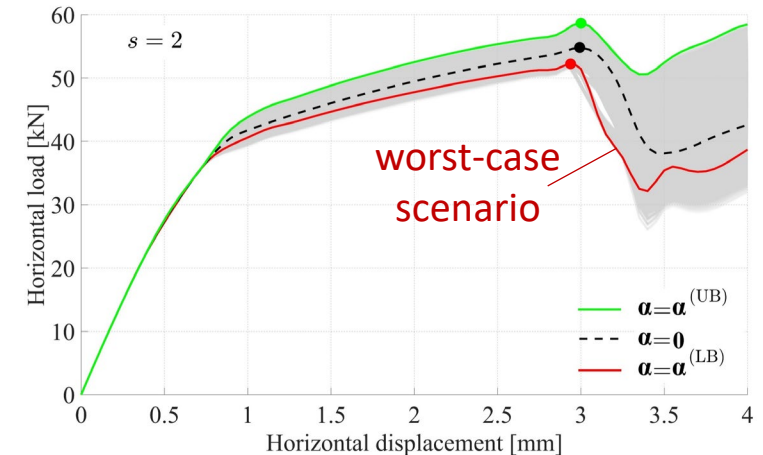
## ■ Parete in muratura con coesione e coefficiente di attrito dell'interfaccia malta-blocchi incerti



$$\begin{cases} d_1^I = c_b^I = c_0(1 + \alpha_{c_b}^I) = c_0(1 + \Delta\alpha \hat{e}_{c_b}^I) \\ d_2^I = \mu_b^I = \mu_0(1 + \alpha_{\mu_b}^I) = \mu_0(1 + \Delta\alpha \hat{e}_{\mu_b}^I) \\ d_3^I = c_t^I = c_0(1 + \alpha_{c_t}^I) = c_0(1 + \Delta\alpha \hat{e}_{c_t}^I) \\ d_4^I = \mu_t^I = \mu_0(1 + \alpha_{\mu_t}^I) = \mu_0(1 + \Delta\alpha \hat{e}_{\mu_t}^I) \end{cases}$$

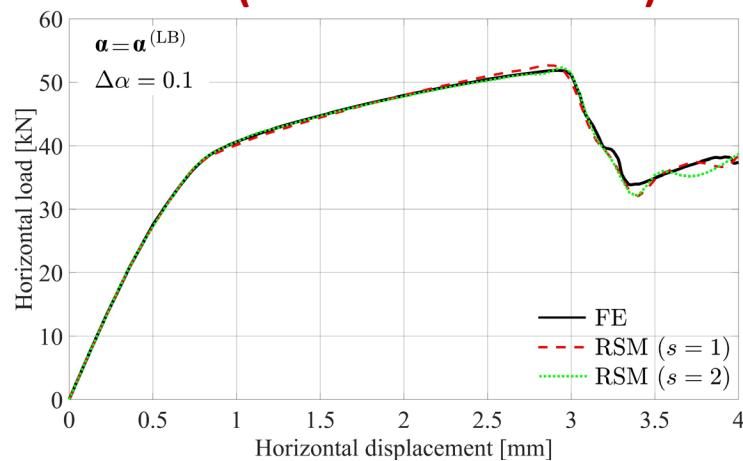
RS	n. analisi deterministiche
s=1	9
s=2	17

$$\Delta\alpha = 0.1$$

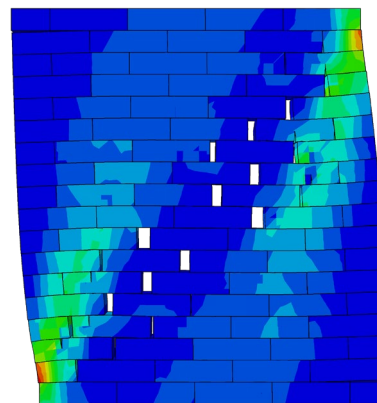
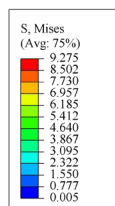




## LB (worst-case scenario)

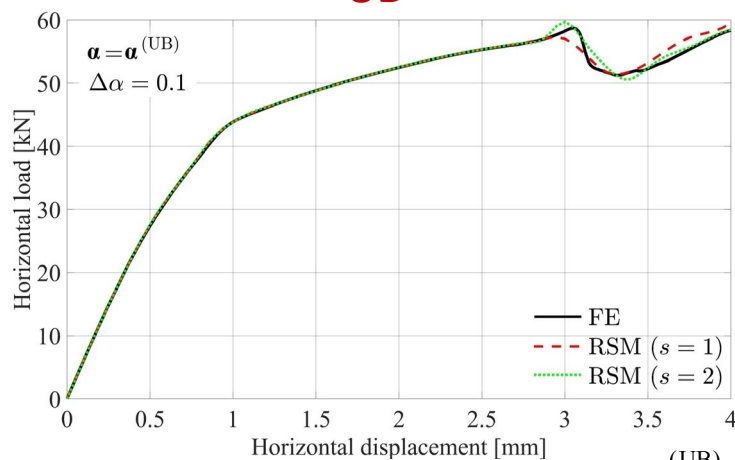


$$\Delta\alpha = 0.1$$

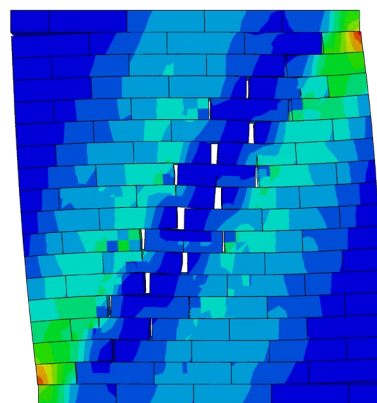
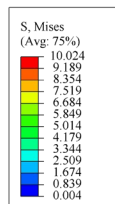


$$\alpha^{(LB)} = [-0.1 \quad -0.1 \quad 0.1 \quad -0.1]^T$$

## UB

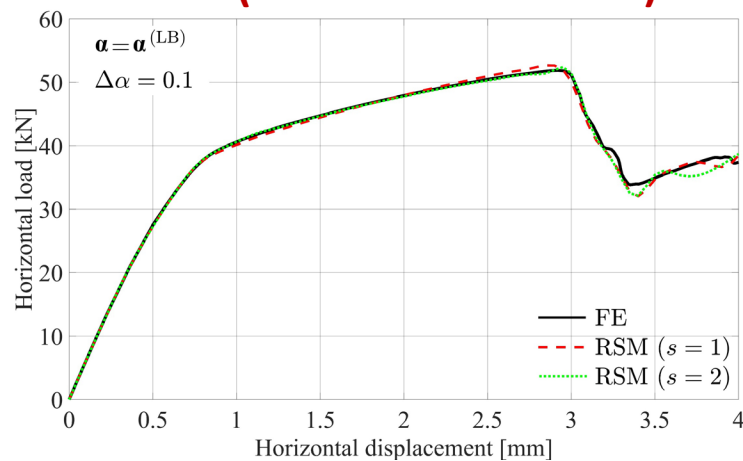


$$\Delta\alpha = 0.1$$

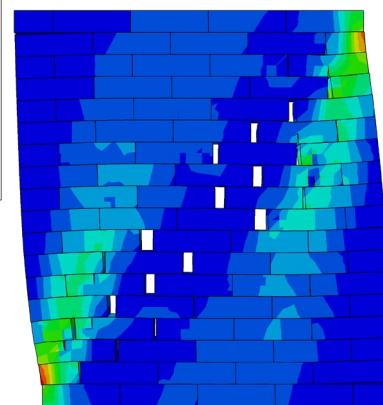
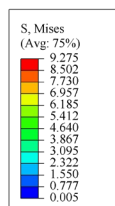


$$\alpha^{(UB)} = [0.1 \quad 0.1 \quad 0.1 \quad 0.1]^T$$

## LB (worst-case scenario)



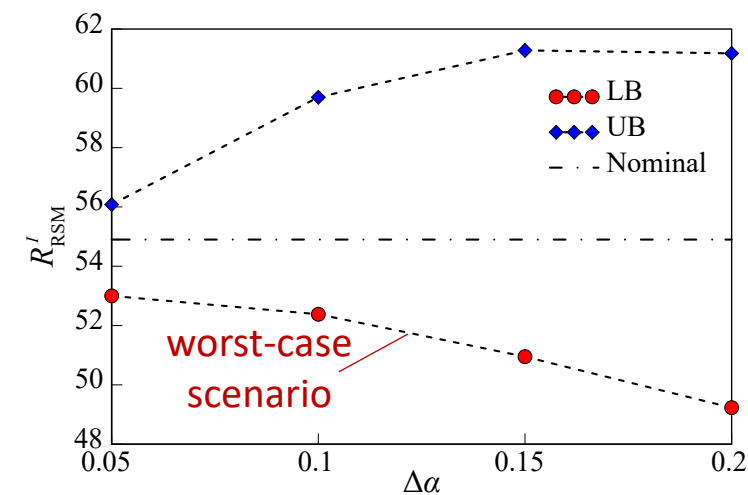
$$\Delta\alpha = 0.1$$



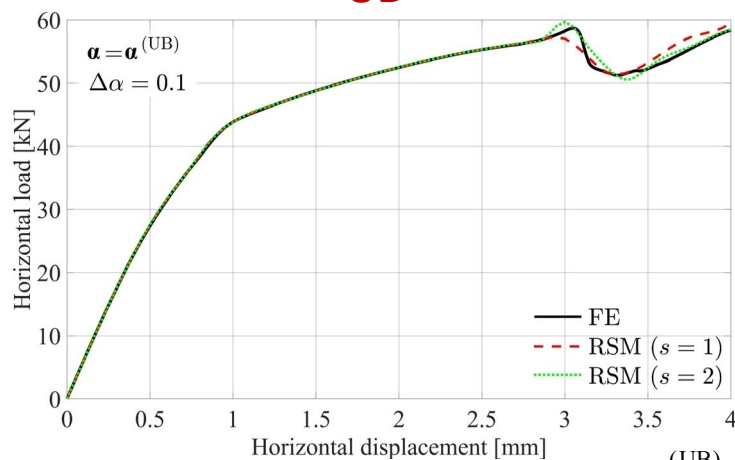
$$\alpha^{(LB)} = [-0.1 \quad -0.1 \quad 0.1 \quad -0.1]^T$$

## Resistenza nel piano

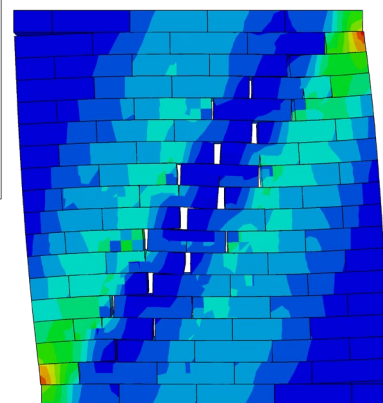
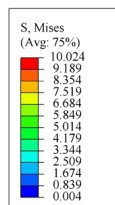
$$R_{RSM}^I = \begin{bmatrix} \underline{R}_{RSM} & \bar{R}_{RSM} \end{bmatrix}$$



## UB



$$\Delta\alpha = 0.1$$



$$\alpha^{(UB)} = [0.1 \quad 0.1 \quad 0.1 \quad 0.1]^T$$

## ■ Disseminazione dei risultati

- Bayat E, Tubino F, Sofi A (2024), In-plane behaviour of unreinforced masonry walls with uncertain mechanical properties, Landscape Across the Mediterranean (CrossMED) 11-13 December 2024, Reggio Calabria (Italy).
- **Keynote Lecture:** Sofi A, Bayat E, and Tubino F, Capacity bounds of unreinforced masonry walls with interval mechanical properties, UNCECOMP 2025, 6th ECCOMAS Thematic Conference on Uncertainty Quantification in Computational Sciences and Engineering M. Papadrakakis, V. Papadopoulos, G. Stefanou (eds.) Rhodes Island, Greece, 15-18 June 2025.
- Bayat E, Tubino F, Sofi A (2024), In-plane behaviour of unreinforced masonry walls with interval mechanical properties, Computers and Structures (prima revisione).

## ■ Attività in corso

- Applicazione della procedura proposta ad una parete in muratura con caratteristiche analoghe a quella di palazzo Mesiani.
- Predisposizione dei contenuti per la piattaforma digitale “ECOPHYGITAL”.



(Palazzo Mesiani, Bova)

## Contenuti da trasferire alla piattaforma digitale “ECOPHYGITAL”

### Riferimenti bibliografici

- Influenza dei cambiamenti climatici sulle proprietà meccaniche della muratura
- Modellazione delle incertezze nelle murature
- Modellazione a intervalli delle incertezze
- Modellazione numerica di elementi strutturali in muratura
- Metodo della Superficie di Risposta e propagazione delle incertezze a intervalli

### Modelli e metodologie

- Modello a intervalli delle proprietà meccaniche incerte
- Modello agli elementi finiti di una parete in muratura
- Analisi di sensitività
- Metodo della Superficie di Risposta

### Risultati

- Risposta di una parete in muratura soggetta a forze nel piano al variare delle proprietà meccaniche (grafici)
- Validazione della Superficie di Risposta proposta (grafici)
- Limite inferiore e superiore della capacità e corrispondenti meccanismi di collasso di una parete con proprietà meccaniche incerte a intervalli (grafici)





## Action 5

*Development of time-varying vulnerability assessment tools and advanced protocols for cataloging existing historic buildings on identity structural types*

Responsible: Prof. E.Chioccarelli



## Action 6/7

*Development of digital active control devices, based on the concept of inerter, for the protection and security of monumental heritage assets*

Responsible: Prof. G.Failla

## Azione 6: Isolamento alla base con inerter

- Progetto prototipo e validazione sperimentale

- Simulazione applicazione su Palazzo Mesiani, Bova

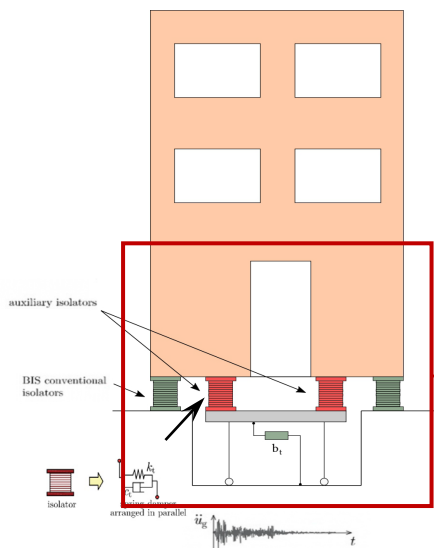
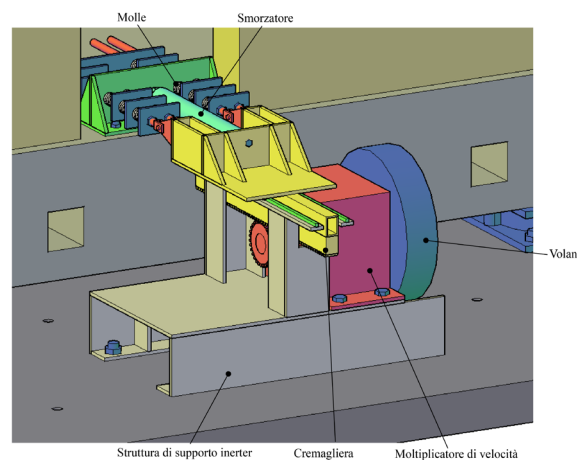
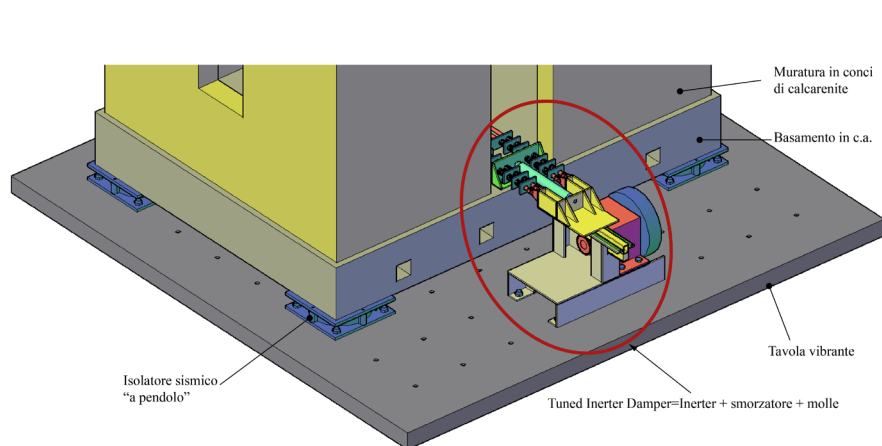


Tavola vibrante

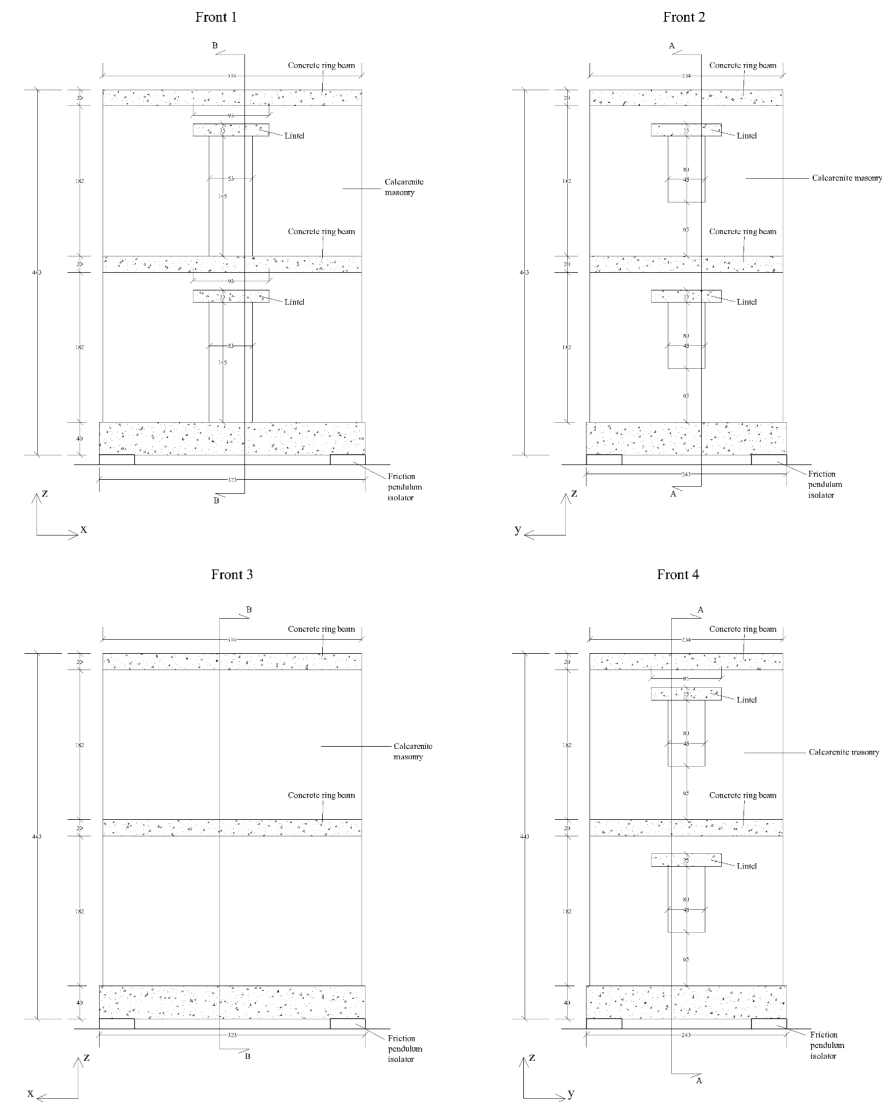
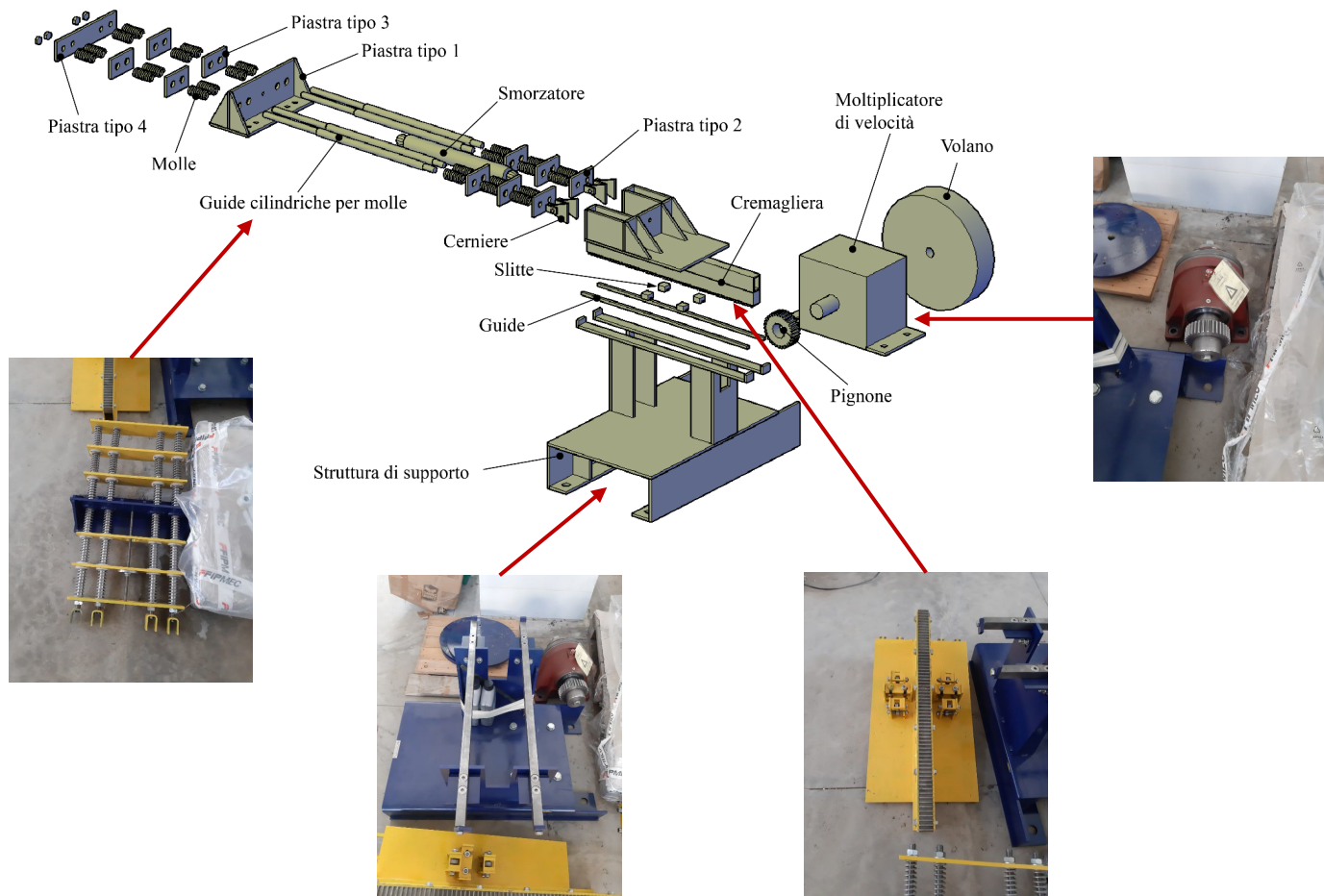


Palazzo Mesiani, Bova



## Azione 6: Isolamento alla base con inerter

- Progetto prototipo e validazione sperimentale

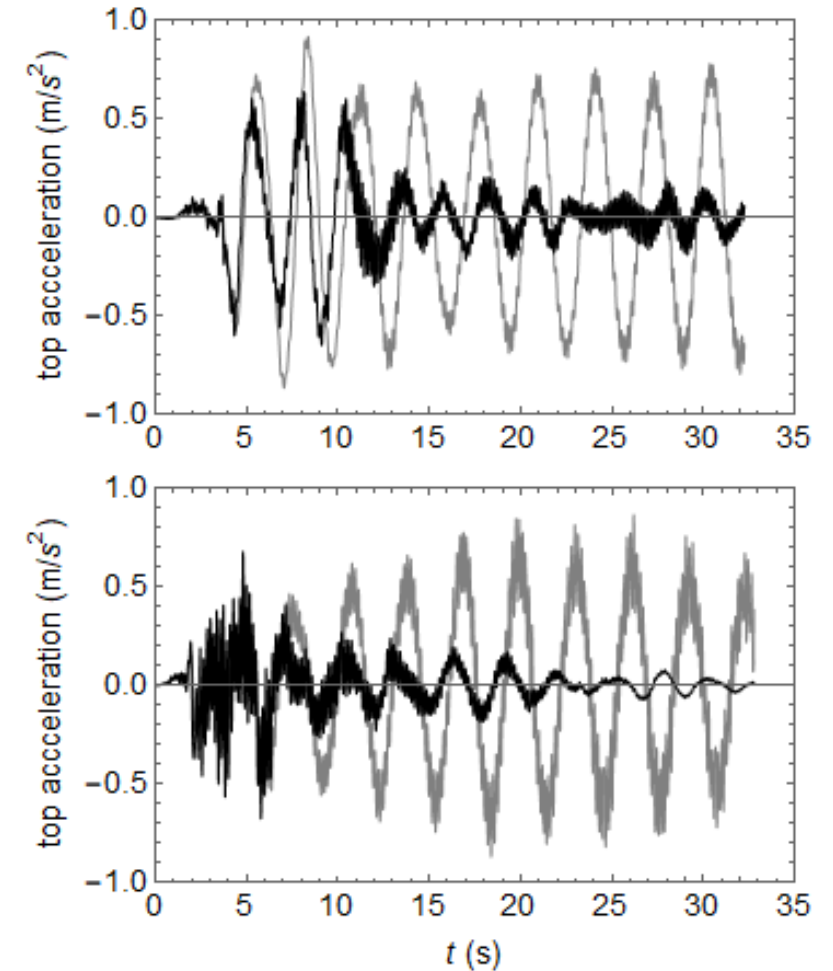
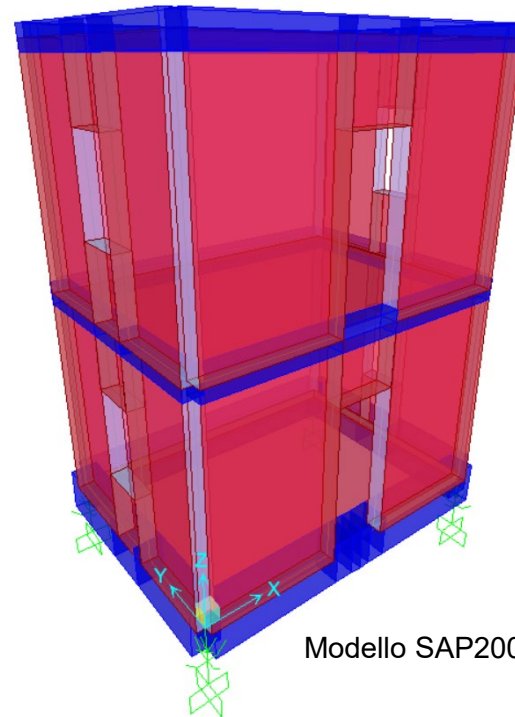
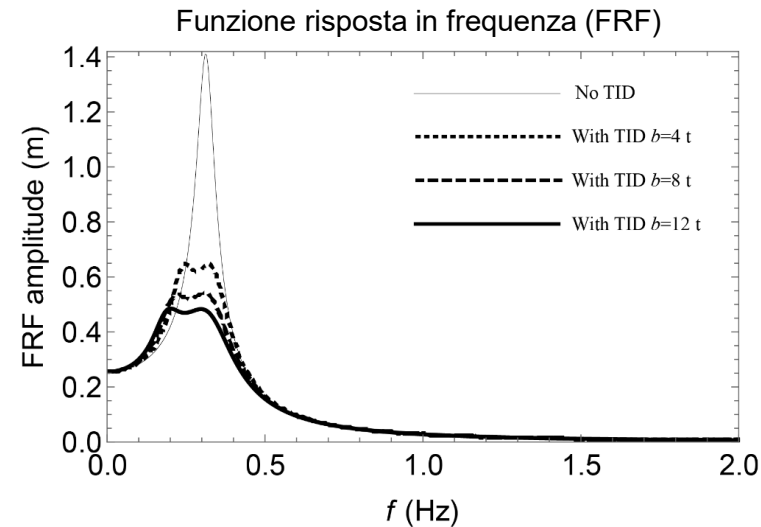


Prototipo edificio in muratura scala 2:3

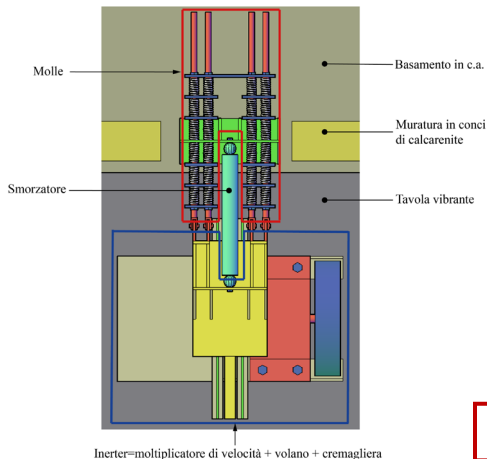


## Azione 6: Isolamento alla base con inerter

- Progetto prototipo e validazione sperimentale



Accelerazione assoluta sommità struttura: Irpinia, 1980 (sopra); Loma Prieta 1989 (sotto)



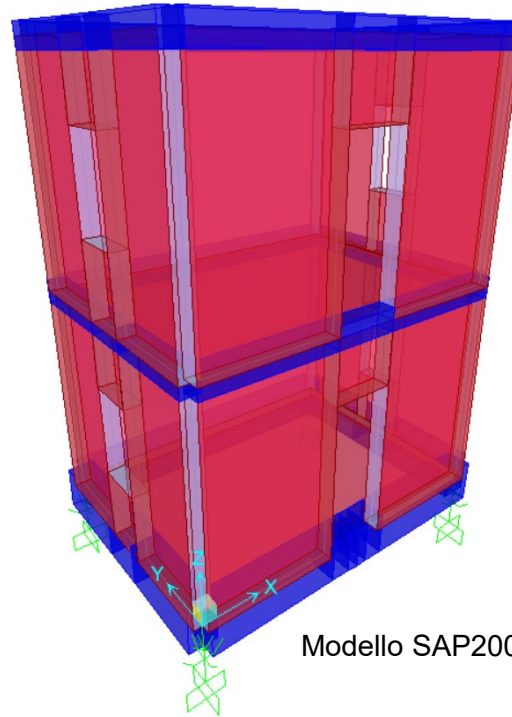
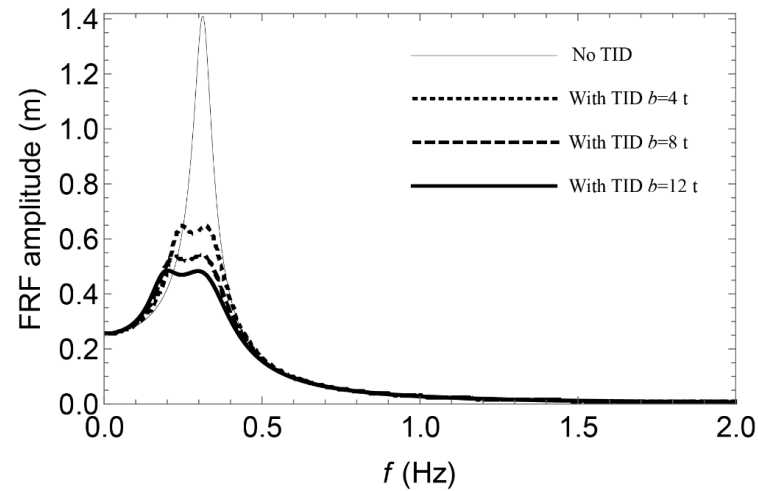
Parametri ottimali

$b$ (t)	$k_d$ (N/m)	$c_d$ (Ns/m)
4	11000	3270
8	16900	7670
12	20300	11950

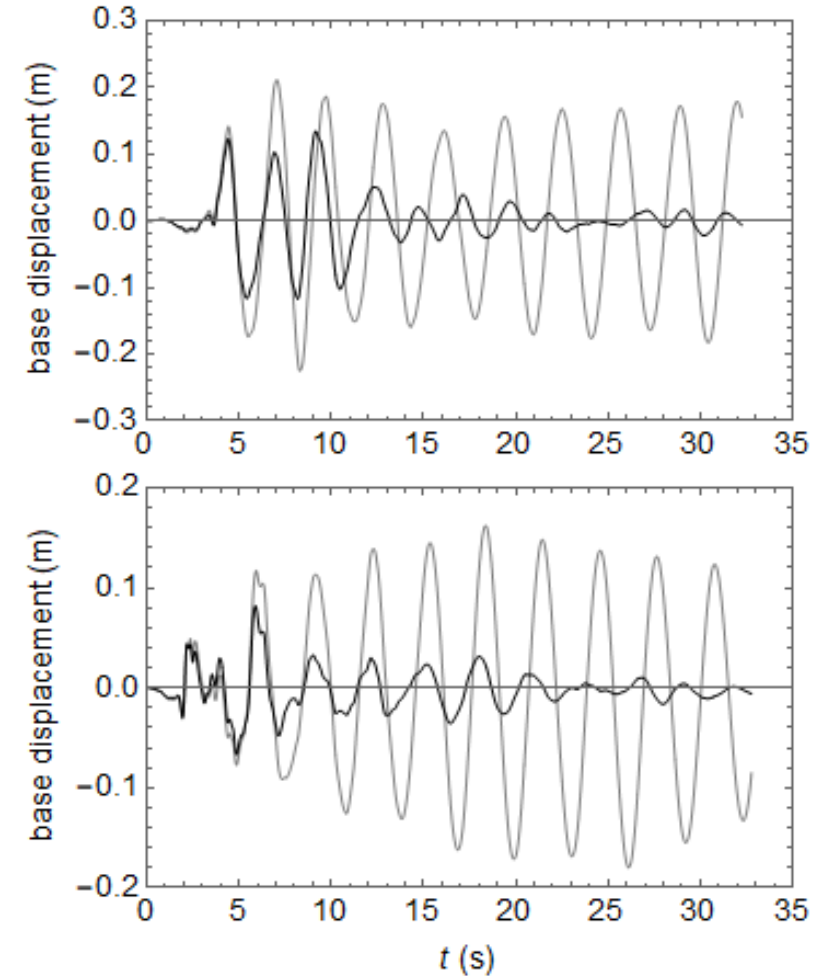
## Azione 6: Isolamento alla base con inerter

- Progetto prototipo e validazione sperimentale

Funzione risposta in frequenza (FRF)



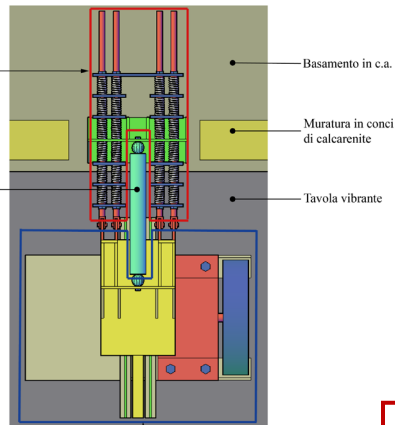
Modello SAP2000



Spostamento relativo base struttura: Irpinia, 1980 (sopra); Loma Prieta 1989 (sotto)

Parametri ottimali

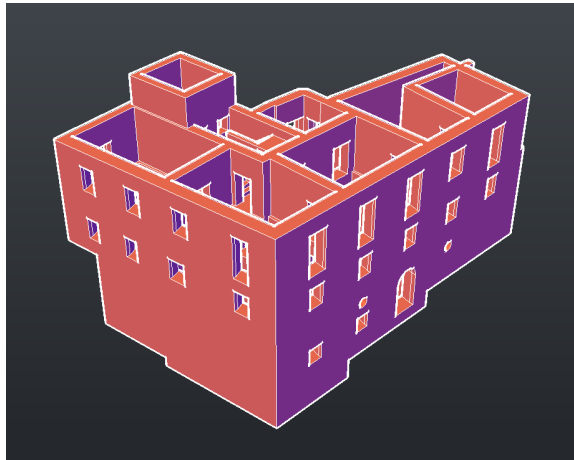
$b$ (t)	$k_d$ (N/m)	$c_d$ (Ns/m)
4	11000	3270
8	16900	7670
12	20300	11950



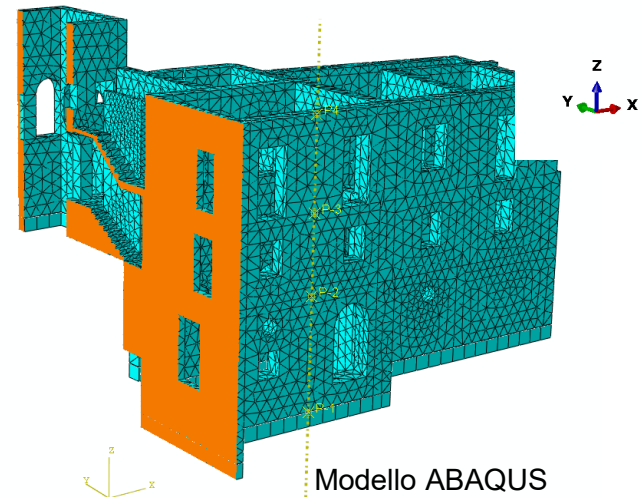
Inerter=moltiplicatore di velocità + volano + cremagliera

## Azione 6: Isolamento alla base con inerter

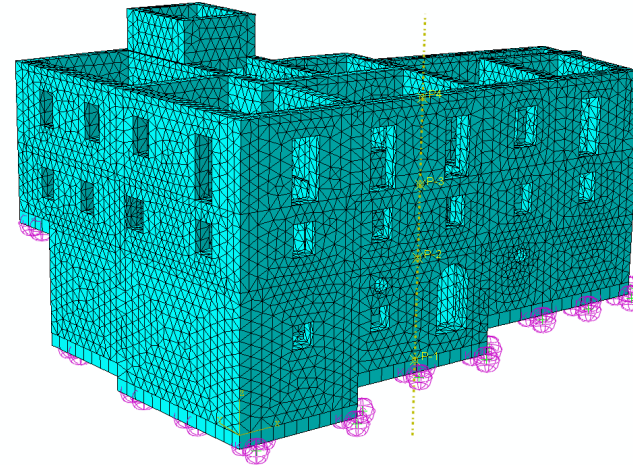
- Simulazione applicazione su Palazzo Mesiani, Bova



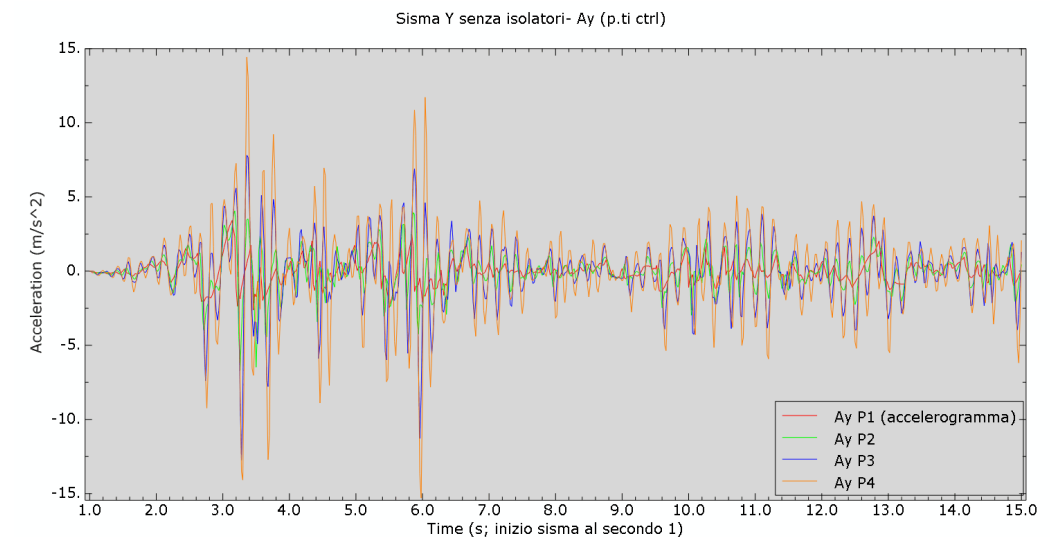
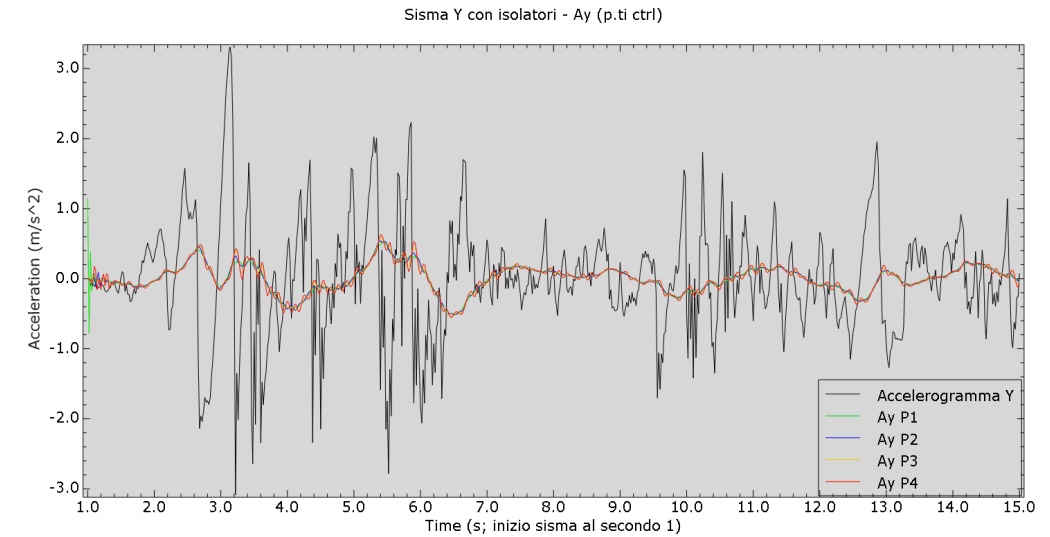
Palazzo Mesiani, Bova



Modello ABAQUS



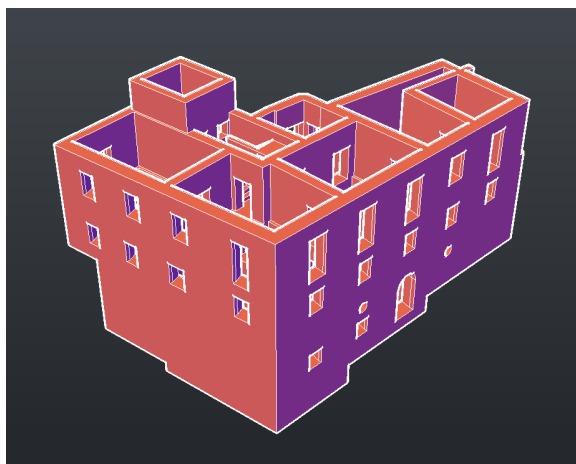
Modello ABAQUS



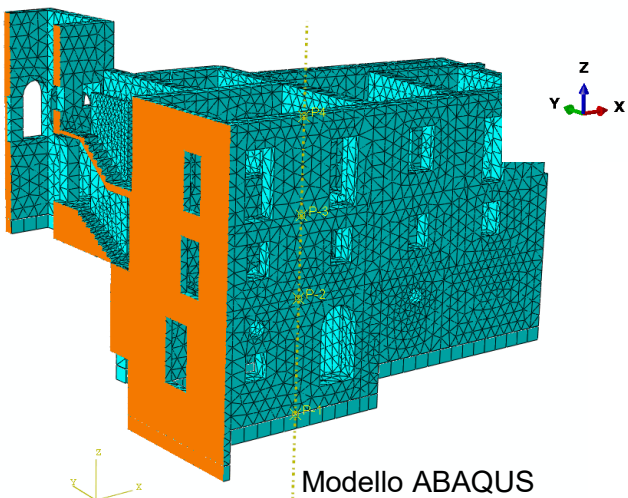


## Azione 6: Isolamento alla base con inerter

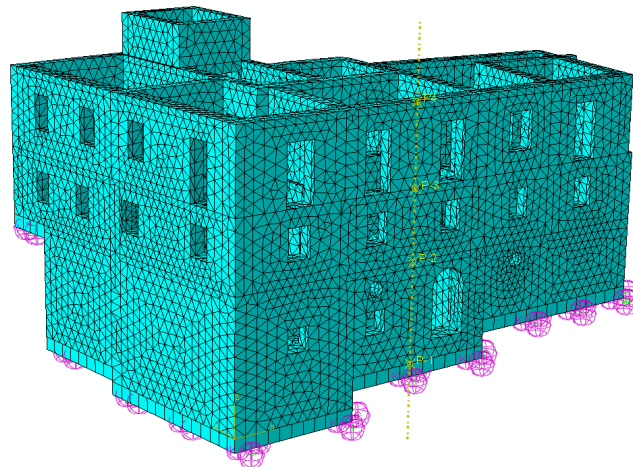
- Simulazione applicazione su Palazzo Mesiani, Bova



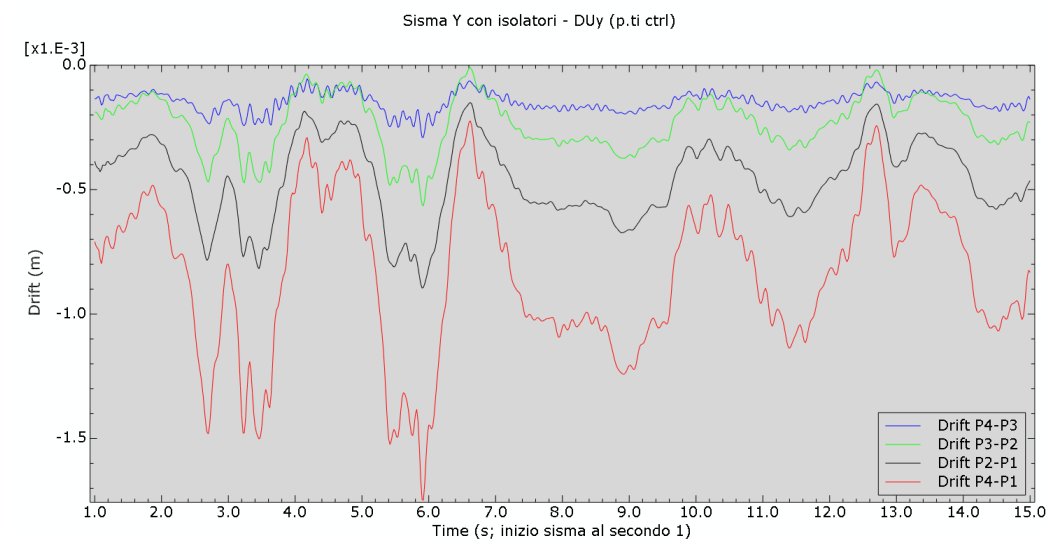
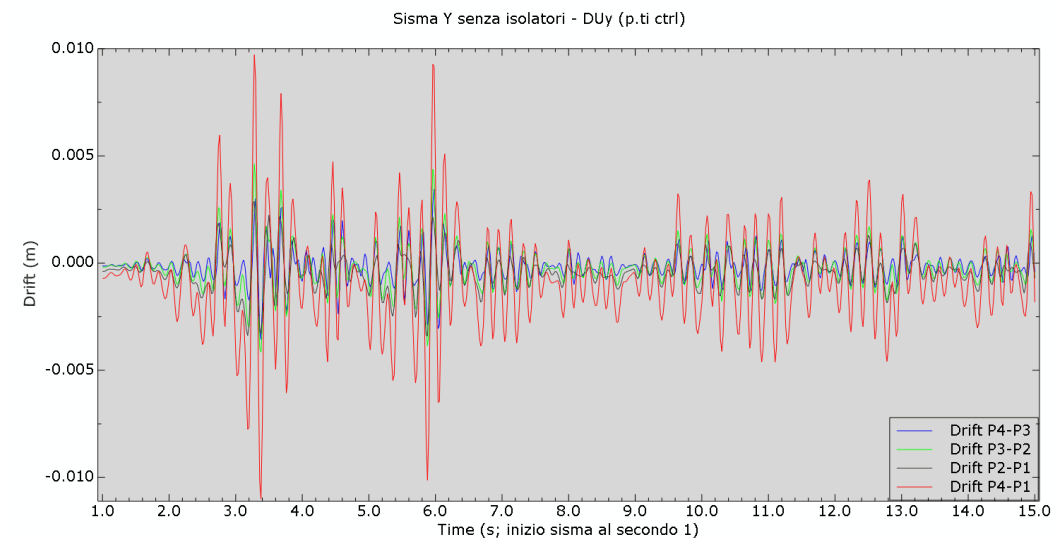
Palazzo Mesiani, Bova



Modello ABAQUS



Modello ABAQUS





## Azione 6: Isolamento alla base con inerter

SEZIONE 2 – AREA DELLE INFORMAZIONI							SEZIONE 2
Area delle Informazioni (Sicurezza strutturale, ambientale e climate change)							Area dei contenuti (Misure e interventi)
Codice	Applicazione (Caso di studio / Tipo di rischio)	Tipo di informazione	Descrizione breve	Formato file	Interazione / Visualizzazione	Interoperabilità	
A1.1	Analisi sperimentale di edificio in muratura con sistema di isolamento alla base con inerter / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Testi descrittivi	Design e realizzazione di prototipo di sistema di isolamento alla base con inerter	Markdown (.md) / HTML (.html) / PDF/A	Pagina web suddivisa in capitoli espandibili; anchor link e tooltip per note esplicative	Link ipertestuali a servizi esterni	Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni - .pdf, .jpg, .png
A1.2	Analisi sperimentale di edificio in muratura con sistema di isolamento alla base con inerter / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Dati numerici	Indicatori di prestazione e metriche (es. modelli, simulazioni), sotto forma di grafici e tabelle	CSV / XLSX / PDF	Tabelle interattive e grafici filtrati per tipologia di dati rappresentati	Connessione a database relazionale (es. PostgreSQL/PostGIS)	Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg, .png
A1.3	Analisi sperimentale di edificio in muratura con sistema di isolamento alla base con inerter / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Grafici e infografiche	Grafici e mappe semplificate (es. mappe di sforzo, mappe di deformazione)	SVG (vettoriale) / PDF/ PNG / JPEG	Embed SVG responsivo (zoom/hover tooltip), slideshow di immagini, filtri per tipologia di diagramma		Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg, .png
A1.4	Analisi sperimentale di edificio in muratura con sistema di isolamento alla base con inerter / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Immagini fotografiche	Disegni tecnici di prototipo di sistema di isolamento alla base con inerter	JPEG/PNG (min 300 dpi)	Galleria cliccabile con lightbox		Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg, .png
A2.1	Analisi sperimentale di edificio in muratura con sistema di isolamento alla base con inerter / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Riferimenti bibliografici	Elenco completo di studi, articoli e report utilizzati: titolo, autori, anno, DOI, abstract sintetico.	BibTeX (.bib) / RIS	Lista ordinabile per autore/anno, esportazione in EndNote/RefWorks, pop-up con abstract e link diretto al PDF originale	Linked Data (schema.org), DOI resolver, SPARQL endpoint per query semantiche sulle fonti	
A2.2	Analisi sperimentale di edificio in muratura con sistema di isolamento alla base con inerter / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Link e risorse esterne	URL a dataset, portali istituzionali e repository (es. IPCC, Climate Data Store, OpenStreetMap).	CSV (link list) / JSON (link objects)	Elenco cliccabile con anteprima (favicon + breve descrizione), badge di accessibilità API	API RESTful, autenticazione OAuth2 se necessaria, descrizione Swagger/OpenAPI per ciascun endpoint	

## Azione 6: Isolamento alla base con inerter

SEZIONE 2 – AREA DELLE INFORMAZIONI							SEZIONE 2
Area delle Informazioni (Sicurezza strutturale, ambientale e climate change)							Area dei contenuti (Misure e interventi)
Codice	Applicazione (Caso di studio / Tipo di rischio)	Tipo di informazione	Descrizione breve	Formato file	Interazione / Visualizzazione	Interoperabilità	
A1.1	Palazzo Mesiani con sistema di isolamento alla base con inerter / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Testi descrittivi	Introduzione su rischio sismico e sistemi di isolamento sismico Design di sistema di isolamento alla base con inerter	Markdown (.md) / HTML (.html) / PDF/A	Pagina web suddivisa in capitoli espandibili; anchor link e tooltip per note esplicative	Link ipertestuali a servizi esterni	Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg, .png
A1.2	Palazzo Mesiani con sistema di isolamento alla base con inerter / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Dati numerici	Indicatori di prestazione e metriche (es. modelli, simulazioni), sotto forma di grafici e tabelle	CSV / XLSX / PDF	Tabelle interattive e grafici filtrati per tipologia di dati rappresentati	Connessione a database relazionale (es. PostgreSQL/PostGIS)	Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg, .png
A1.3	Palazzo Mesiani con sistema di isolamento alla base con inerter / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Grafici e infografiche	Grafici e mappe semplificate (es. mappe di sforzo, mappe di deformazione)	SVG (vettoriale) / PDF/ PNG / JPEG	Embed SVG responsivo (zoom/hover tooltip), slideshow di immagini, filtri per tipologia di diagramma		Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg, .png
A1.4	Palazzo Mesiani con sistema di isolamento alla base con inerter / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Immagini fotografiche	Documentazione fotografica stato attuale	JPEG/PNG (min 300 dpi)	Galleria cliccabile con lightbox		Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg, .png
A2.1	Palazzo Mesiani con sistema di isolamento alla base con inerter / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Riferimenti bibliografici	Elenco completo di studi, articoli e report utilizzati: titolo, autori, anno, DOI, abstract sintetico.	BibTeX (.bib) / RIS	Lista ordinabile per autore/anno, esportazione in EndNote/RefWorks, pop-up con abstract e link diretto al PDF originale	Linked Data (schema.org), DOI resolver, SPARQL endpoint per query semantiche sulle fonti	
A2.2	Palazzo Mesiani con sistema di isolamento alla base con inerter / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Link e risorse esterne	URL a dataset, portali istituzionali e repository (es. IPCC, Climate Data Store, OpenStreetMap).	CSV (link list) / JSON (link objects)	Elenco cliccabile con anteprima (favicon + breve descrizione), badge di accessibilità API	API RESTful, autenticazione OAuth2 se necessaria, descrizione Swagger/OpenAPI per ciascun endpoint	

## Azione 7: Isolamento alla base con fondazione multi-strato localmente risonante

- Progetto prototipo e validazione sperimentale

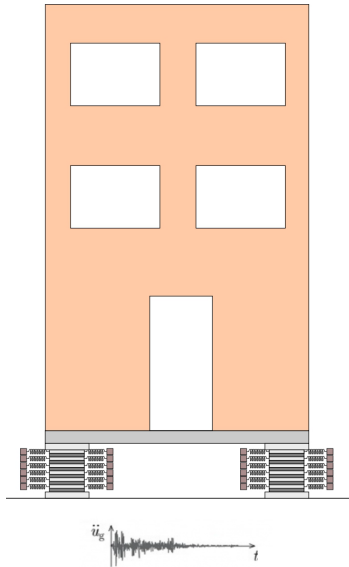
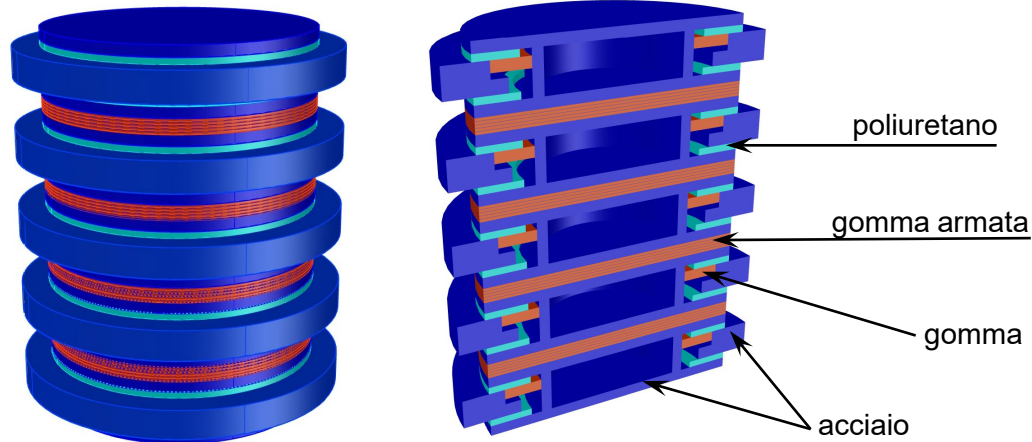


Tavola vibrante

- Simulazione applicazione su Palazzo Mesiani, Bova



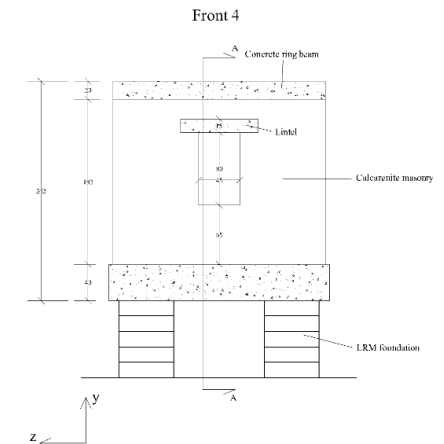
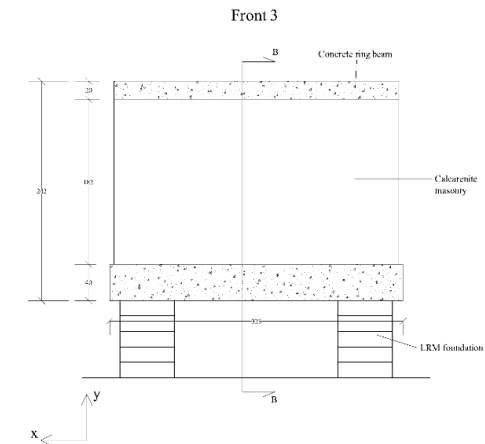
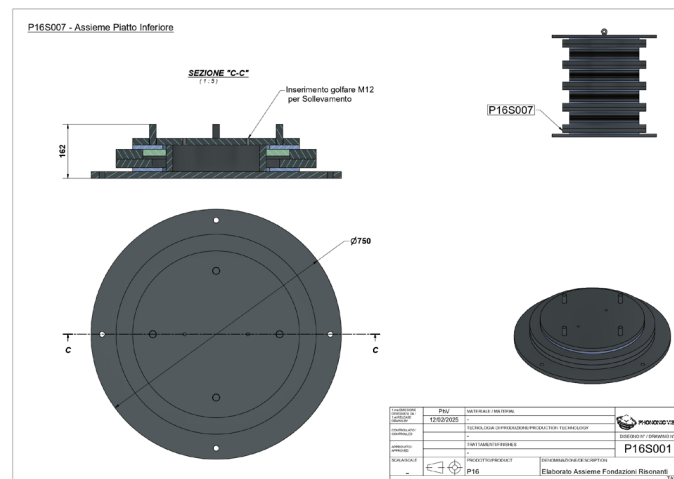
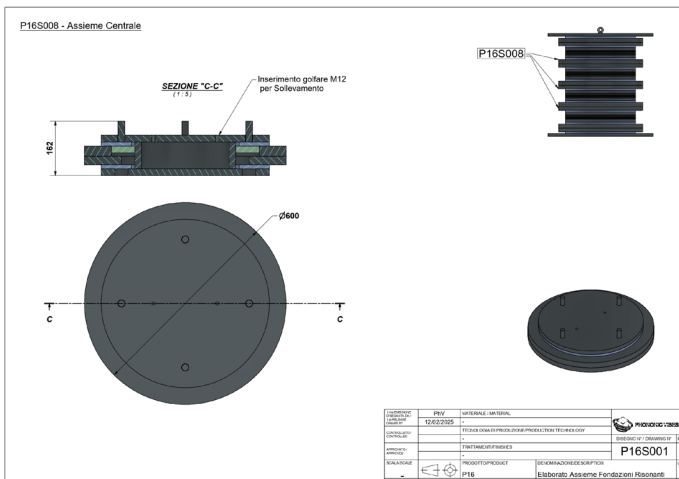
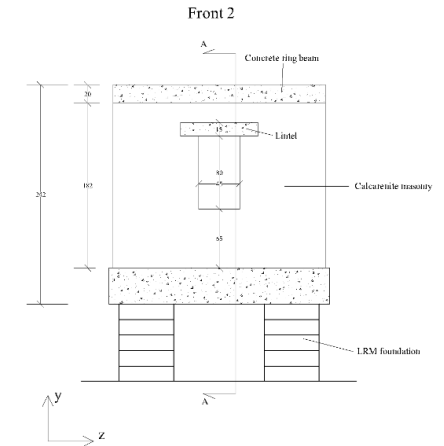
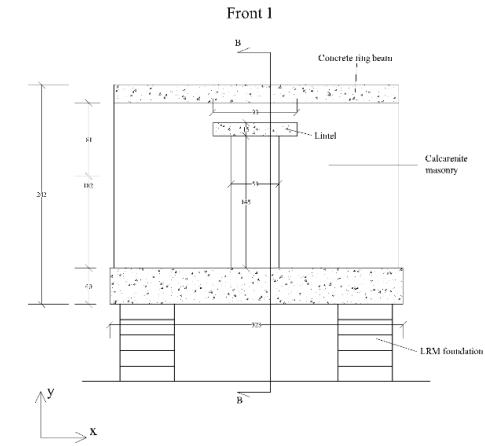
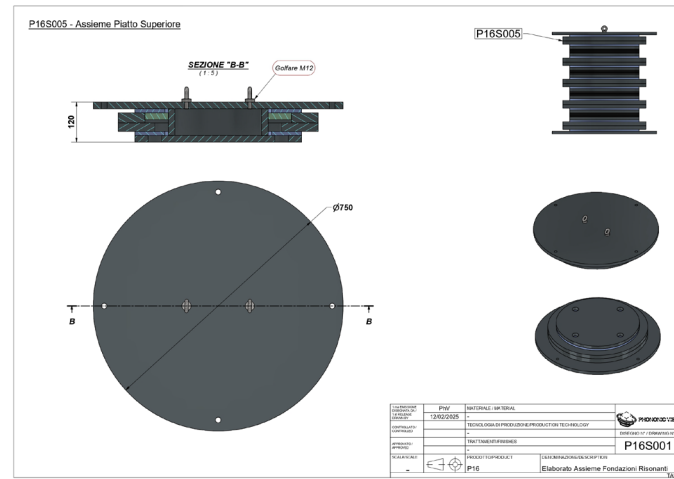
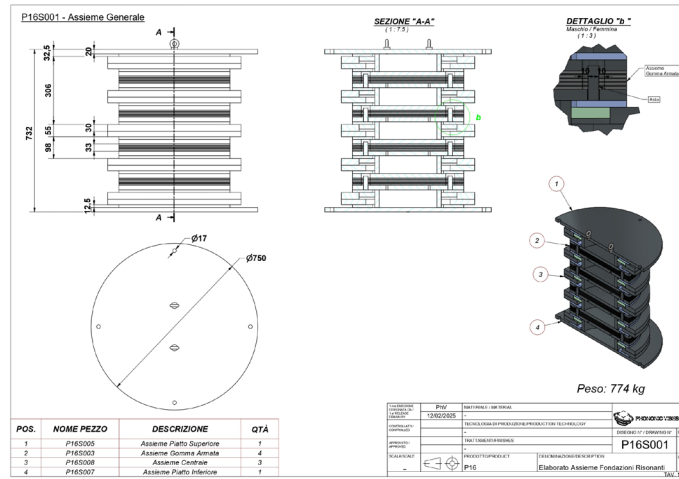
Palazzo Mesiani, Bova





# Azione 7: Isolamento alla base con fondazione multi-strato localmente risonante

- Progetto prototipo e validazione sperimentale

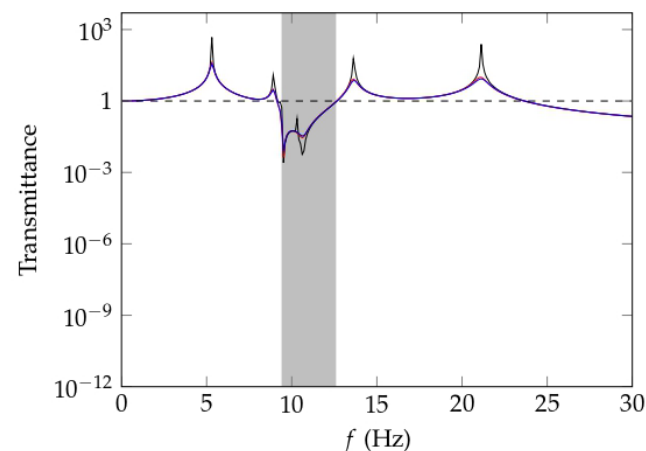
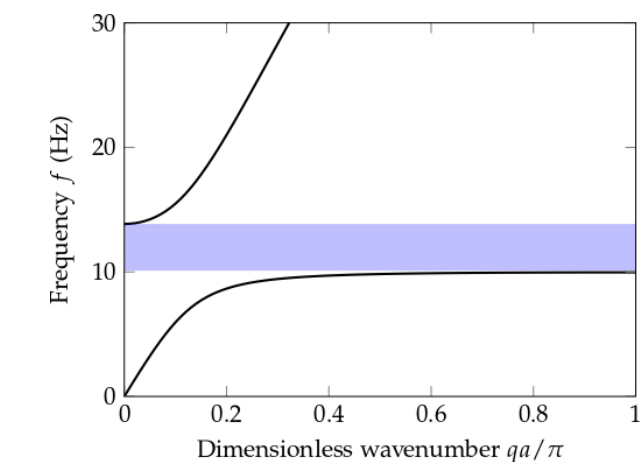


Prototipo edificio in muratura scala 2:3

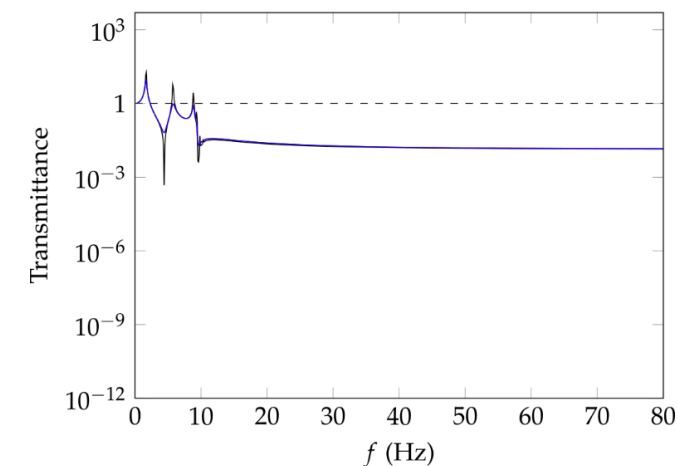
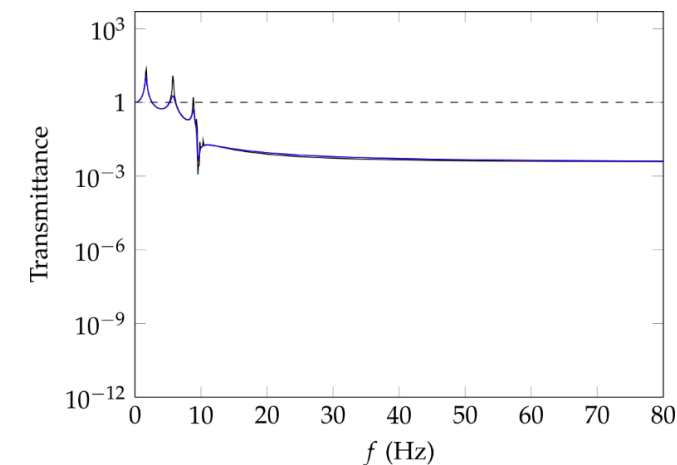
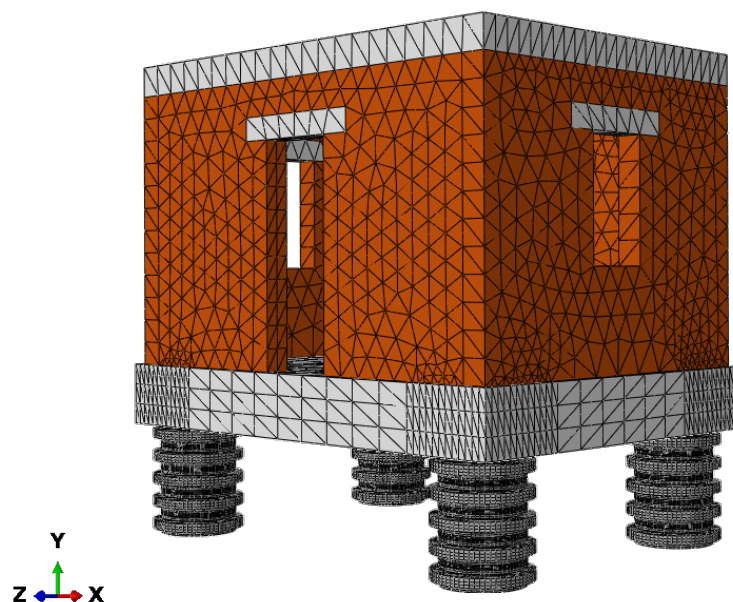


## Azione 7: Isolamento alla base con fondazione multi-strato localmente risonante

- Progetto prototipo e validazione sperimentale



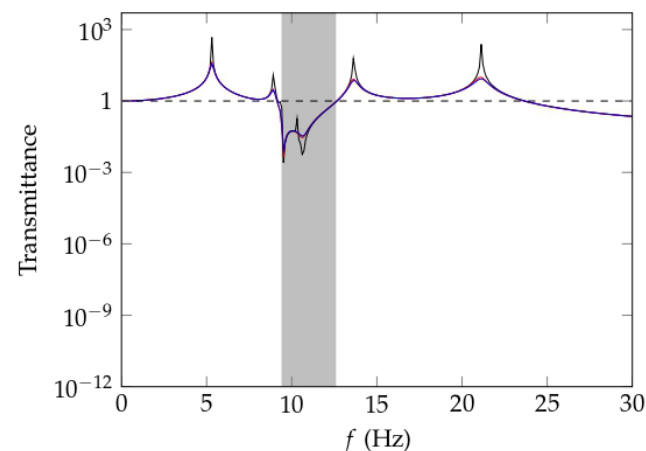
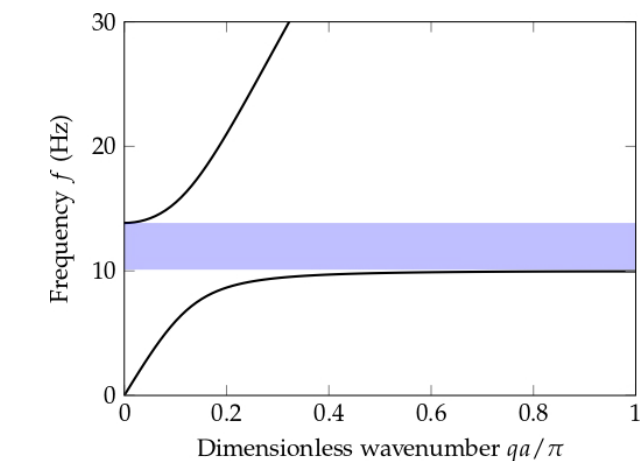
— No damping — Damping factor 10 % — Damping factor 15 %



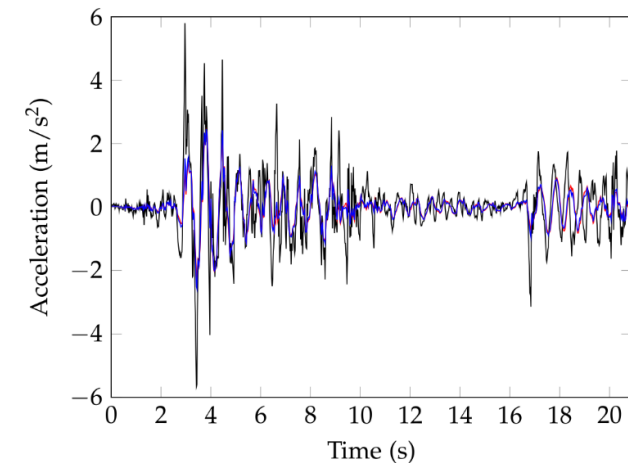
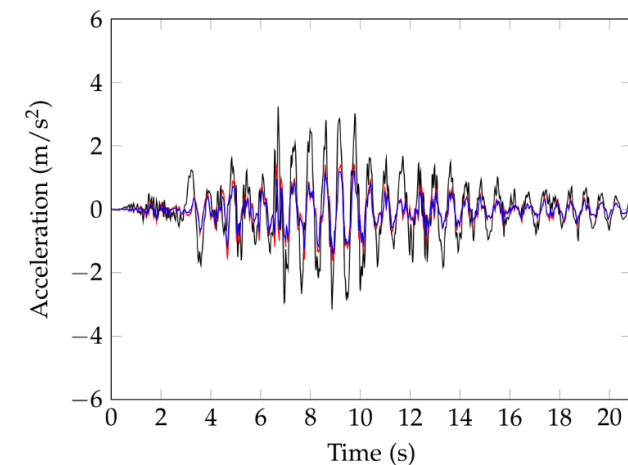
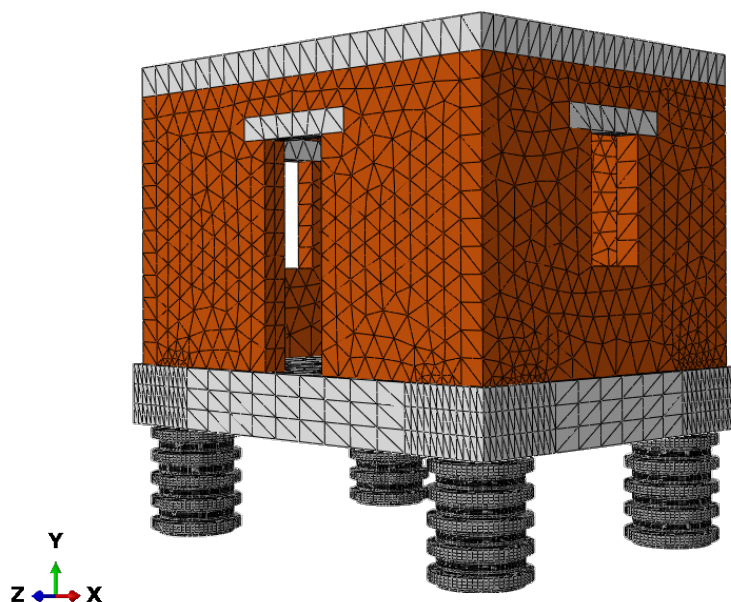
— No damping  
— Damping factor 10 %  
— Damping factor 15 %

## Azione 7: Isolamento alla base con fondazione multi-strato localmente risonante

- Progetto prototipo e validazione sperimentale



— No damping — Damping factor 10 % — Damping factor 15 %

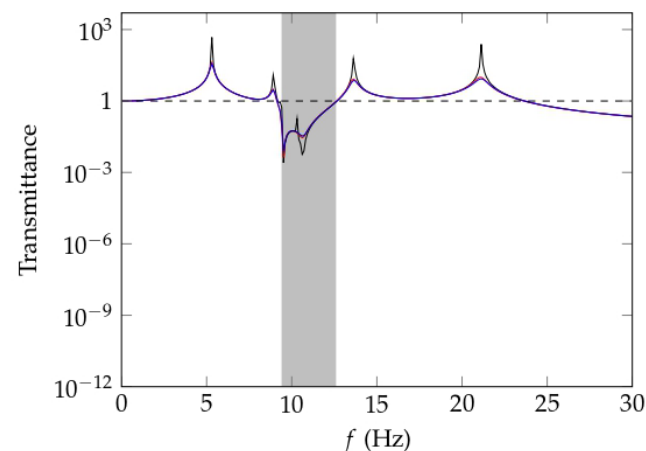
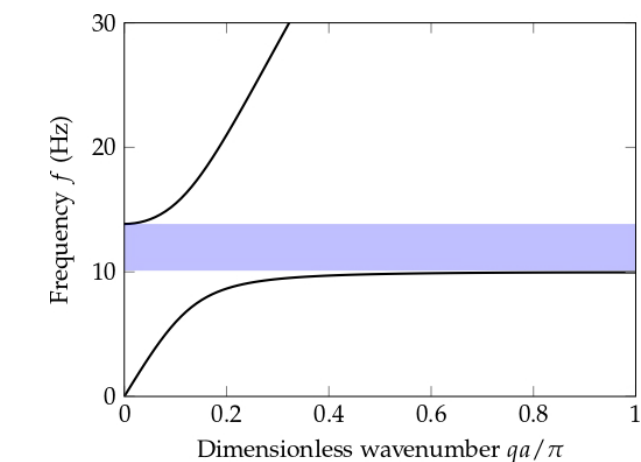


— Without MF  
— With MF: damping factor 10 %  
— With MF: damping factor 15 %

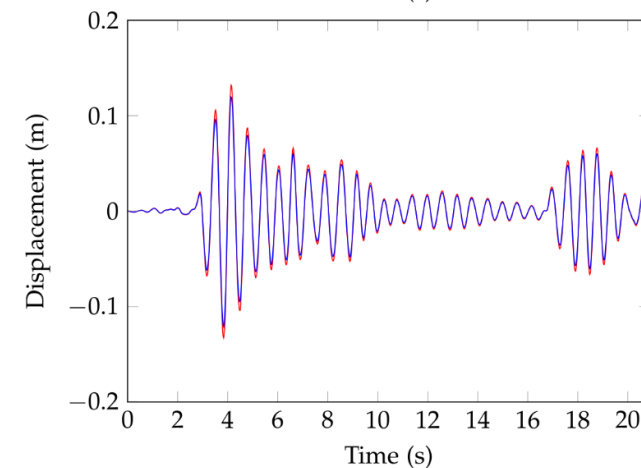
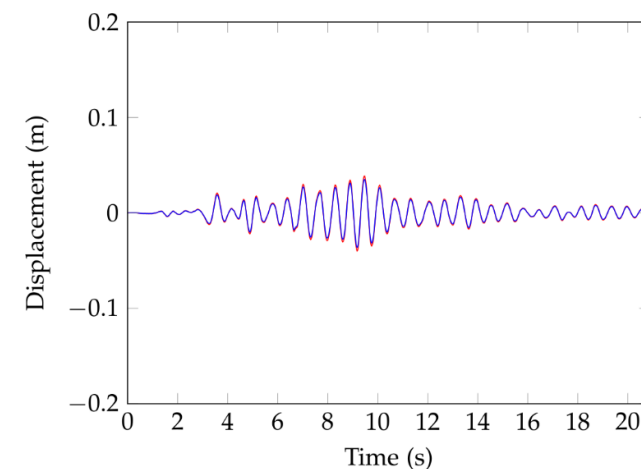
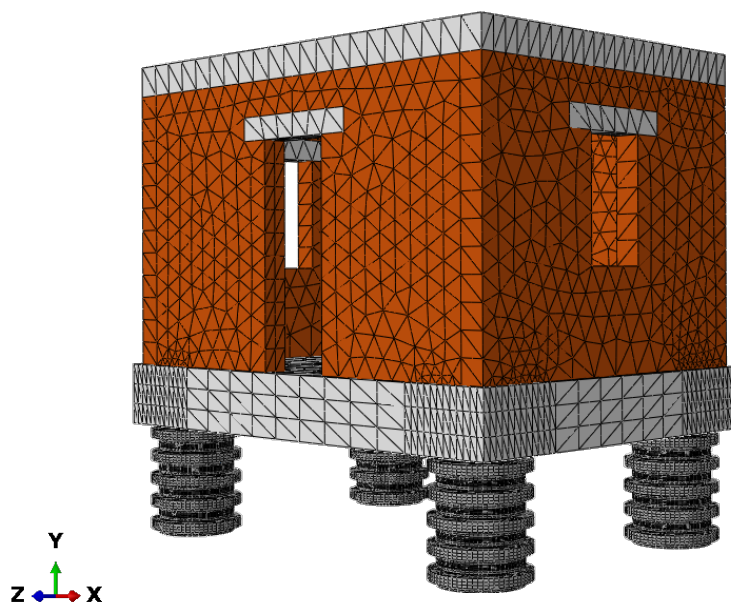
Accelerazione assoluta sommità struttura: Tabas 1978 (sopra), Cape Mendocino 1992 (sotto).

## Azione 7: Isolamento alla base con fondazione multi-strato localmente risonante

- Progetto prototipo e validazione sperimentale



— No damping — Damping factor 10 % — Damping factor 15 %



— With MF: damping factor 10 %  
— With MF: damping factor 15 %

Spostamento relativo base struttura: Tabas 1978 (sopra), Cape Mendocino 1992 (sotto).

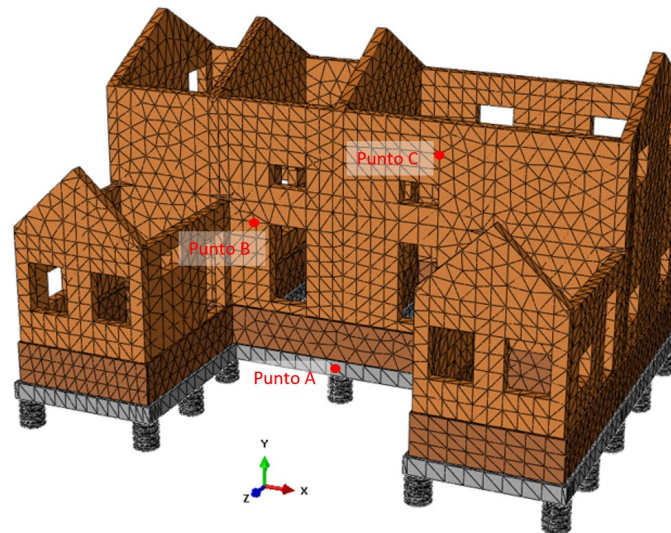


## Azione 7: Isolamento alla base con fondazione multi-strato localmente risonante

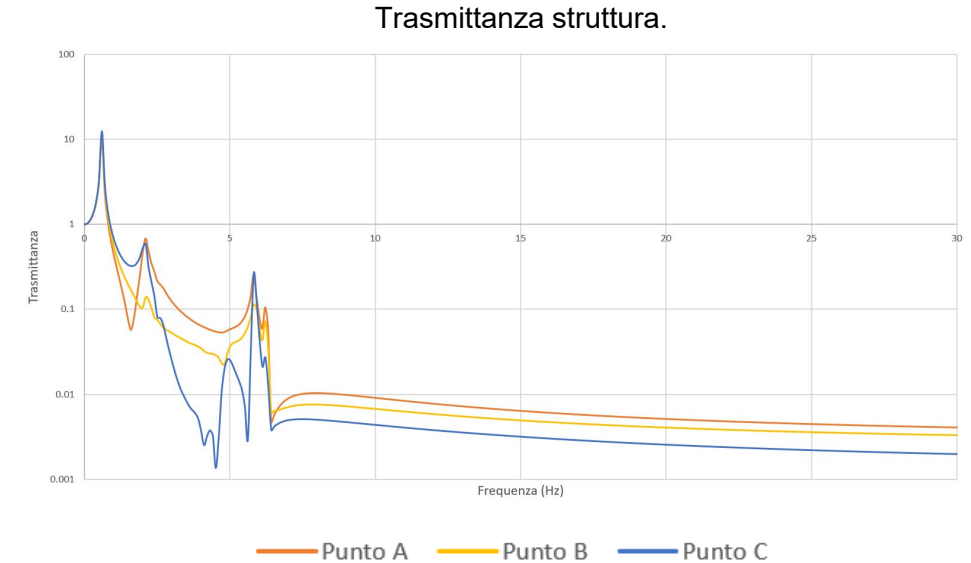
- Simulazione su edificio esistente



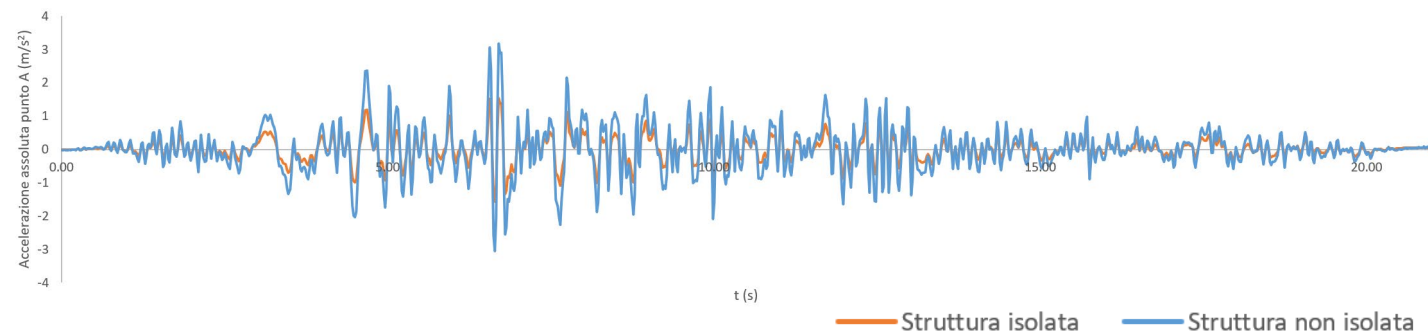
Frantoio Nesci



Modello ABAQUS



Accelerogramma Tabas, Iran (1978)



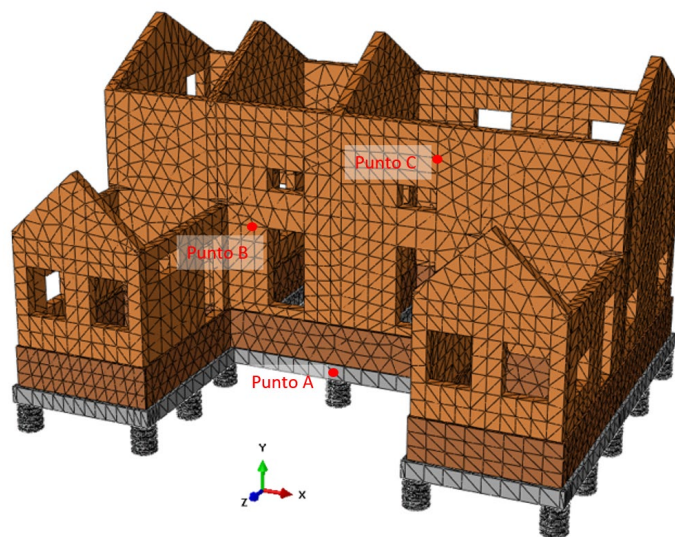


## Azione 7: Isolamento alla base con fondazione multi-strato localmente risonante

- Simulazione su edificio esistente

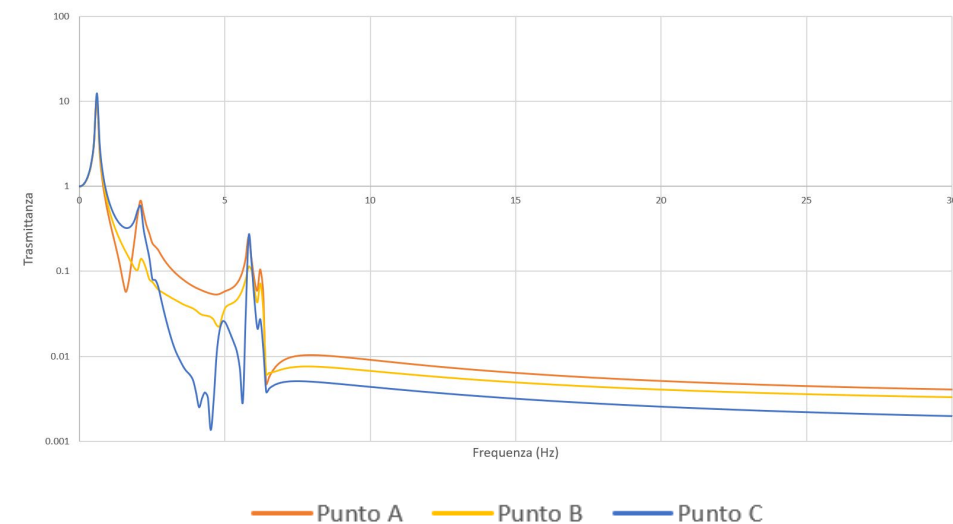


Frantoio Nesci

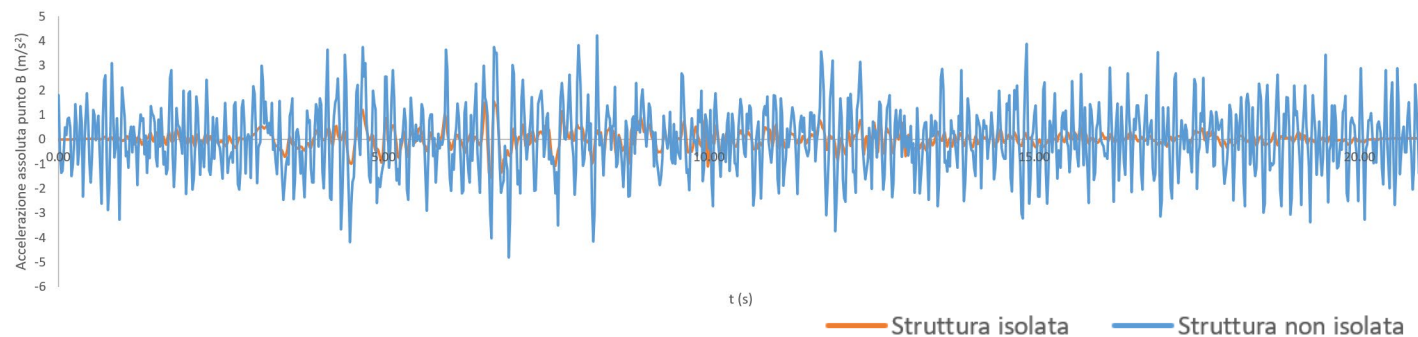


Modello ABAQUS

Trasmittanza struttura.



Accelerogramma Tabas, Iran (1978)

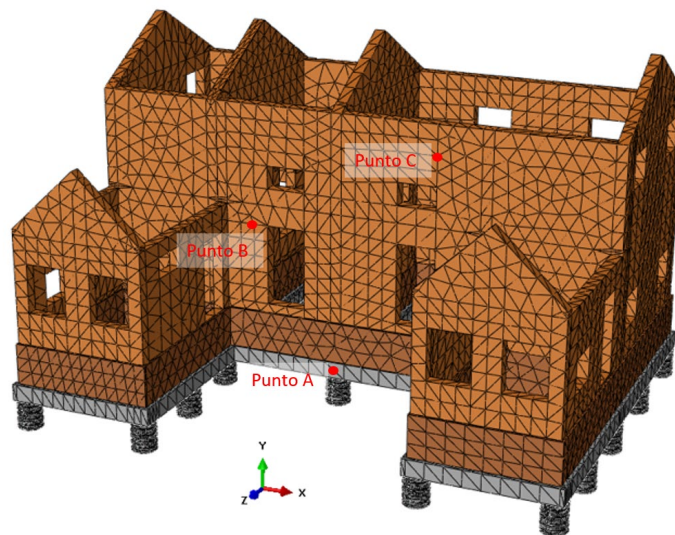


## Azione 7: Isolamento alla base con fondazione multi-strato localmente risonante

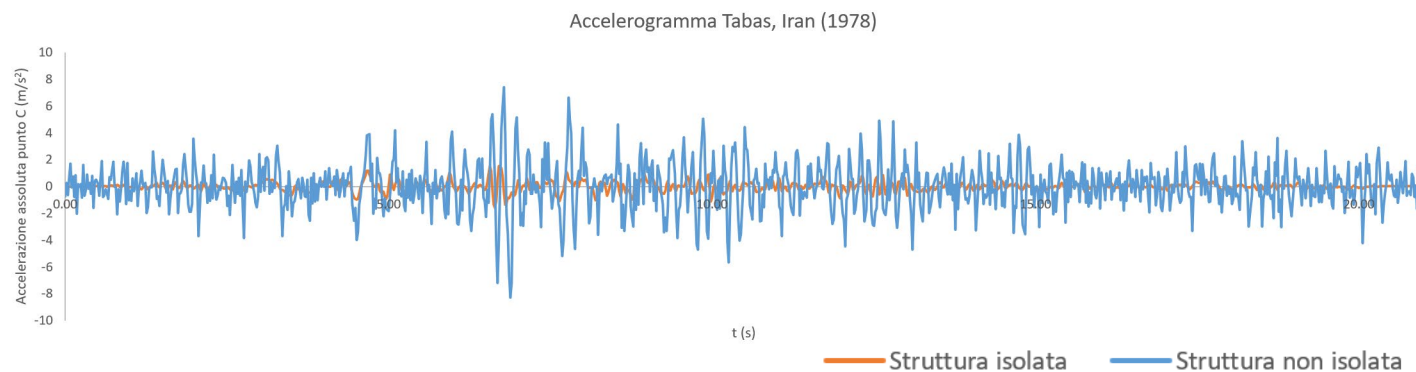
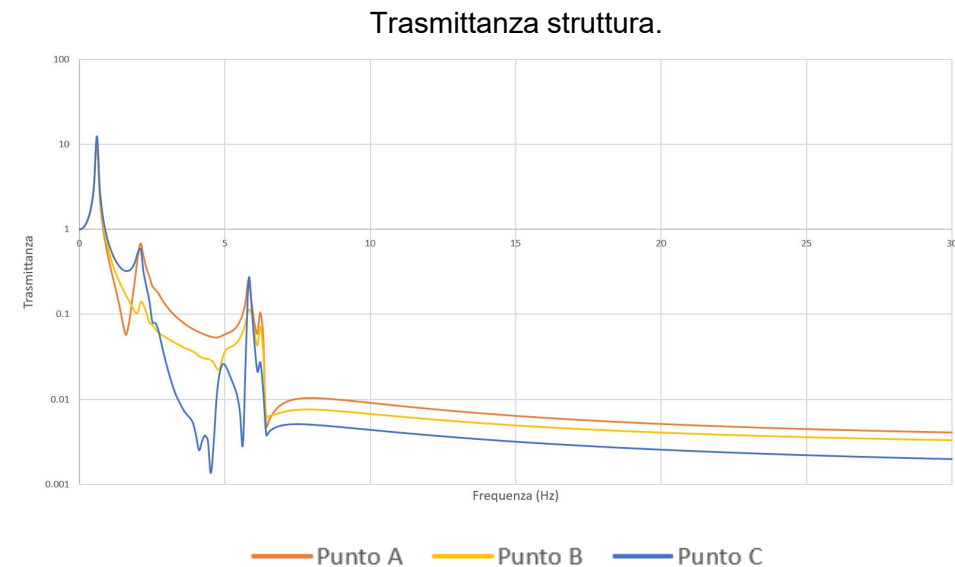
- Simulazione su edificio esistente



Frantoio Nesci



Modello ABAQUS





## Azione 7: Isolamento alla base con fondazione multi-strato localmente risonante

SEZIONE 2 – AREA DELLE INFORMAZIONI							SEZIONE 2
Area delle Informazioni (Sicurezza strutturale, ambientale e climate change)							Area dei contenuti (Misure e interventi)
Codice	Applicazione (Caso di studio / Tipo di rischio)	Tipo di informazione	Descrizione breve	Formato file	Interazione / Visualizzazione	Interoperabilità	
A1.1	Analisi sperimentale di edificio in muratura con fondazione multi-strato localmente risonante / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Testi descrittivi	Design e realizzazione di prototipo di fondazione multi-strato localmente risonante	Markdown (.md) / HTML (.html) / PDF/A	Pagina web suddivisa in capitoli espandibili; anchor link e tooltip per note esplicative	Link ipertestuali a servizi esterni	Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni - .pdf, .jpg, .png
A1.2	Analisi sperimentale di edificio in muratura con fondazione multi-strato localmente risonante / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Dati numerici	Indicatori di prestazione e metriche (es. modelli, simulazioni), sotto forma di grafici e tabelle	CSV / XLSX / PDF	Tabelle interattive e grafici filtrati per tipologia di dati rappresentati	Connessione a database relazionale (es. PostgreSQL/PostGIS)	Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg, .png
A1.3	Analisi sperimentale di edificio in muratura con fondazione multi-strato localmente risonante / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Grafici e infografiche	Grafici e mappe semplificate (es. mappe di sforzo, mappe di deformazione)	SVG (vettoriale) / PDF/ PNG / JPEG	Embed SVG responsivo (zoom/hover tooltip), slideshow di immagini, filtri per tipologia di diagramma		Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg, .png
A1.4	Analisi sperimentale di edificio in muratura con fondazione multi-strato localmente risonante / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Immagini fotografiche	Disegni tecnici di prototipo di fondazione multi-strato localmente risonante	JPEG/PNG (min 300 dpi)	Galleria cliccabile con lightbox		Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg, .png
A2.1	Analisi sperimentale di edificio in muratura con fondazione multi-strato localmente risonante / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Riferimenti bibliografici	Elenco completo di studi, articoli e report utilizzati: titolo, autori, anno, DOI, abstract sintetico.	BibTeX (.bib) / RIS	Lista ordinabile per autore/anno, esportazione in EndNote/RefWorks, pop-up con abstract e link diretto al PDF originale	Linked Data (schema.org), DOI resolver, SPARQL endpoint per query semantiche sulle fonti	
A2.2	Analisi sperimentale di edificio in muratura con fondazione multi-strato localmente risonante / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Link e risorse esterne	URL a dataset, portali istituzionali e repository (es. IPCC, Climate Data Store, OpenStreetMap).	CSV (link list) / JSON (link objects)	Elenco cliccabile con anteprima (favicon + breve descrizione), badge di accessibilità API	API RESTful, autenticazione OAuth2 se necessaria, descrizione Swagger/OpenAPI per ciascun endpoint	

## Azione 7: Isolamento alla base con fondazione multi-strato localmente risonante

SEZIONE 2 – AREA DELLE INFORMAZIONI							SEZIONE 2
Area delle Informazioni (Sicurezza strutturale, ambientale e climate change)							Area dei contenuti (Misure e interventi)
Codice	Applicazione (Caso di studio / Tipo di rischio)	Tipo di informazione	Descrizione breve	Formato file	Interazione / Visualizzazione	Interoperabilità	
A1.1	Palazzo Mesiani con fondazione multi-strato localmente risonante / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Testi descrittivi	Introduzione su rischio sismico e sistemi di isolamento sismico Design di fondazione multi-strato localmente risonante	Markdown (.md) / HTML (.html) / PDF/A	Pagina web suddivisa in capitoli espandibili; anchor link e tooltip per note esplicative	Link ipertestuali a servizi esterni	Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg, .png
A1.2	Palazzo Mesiani con fondazione multi-strato localmente risonante / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Dati numerici	Indicatori di prestazione e metriche (es. modelli, simulazioni), sotto forma di grafici e tabelle	CSV / XLSX / PDF	Tabelle interattive e grafici filtrati per tipologia di dati rappresentati	Connessione a database relazionale (es. PostgreSQL/PostGIS)	Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg, .png
A1.3	Palazzo Mesiani con fondazione multi-strato localmente risonante / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Grafici e infografiche	Grafici e mappe semplificate (es. mappe di sforzo, mappe di deformazione)	SVG (vettoriale) / PDF/ PNG / JPEG	Embed SVG responsivo (zoom/hover tooltip), slideshow di immagini, filtri per tipologia di diagramma		Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg, .png
A1.4	Palazzo Mesiani con fondazione multi-strato localmente risonante / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Immagini fotografiche	Documentazione fotografica stato attuale	JPEG/PNG (min 300 dpi)	Galleria cliccabile con lightbox		Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg, .png
A2.1	Palazzo Mesiani con fondazione multi-strato localmente risonante / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Riferimenti bibliografici	Elenco completo di studi, articoli e report utilizzati: titolo, autori, anno, DOI, abstract sintetico.	BibTeX (.bib) / RIS	Lista ordinabile per autore/anno, esportazione in EndNote/RefWorks, pop-up con abstract e link diretto al PDF originale	Linked Data (schema.org), DOI resolver, SPARQL endpoint per query semantiche sulle fonti	
A2.2	Palazzo Mesiani con fondazione multi-strato localmente risonante / Rischio sismico del patrimonio storico-monumentale	Link e risorse esterne	URL a dataset, portali istituzionali e repository (es. IPCC, Climate Data Store, OpenStreetMap).	CSV (link list) / JSON (link objects)	Elenco cliccabile con anteprima (favicon + breve descrizione), badge di accessibilità API	API RESTful, autenticazione OAuth2 se necessaria, descrizione Swagger/OpenAPI per ciascun endpoint	





## Action 8/9

*Atlas of predictive models and adaptive technologies on climate scenarios and reliability (technological and material) of the artifacts of historical heritage buildings, with studies and elaborations of advanced parametric design (resources -data-information)*

Responsible: Prof. C.Nava, **Prof. F.Giglio**

## Elaborazione di un indice di danno (Damage index) per la misurazione della vulnerabilità climatica dell'entità materiale del Cultural Heritage

Il **Damage index** è funzione di tre macrofattori:

- **F<sub>mat</sub>** Proprietà dei materiali (di edifici e strutture)
- **F<sub>env</sub>** Condizioni ambientali
- **F<sub>ext</sub>** Driver esterni

$$\text{Damage Index} = f(F_{env}; F_{mat}; F_{ext})$$

Il calcolo del Damage Index integra condizioni ambientali (F<sub>env</sub>), risultati sperimentali sulle proprietà dei materiali (F<sub>mat</sub>) e Driver esterni (F<sub>ext</sub>).

L'Indice di Danno è calcolato attraverso la **normalizzazione dei dati sperimentali e la loro ponderazione mediante AHP** (Analytic Hierarchy Process), con un punteggio su scala 0-3 (rischio basso-alto).



**Il valore di 0,67 del Damage Index per Bova** potrebbe aumentare nei prossimi decenni a causa di:

- **Aumento delle temperature estive:** microfessure nei materiali
- **Riduzione delle piogge e aumento dell'umidità relativa:** stress idrico nei materiali porosi
- **Eventi estremi più frequenti** (ondate di calore, piogge intense, venti forti): accelerazione del degrado strutturale

### CLIMATE VULNERABILITY INDEX

CODE	Damage Index = f(Environmental conditions, Material properties, External drivers)	
	Indicators	Ranking criteria
<b>F<sub>env</sub></b>	<b>Environmental conditions</b>	
<b>I1</b>	Extreme temperatures, heat waves, and droughts	the frequency and intensity of thermal extremes and heat waves (and precipitation) are expected to be affected by the increase in global surface temperature, resulting in an increased likelihood of storms or heavy rains
<b>I2</b>	Extreme rainfall, storms and floods	represent a serious multi-level threat with direct and indirect impacts, periodic reappearance, and complicated socio-economic impacts [21]. Possible overloads of structures represent the risks of extreme precipitation, the accumulation of pollutants, penetration into the urban fabric, the crystallization
<b>I3</b>	Severe wind	the surfaces of the built CH undergo erosive/abrasive effects because the wind is often accompanied by rain, salt, and sand. A further effect is the chemical changes due to moisture penetrating the porous surfaces
<b>I4</b>	Sea level rise and wave action	landscapes and buildings may be subject to erosion caused by prolonged contact with water, along with salt intrusion and physical and mechanical impacts from waves. Therefore, CH sites located in coastal areas are at risk of this phenomenon and subsequent coastal flooding, with the possibility of interacting with other events, such as storms
<b>F<sub>mat</sub></b>	<b>Material properties</b>	
<b>I5</b>	Deterioration of surface	Monitoring the relative intensity of diffraction of principal phase /composition/ porosity
<b>I6</b>	Efflorescence index	Intensity of crystallized salt
<b>I7</b>	Carbonation index	Identification of carbonation product
<b>I8</b>	Corrosion index	Determination of corrosion product
<b>F<sub>ext</sub></b>	<b>External drivers</b>	
<b>I9</b>	Geological-Related Hazards	Earthquakes, landslides, volcanic eruption
<b>I10</b>	Biological-Related Hazard	Specific metabolic activity related to living organisms (warm or humid climates)
<b>I11</b>	Human-Induced Hazards	Excessive land use due to urban growth and pollution

Tabella Excel per fattori ambientali, materiali ed esterni, indicatori e criteri di classificazione

<b>Damage INDEX</b>	<b>0,67</b>		
		<b>SCORE</b>	
	-	0-0,6	Very low
<b>Low</b>		0,6-1,2	Low
-		1,2-1,8	Medium
-		1,8-2,4	High
-		2,4-3	Very high

Elaborazione Damage index sulla base del foglio di calcolo predisposto

## Fenv : Metodologia di calcolo

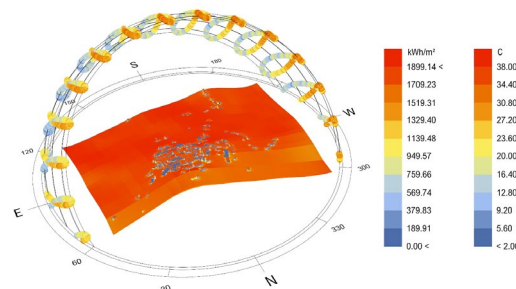
1. Identificazione degli indicatori macro-ambientali: temperature estreme, piogge intense, venti forti, innalzamento del livello del mare.
2. Raccolta dati climatici da strumenti avanzati (es. *Rhinoceros*, *Grasshopper*, *Ladybug*) e fonti ufficiali (ARPACAL).
3. Analisi sperimentale e normalizzazione dei dati su scala 0–3 (basso–alto rischio).
4. Confronto con dati esterni e letteratura per la validazione.

### Indicatori chiave:

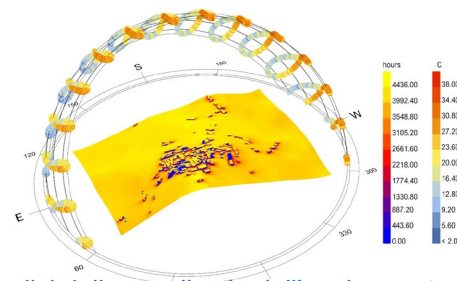
- Radiazione solare (max 1899 kWh/m<sup>2</sup> → **rischio alto: 2,3**)
- Esposizione solare annua
- Temperature >30°C per 5 mesi → **rischio medio: 1,8**
- Umidità >60% per 70% dell'anno → **rischio alto: 2,2**
- Piogge intense e alluvioni (frequenza annuale, rischio basso, 0,6).
- Venti forti (velocità e direzione prevalente, **rischio alto: 2.3**)



**L'elevata esposizione al sole, l'aumento delle temperature e l'umidità persistente contribuiscono al degrado.**



Analisi della radiazione dell'agglomerato urbano di Bova, con dati sui livelli di radiazione annua e sulle temperature medie dell'aria



Analisi delle ore di sole dell'agglomerato urbano di Bova, con dati sull'esposizione solare annuale in ore/anno

mesi	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	19.4	76.9	-	158.3	60.3	45.2	0.9	39.2	20	52.1	48.70
2	105.1	156.7	14.4	50.7	72.7	41.4	11.8	18.6	12	92	28.00
3	35.4	119.2	106.8	40	69.2	39	86.6	65.5	40	27.5	9.80
4	24.8	4.1	4.8	21.7	-	29	25.6	11.8	9.4	54.8	12.20
5	22.3	2.2	52.4	10.5	10.8	37.1	4.4	5	43.4	91.7	29.90
6	-	4.4	16.6	2.6	73.2	-	11.6	5.2	7.6	17.4	6.40
7	0.2	-	-	9.6	-	36.7	7	16.2	-	-	0.80
8	-	42.8	-	-	104.4	-	2.4	1	56.8	0.4	3.20
9	37.4	151.9	153.4	55.9	12.8	23.4	42.2	76.8	19	18.4	18.30
10	52.7	147.8	50.3	8	273.2	61.5	72.3	265	51.9	2.8	91.10
11	132.7	218.1	172	74.7	76.9	180.1	57.4	176.6	102.1	72.3	-
12	38.2	21.4	55	15.2	67.4	-	80	36.2	33.3	5.8	41.20
TOT	468.2	945.5	625.7	447.2	820.9	493.4	402.2	717.1	395.5	435.2	289.60

Dati pluviometrici di Bova degli ultimi dieci anni (2014-2024) rispetto al 2024, espressi in mm di pioggia.

Elaborazione dati arch. PhD's F. Armocida

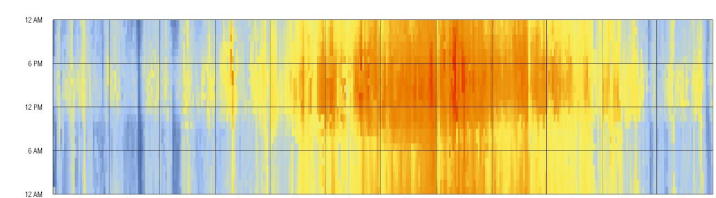


Grafico della temperatura di bulbo secco per il cluster urbano di Bova: l'asse delle ascisse rappresenta i mesi dell'anno e l'asse delle ordinate le ore, con ogni giorno dell'anno suddiviso e colorato in base ai livelli di temperatura.

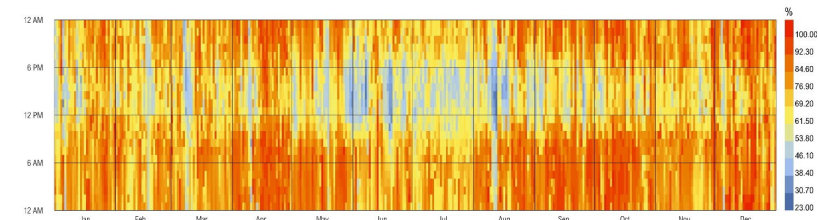
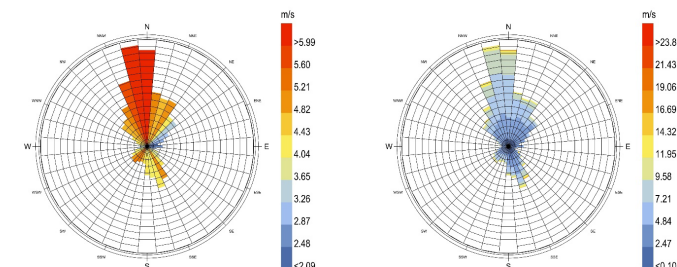


Grafico dell'umidità relativa del cluster urbano di Bova: l'asse x rappresenta i mesi dell'anno, l'asse y le ore, con la suddivisione giornaliera e i corrispondenti valori di umidità codificati a colori.



MEDIA DEGLI  
575.09 ULTIMI 10 ANNI

DECREMENTO  
PERCENTUALE  
RISPETTO AI  
PRECEDENTI DIECI  
49.64% ANNI

Analisi della Rosa dei Venti per il territorio di Bova, che mostra le direzioni e le intensità annuali dei venti prevalenti. A sinistra: intensità medie annuali per direzione; a destra: intensità massime registrate.



## Fext : Metodologia di calcolo

1. Consultazione di fonti scientifiche per definire indicatori trasferibili e adattabili
2. Normalizzazione dei dati su scala 0–3.

### Indicatori e punteggi normalizzati

#### Rischi Geologici

- Frequenza sismica → **Zona 1,  $ag > 0.25$  → Rischio molto alto (3)**
- Frane attive e quiescenti (PAI) → **Rischio alto (2.4)**
- Attività vulcanica → **Assente → Rischio molto basso (0)**

#### Rischi Biologici

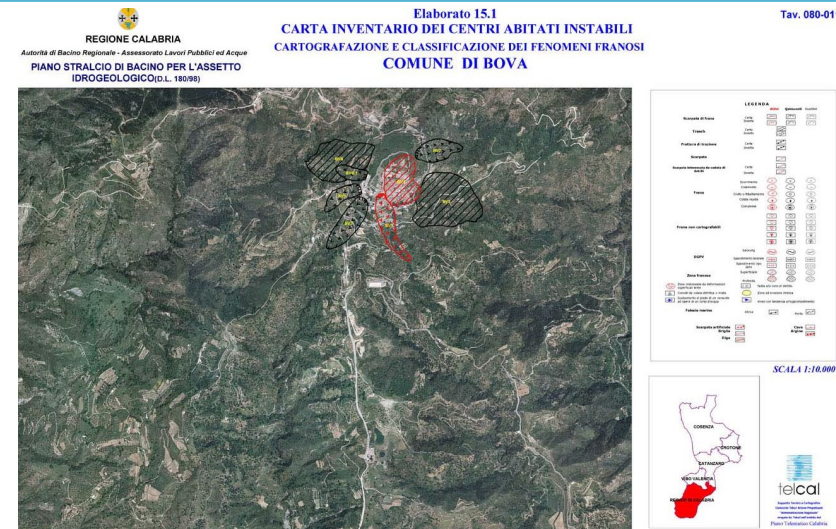
- Muffe / microrganismi → **Non rilevati → Rischio molto basso (0)**

#### Rischi Antropici

- Uso eccessivo del suolo → **Edificato moderato → Rischio medio (1.5)**
- Crescita urbana → **Assente → Rischio molto basso (0)**
- Zootecnia e concimi → **Assenti → Rischio molto basso (0)**
- Inquinamento industriale (Locri) → **Sotto limiti legali → Rischio molto basso (0)**
- Gestione rifiuti urbani → **Sistema moderno → Rischio basso (1.1)**



**L'elevato rischio sismico e l'erosione del suolo aggravano la vulnerabilità strutturale.**



Mappa di inventario dei centri abitati instabili, estratto PAI, Comune di Bova (Fonte: Regione Calabria, Piano di Assetto Idrogeologico, D.L. 190/98)

SCALA DI URBAN GROWTH			
	Stato	Tasso di crescita popolazione	Superficie edificata
1	Crescita Urbana Non Presente (Nessuna Crescita)	0% o molto basso	Nessun aumento significativo nell'ultimo decennio
2	Crescita Urbana Limitata (Crescita Minima)	Basso, <1% annuo	Incrementi contenuti (<5% in dieci anni)
3	Crescita Urbana Moderata (Crescita Moderata)	Moderato, 1-2% annuo	Aumento significativo ma gestito (5-15% in dieci anni)
4	Crescita Urbana Significativa (Crescita Alta)	Elevata, >2% annuo	Crescita rapida (>15% in dieci anni)
5	Crescita Urbana Esplosiva (Crescita Rapida e Non Controllata)	Molto elevata, >3% annuo	Espansione massiccia (>20% in dieci anni)

Fonti: EEA, 2019; ISTAT 2021; Munafò, 2023

Scala di crescita urbana (Fonte: Agenzia Europea dell'Ambiente, 2019; ISTAT, 2021; Munafò M., 2023)

Elaborazione dati arch. PhD's F. Armocida



## Fmat : Metodologia di calcolo

- Analisi sperimentali in situ: XRF per la composizione chimica; ImageJ per porosità ed erosione e in laboratorio SEM\_EDX
- Normalizzazione dei dati su scala 0–3 (basso–alto rischio).
- Indagini termografiche (attività in progress per validare modelli climatici e materiali)

## Indicatori più rilevanti e punteggi normalizzati

- **Composizione superficiale** → **alto: 2,4**
- **Carbonatazione** → **medio: 1,5**
- **Cristallinità superficiale** → **basso: 1**

**Indicatori secondari** (valore basso ma non nullo):

- Porosità (0,3)
- Efflorescenze (0,2)
- Erosione (0,2)

## Indicatori trascurabili

- Salinità superficiale, corrosione, metalli → 0



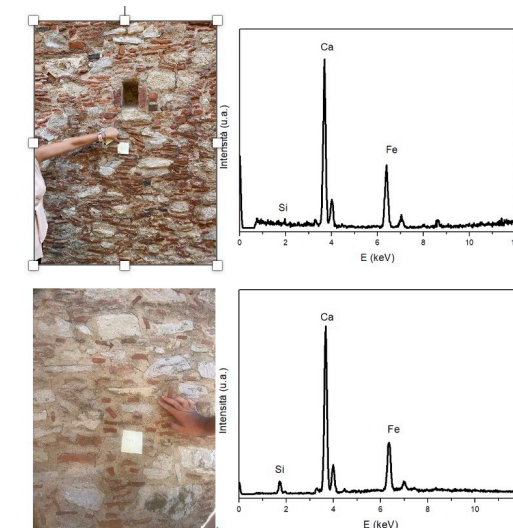
**Materiali rilevati (visivamente e con XRF):** pietra locale (calcarenite, arenaria), laterizi in argilla locale, malte calcaree e cemento nelle aree di restauro. Materiali vulnerabili (pietre calcaree e malte storiche) mostrano erosione superficiale e alterazioni chimiche e fisiche.



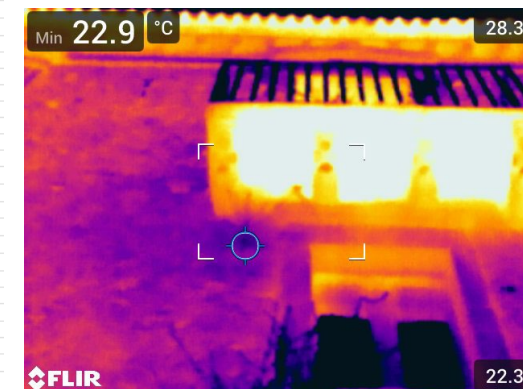
Applicazione della spettroscopia e analisi di campionamento

Fmat		Material properties		SCORE									
		0 0.3 0.6 1 1.2 1.5 1.8 2 2.4 2.7 3											
		very low		low		medium		high		very high			
I5	Deterioration of surface											I5	0
	Surface composition	n° of compounds		0-1		1-3		3-5		5-8		2.4	
	Surface erosion	% Erosion, pore depth		0-20%		20-40%		40-60%		60-80%		80-100%	
	Degree of surface porosity	% porosity		0-20%		20-40%		40-60%		60-80%		80-100%	
	XRD evaluation of cristallinity/loss	% of cristallinity		100-95		95-90		90-80		80-60		<60	
I6	Efflorescence index											I6	0.1
	Extension of efflorescence on surface	% Coverage		0-20%		20-40%		40-60%		60-80%		80-100%	
	XRF evaluation	Peak area ratio		0-0.2		0.2-0.4		0.4-0.6		0.6-0.8		0.8-1	
	Salts deposition	Quantification (wt%)		0-20%		20-40%		40-60%		60-80%		80-100%	
I7	Carbonation index											I7	1.5
	Carbonation test	% area of extension		0-20%		20-40%		40-60%		60-80%		80-100%	
I8	Corrosion index											I8	0.0
	Presence of metallic supports	% Metallic supports		0-20%		20-40%		40-60%		60-80%		80-100%	
	Corrosion evaluation	% Corrosion		0-20%		20-40%		40-60%		60-80%		80-100%	

Analisi degli indicatori e dei sotto-indicatori con relativo punteggio



Campioni rappresentativi della struttura e corrispondenti spettri XRF mediati

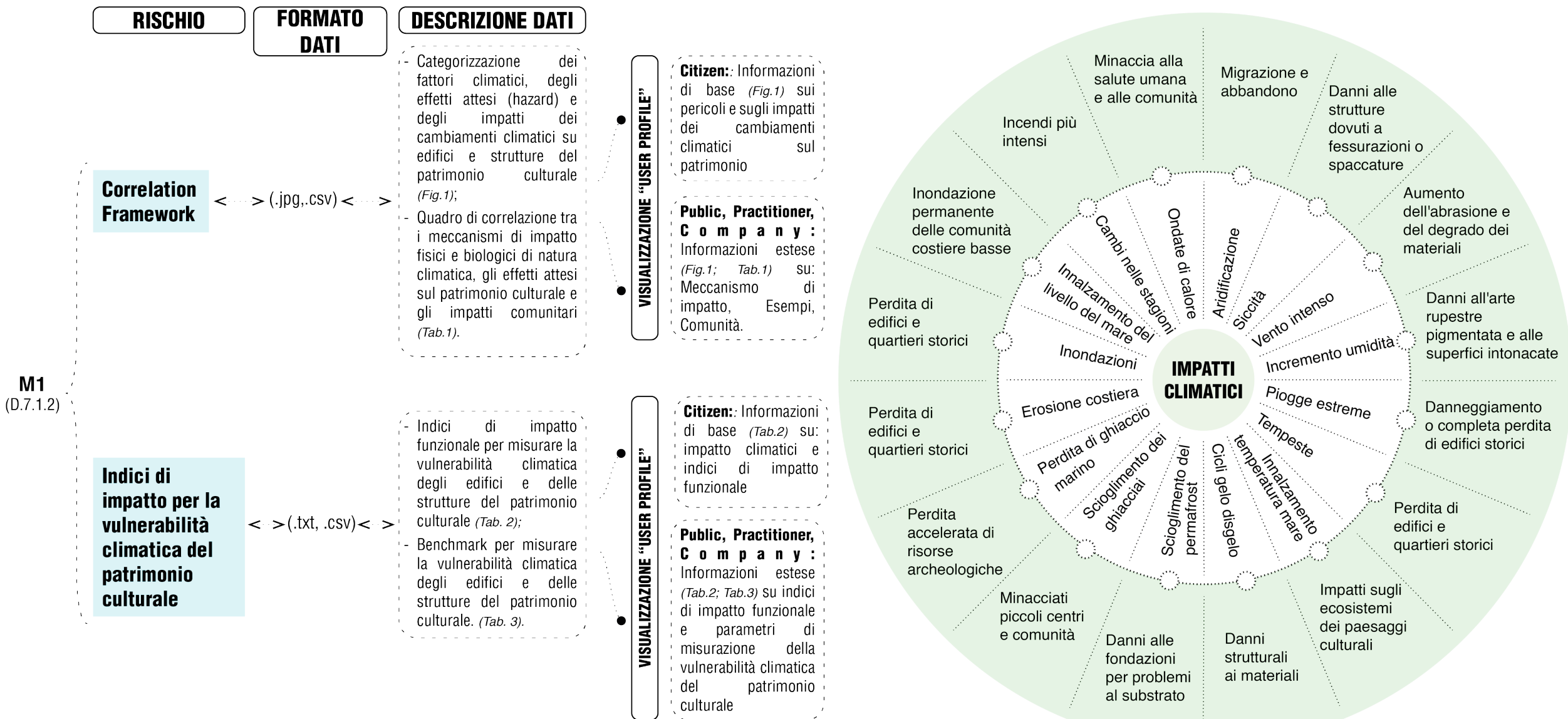


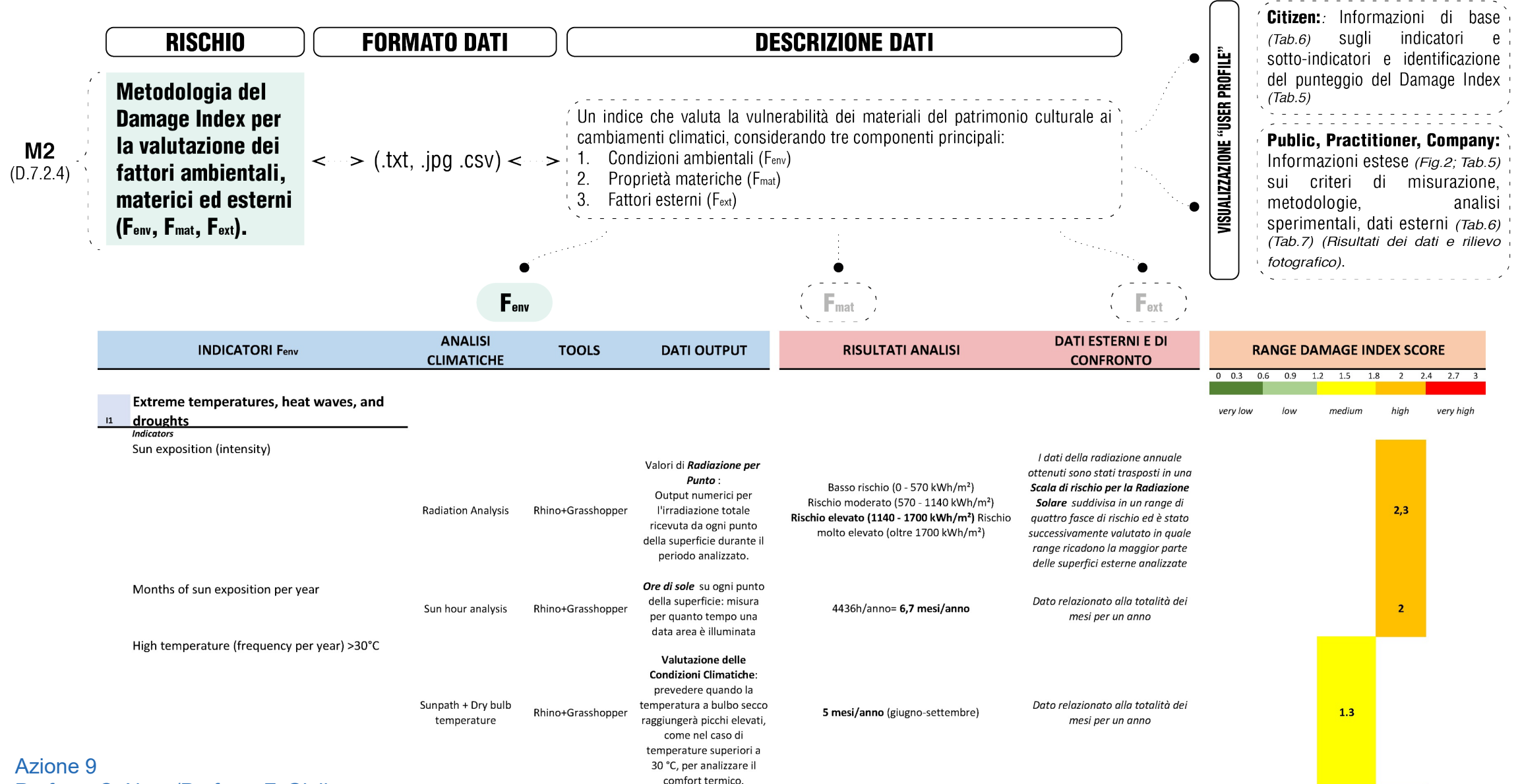
Attività in progress su indagini termografiche su Palazzo Mesiani

Elaborazione dati sperimentali prof. P. Frontera con Ing. RtdB A. Malara. Elaborazioni indagini termografiche arch. PhD's F. Armocida

Azione 9

Prof.ssa C. Nava/Prof.ssa F. Giglio







## Action 9

*Atlas of predictive models and adaptive technologies on climate scenarios and reliability (technological and material) of the artifacts of historical heritage buildings, with studies and elaborations of advanced parametric design (resources -data-information)*

Responsible: **Prof. C.Nava**

**Activity 2 D7.2.4, Activity 3 D7.2.5**



Overview of the methodological framework underpinning this research, structured into two interrelated phases: the **Analytical Phase** ( using Advanced Predictive Digital Design tools) and the **Experimental Phase** (exploring digital and physical prototyping ). This dual structure enables a dynamic integration of theoretical insights and empirical validation to address **climate-related challenges** in the context of **urban regeneration**.

### Act. 1

Transfer of Data to Open Platform. Data collected from simulations, including flow and erosion information, has been prepared for transfer to the open digital platform for wider use

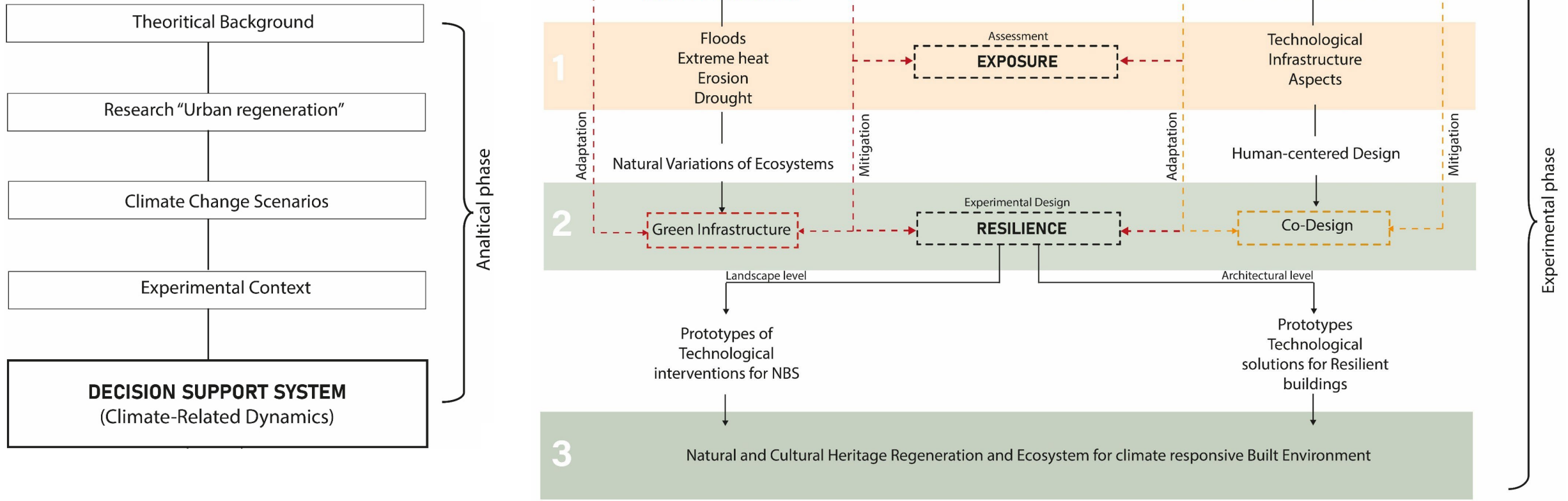
### Act. 2

Data Collection and Simulation Setup: Climatic and environmental data for both Palizzi Marina and Bova, the two key case studies.

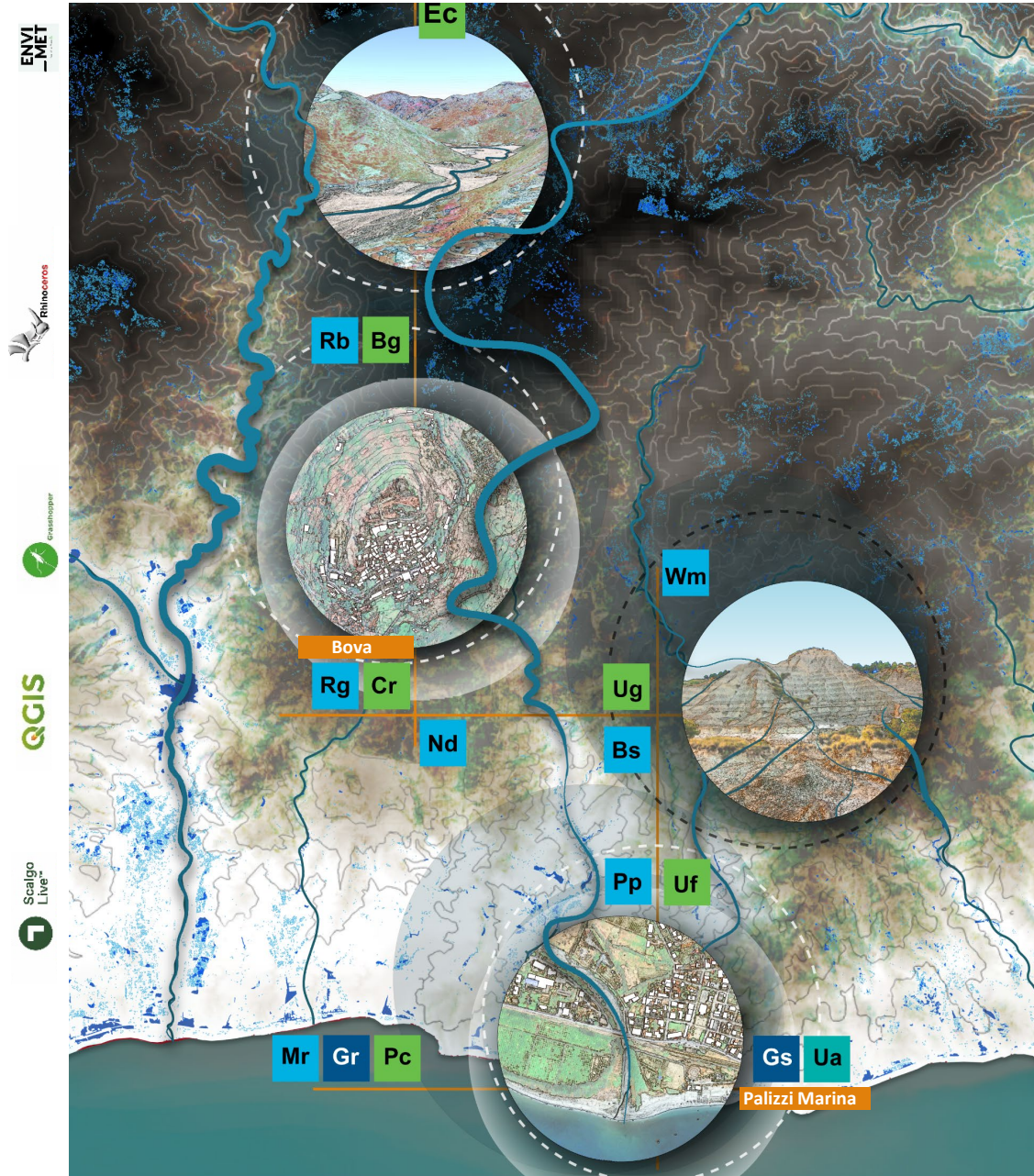
### Act. 3

Prototype development: models and information

## Workflow of the research study:







REPRESENTATIVE MAP OF NATURAL ECOSYSTEM  
FROM INLAND TO COASTAL SETTLEMENT,  
FOLLOWING WATER RESOURCES AND WATER  
ACCUMULATION MAP, WITH NBS STRATEGIES  
IMPLEMENTATION.

PERIODIC TABLE OF **NATURE-BASED SOLUTIONS**  
STRATEGIES.

<b>Ug</b> Urban Green Spaces	<b>Uf</b> Urban Forests	<b>Pp</b> Permeable Pavements	<b>Mr</b> Mangrove & Wetland Restoration
<b>Ec</b> Eco-corridors & Wildlife	<b>Cr</b> Community Reforestation	<b>Rg</b> Rain Gardens	<b>Nd</b> Nature-Based Drainage
<b>Pc</b> Pocket Parks	<b>Bg</b> Biodiverse Greenways	<b>Rb</b> Riverside Buffers	<b>Wm</b> Watershed Management
<b>Gr</b> Green Roofs & Walls	<b>Gs</b> Green Streets	<b>Ua</b> Urban Agriculture	<b>Bs</b> Bioswales

**COLOR  
LEGEND**

- Green & Public Spaces
- Built Environment Solutions
- Water & Coastal Resilience
- Productive Urban Landscapes

Source of the Periodic table: UN-Habitat

Map Elaboration: A.Hanida, ABITAlab



# Digital and physical models illustrating the effects of climate change on cultural and natural heritage in the coastal area.

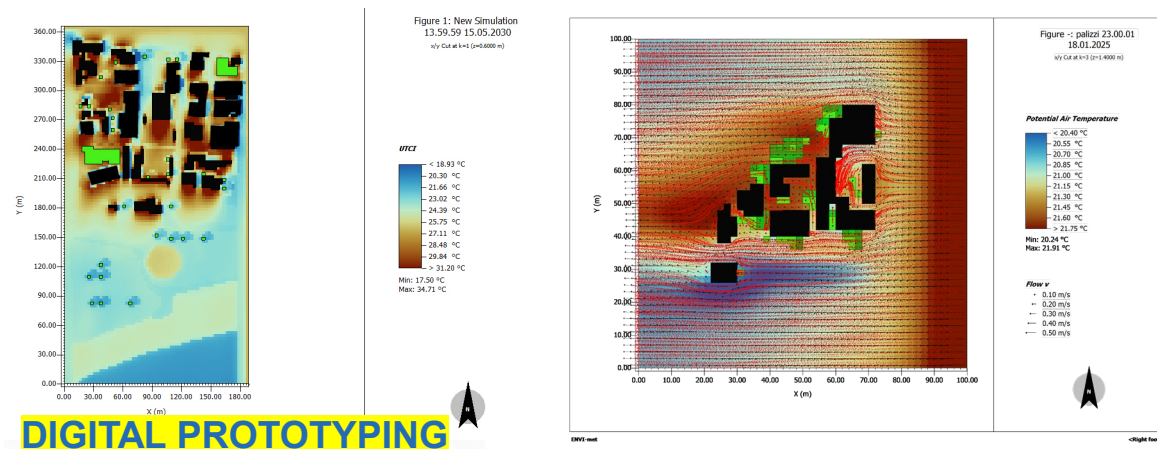
**Act. 1** Transfer of Data to Open Platform. Data collected from simulations, including flow and erosion information, has been prepared for transfer to the open digital platform for wider use

**Digital and Physical Modeling:** Detailed terrain models for Palizzi Marina were developed. These models were used for visualizing environmental phenomena like sun studies, radiation, wind pressure, runoff etc.

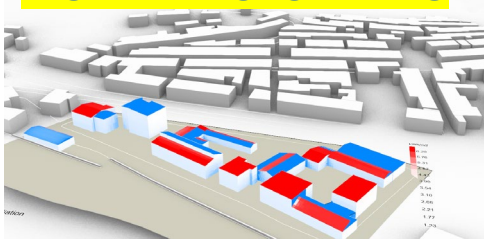
Type of risk: **Climate change impacts; failure to anticipate the severity of environmental changes.**

**Act. 2** Data Collection and Simulation Setup: Climatic and environmental data for Bova and Palizzi Marina, **Development of Simulation Models:** Predictive models using **advanced computational tools** were used for **digital prototypes** and **physical models** for future testing of the performance of innovative materials under these predictive scenarios have been developed.

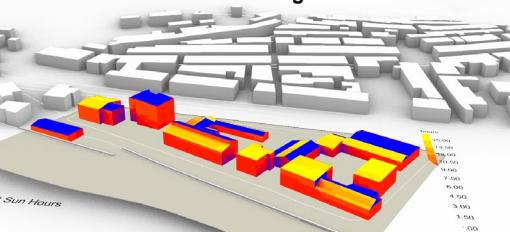
**Act. 3** **Prototype development:** models and information data will need to be integrated into the Digital Atlas



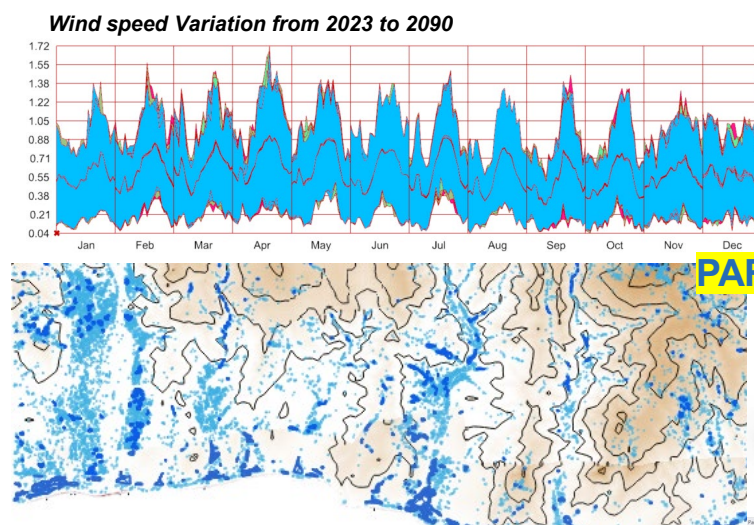
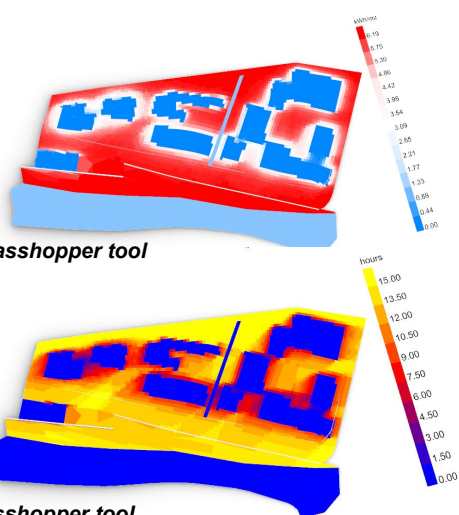
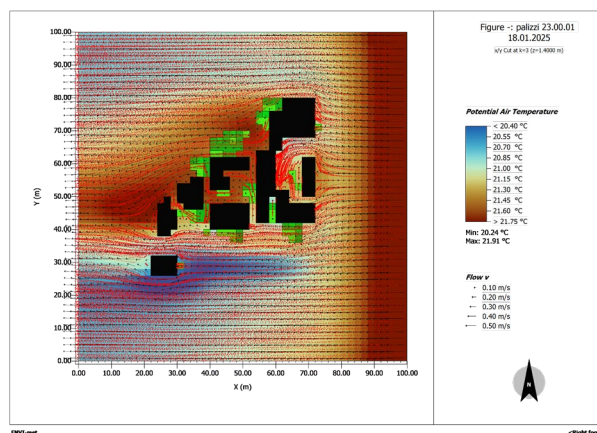
## DIGITAL PROTOTYPING



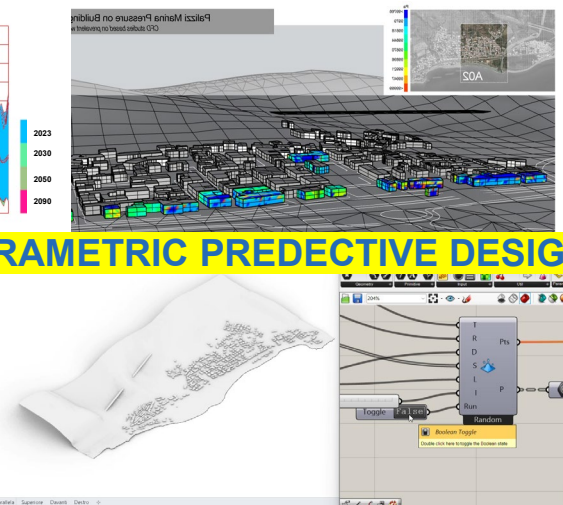
Incident Radiation on buildings and on terrain - Rhino and Grasshopper tool



Direct sun hours on buildings and on terrain - Rhino and Grasshopper tool



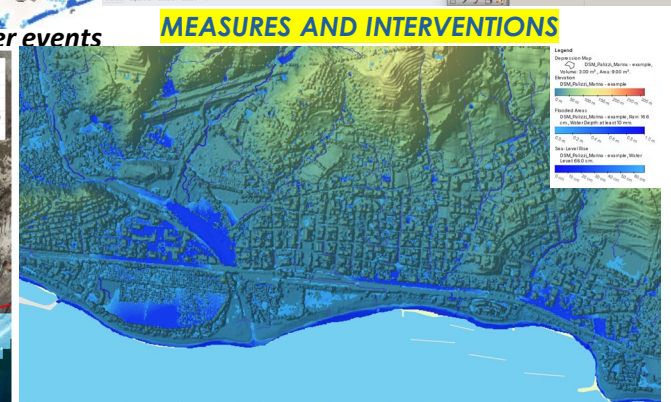
## PARAMETRIC PREDECTIVE DESIGN



Type of risk: **Increased erosion due to extreme weather events**



Determination of Vulnerable zones: Water Accumulation map and Sea Level Rise of 2080 in Palizzi Marina



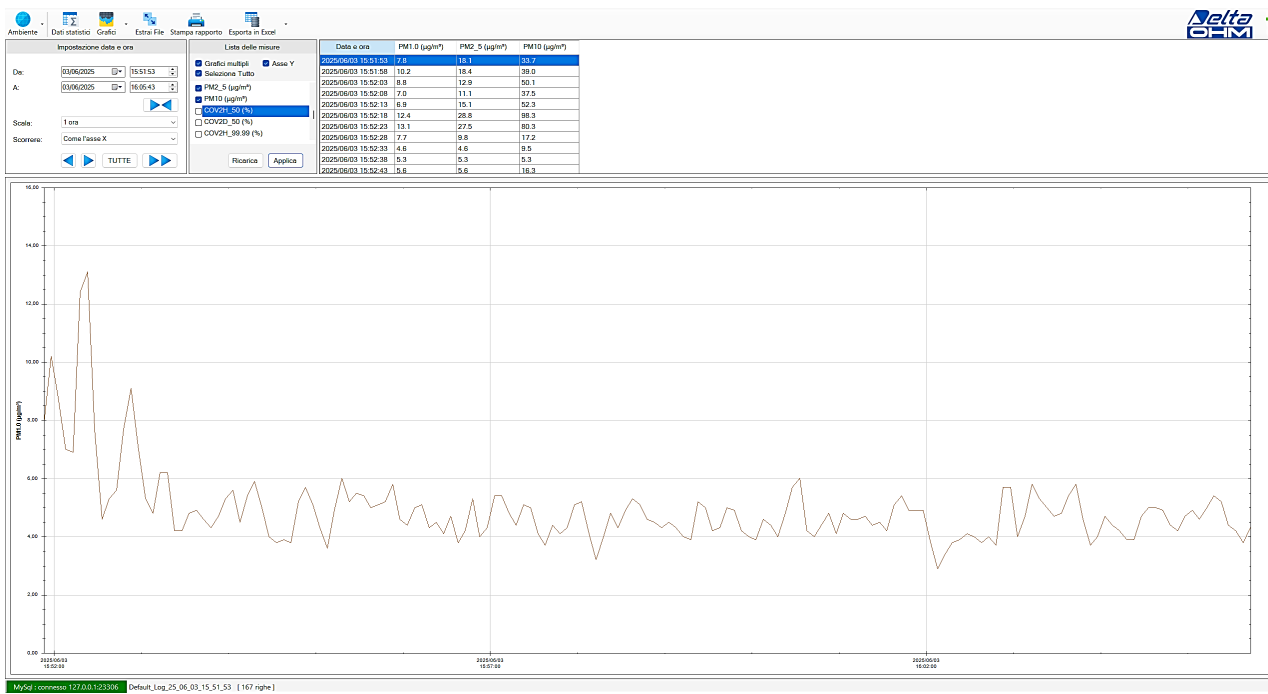
## MEASURES AND INTERVENTIONS



## Attività di monitoraggio ambientale in situ – Palizzi Marina e Bova | 3/06/2025

### STAZIONE HD32.3TC CON SENSORE POLVERI PM1.0, PM2.5, PM10

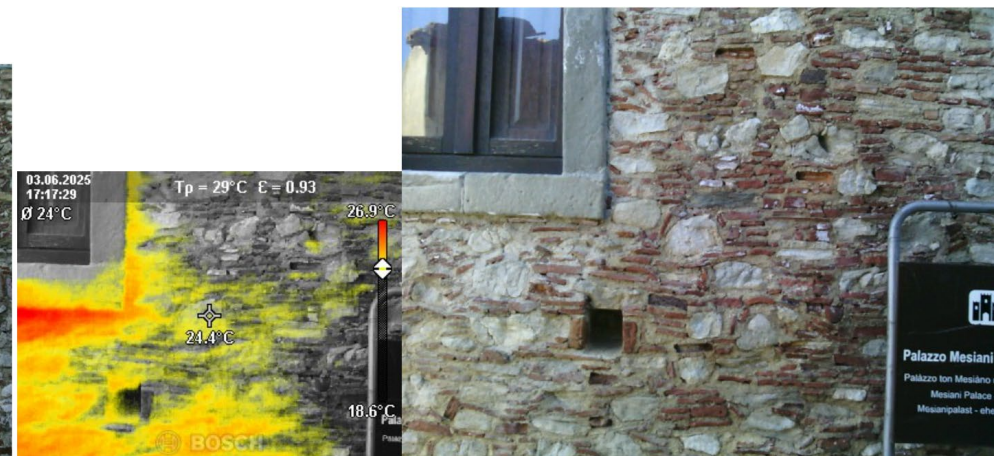
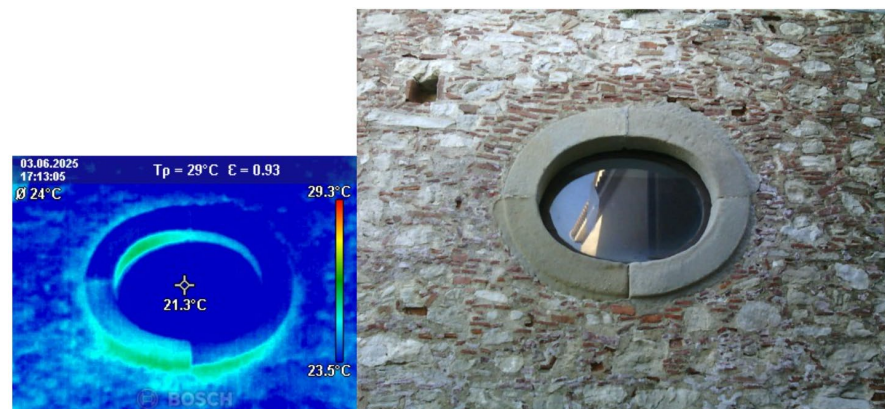
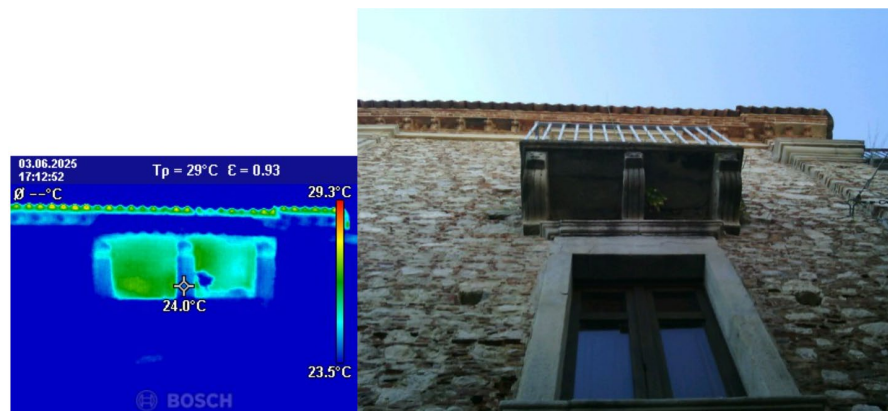
- Stazione datalogger per la misura del particolato PM1.0, PM2.5, PM10
- Stazione HD32.3TCv
- Trasmettitore di Particolato PMsense-P – Trasmettitore di particolato PM1.0, PM2.5, PM10 da connettere alla porta RS485 dello strumento. Cavo 2 m con connettore M12 da entrambi i lati Tripodev
- VTRAP30 – Treppiede da fissare allo strumento altezza massima 280 mm





## Attività di analisi termiche su Palazzo Mesiani, Bova | 3/06/2025

Termocamera 12V con App (range -10°C/+400°C, risoluzione 320×240 px)



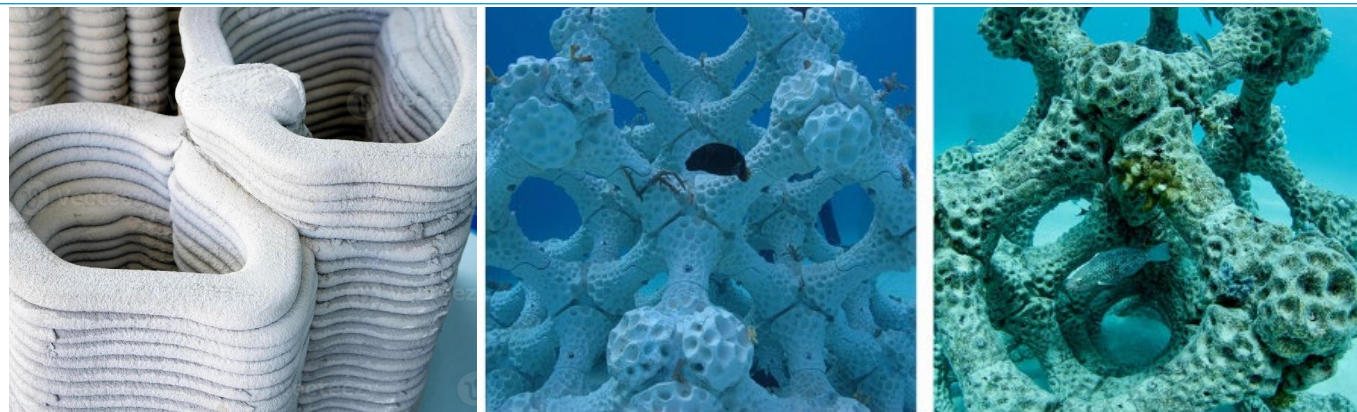


# ECO-REEF

## MODULO NBS SPERIMENTALE

*AZIONE 9- Enabling Technologies and Additive Manufacturing (3d printing) of prototypes of systems and components on testing cases (at settlement and building scale)*

Gli Eco-Reef sono strutture artificiali di tipo **nature-based** progettate per imitare le funzioni ecologiche dei reef naturali. Realizzati in materiali inerti e modulabili, vengono immersi lungo la linea di costa per: **dissipare l'energia ondosa; stabilizzare i sedimenti; creare nuovi habitat per il ripristino della biodiversità**. Gli Eco-Reef funzionano sia da **barriere protettive per la costa** sia da **punti di ancoraggio per la biodiversità**, promuovendo la rigenerazione degli ecosistemi marini e l'integrazione con l'ambiente sottomarino. Questa sperimentazione sfrutta tecnologie abilitanti di **additive manufacturing** per la realizzazione di prototipi di sistemi e componenti a scala di insediamento: grazie alla stampa **LDM** con la stampante **WASP 40100**, è possibile ottenere moduli con porosità calibrata e geometrie in grado di riprodurre fedelmente superfici biogeniche e topografie complesse impossibili da replicare con stampi tradizionali.





## ECO-REEF – LOCALIZZAZIONE ED IMPATTO

Il prototipo Eco-Reef garantisce **innocuità chimica** (legante conforme UNI-EN 206 e gusci di cozza riciclati) e **piena reversibilità**, poiché le colonne poggiano su basette zavorrate rimovibili senza necessità di scavo.

Il monitoraggio prevede rilievi fotografici e controlli continui, mentre, in caso di criticità, il prototipo potrà essere estratto integralmente.

La sperimentazione sarà messa in atto tramite immersione del prototipo in prossimità dei blocchi in calcestruzzo del pennello frangiflutti presente nell'area del sottopassaggio/area ex-mattatoio.

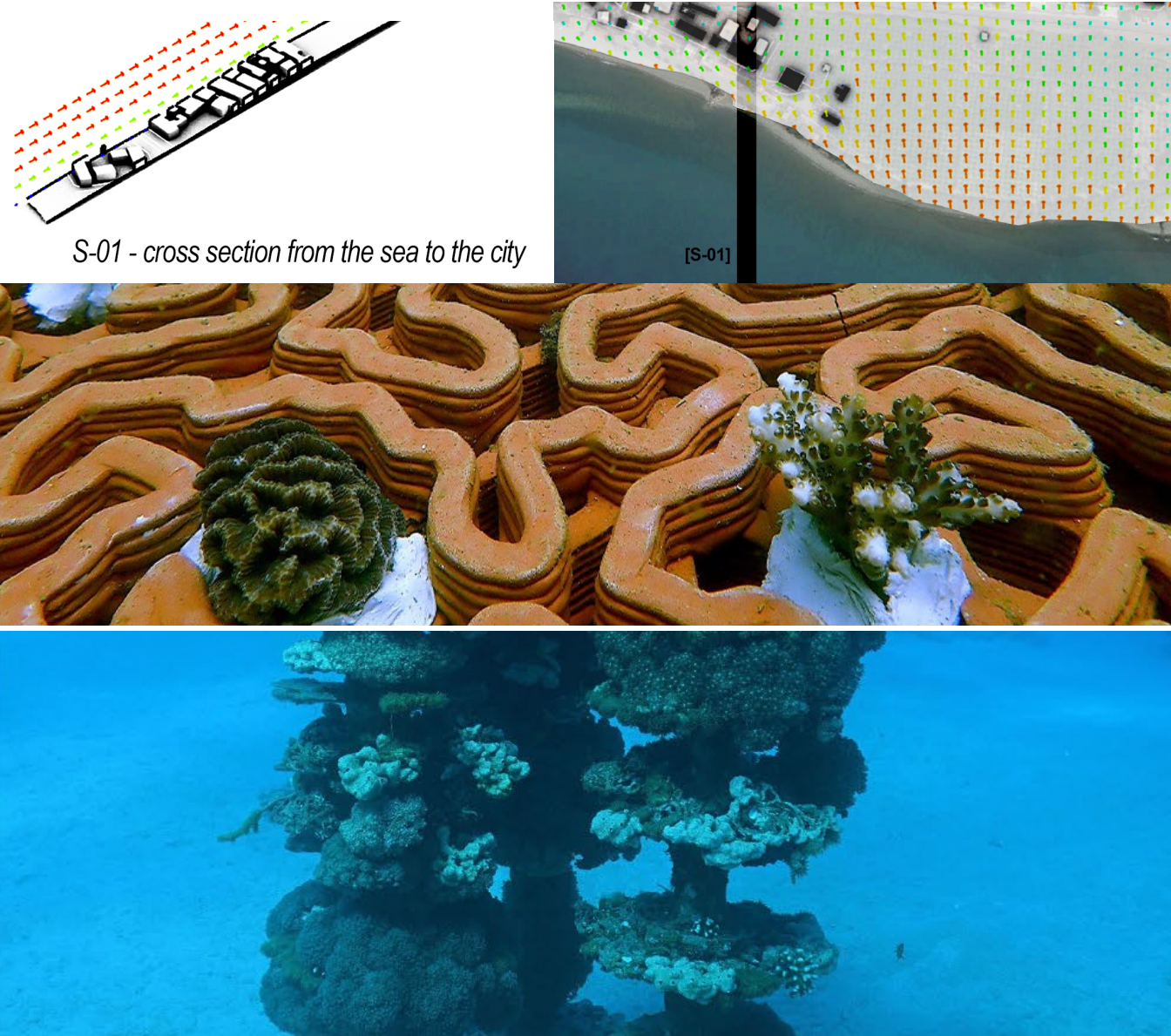
La scelta del sito di sperimentazione è stata operata per due ragioni:

- **stabilità, i blocchi soffici del pennello di forma regolare agevolano il posizionamento del prototipo;**
- **impatto nullo, i blocchi costituiscono già un elemento artificiale in acque marine.**





## ECO-REEF - OBIETTIVI E FUNZIONI ECOSISTEMICHE



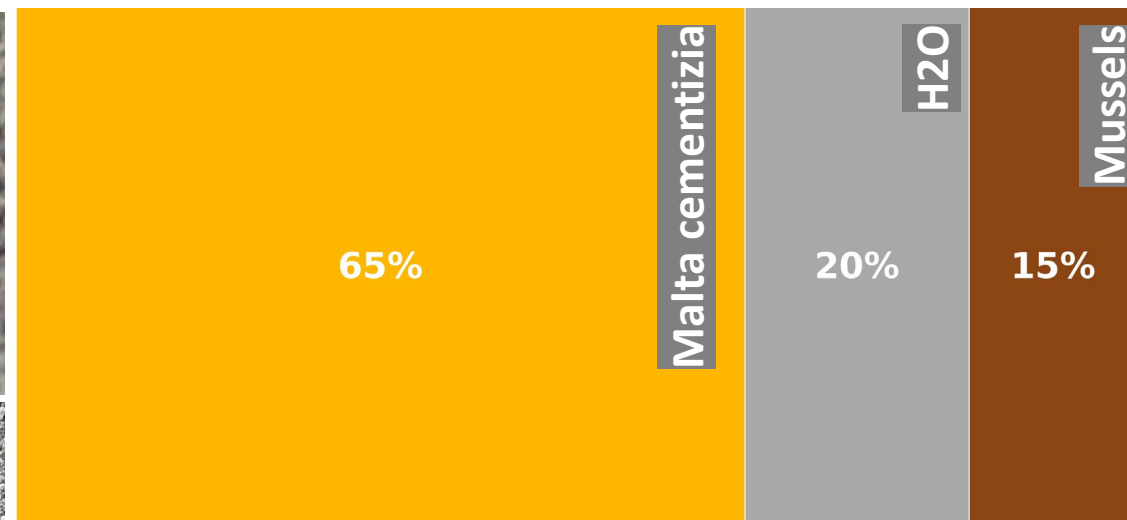
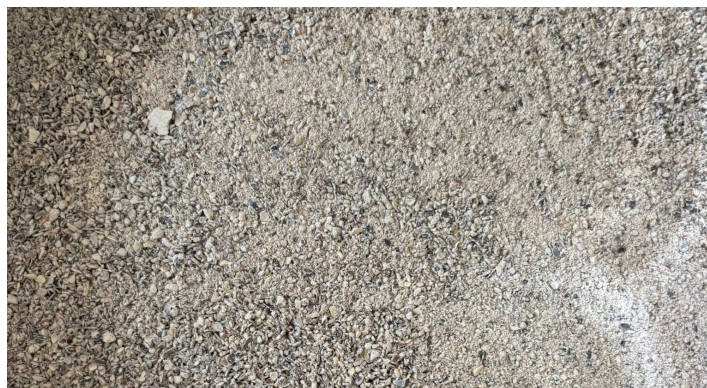
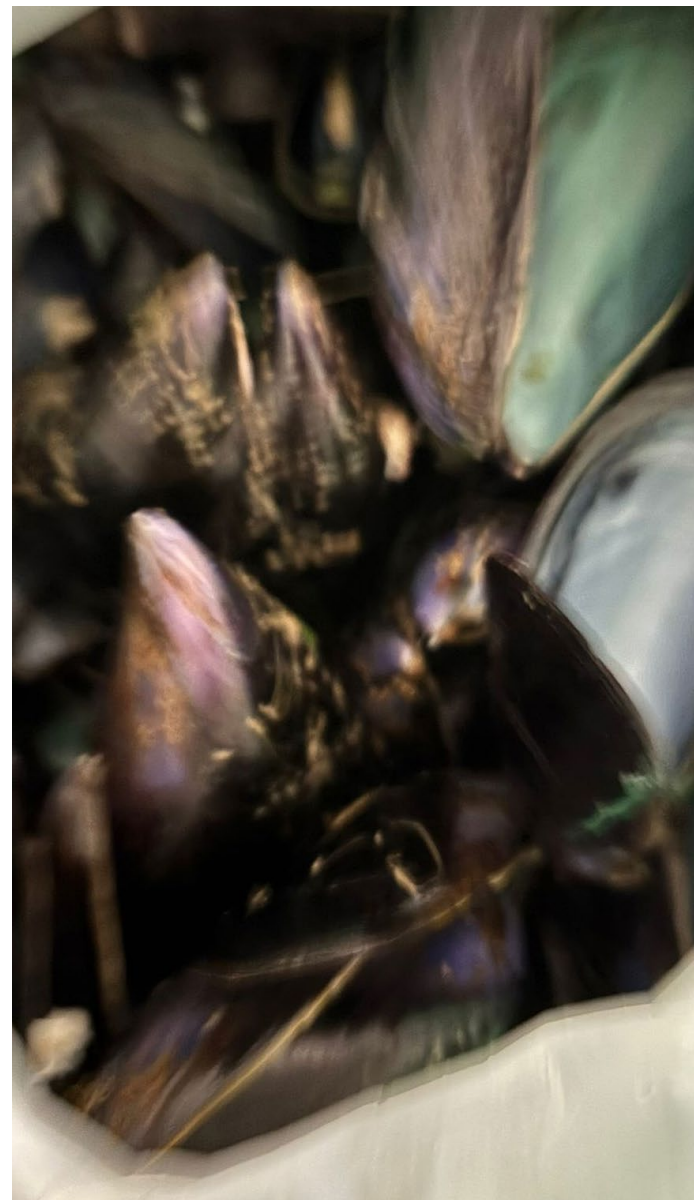
**Dissipazione ondosa e stabilizzazione dei sedimenti** Smorzare l'energia delle onde e promuovere la deposizione di sedimento fine, riducendo la regressione della battigia, come osservato in letteratura su superfici biogeniche stampate in 3D che riproducono la microrugosità dei coralli.

**Incremento della complessità strutturale e della biodiversità** Accrescere l'eterogeneità tridimensionale del fondale, condizione essenziale per lo sviluppo di comunità bentoniche e la copertura coralligena. I tre moduli—cono, blocco ramificato e cilindro ibrido—offrono un gradiente di nicchie che replica i rifugi dei sistemi coralligeni naturali.

**Valutazione della biorecettività del materiale composito** Testare il potenziale colonizzativo di una matrice cementizia potenziata con il 15 % di polvere di gusci di **cozza mediterranea** (*Mytilus galloprovincialis*), ricca di carbonato di calcio e micro- rugosità ideali per il reclutamento di invertebrati bentonici, in linea con i risultati emersi su substrati ceramici stampati additivamente.

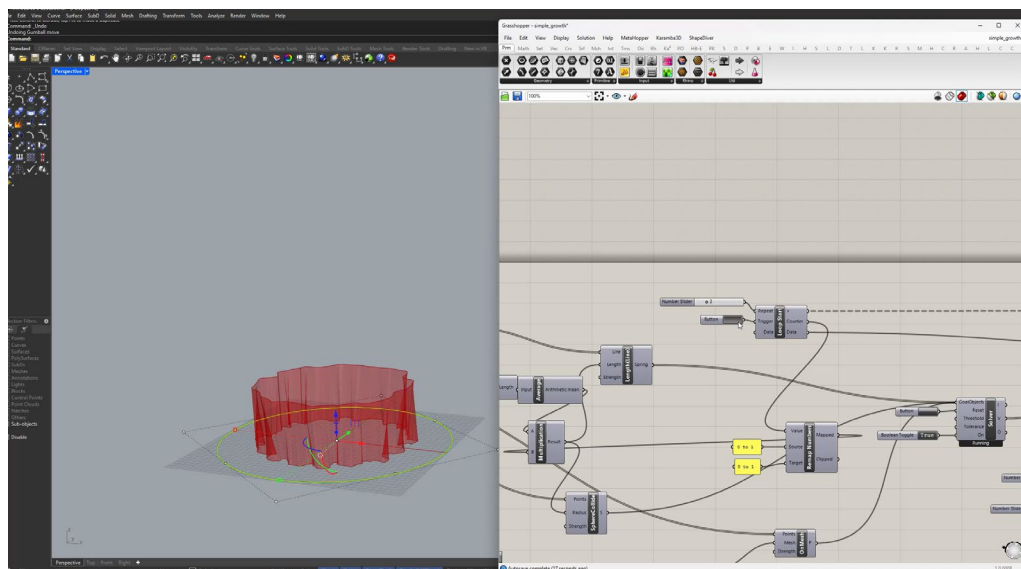
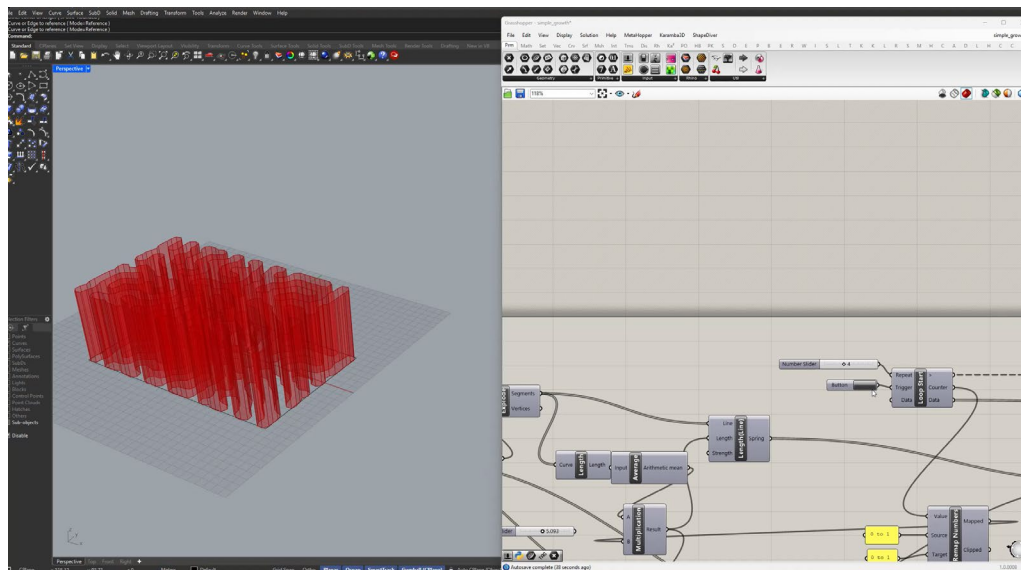


## PREPARAZIONE DEL MATERIALE – MUSSEL BASED

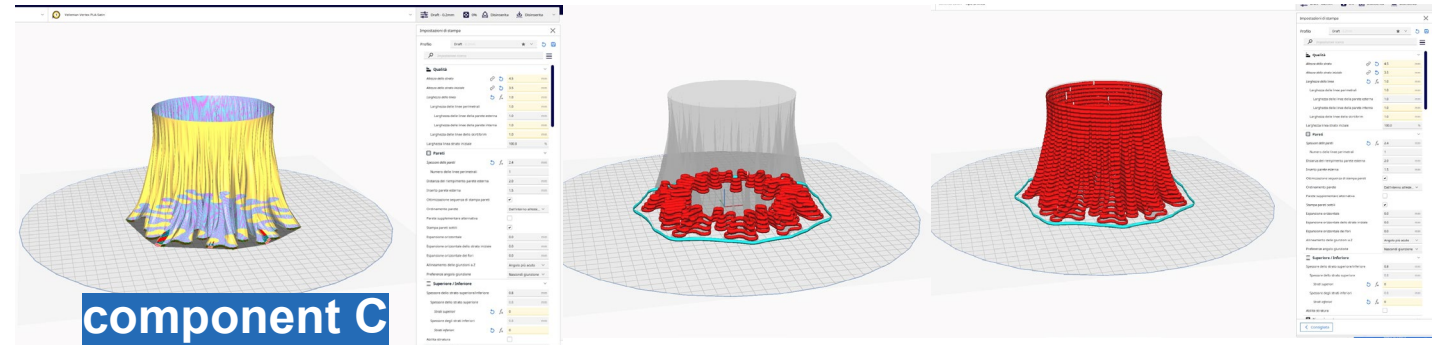
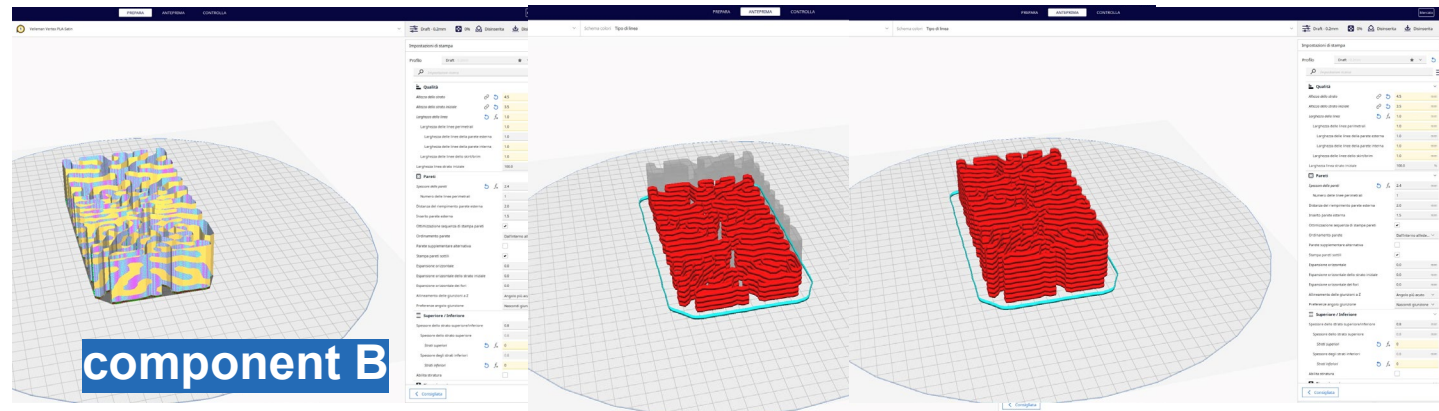
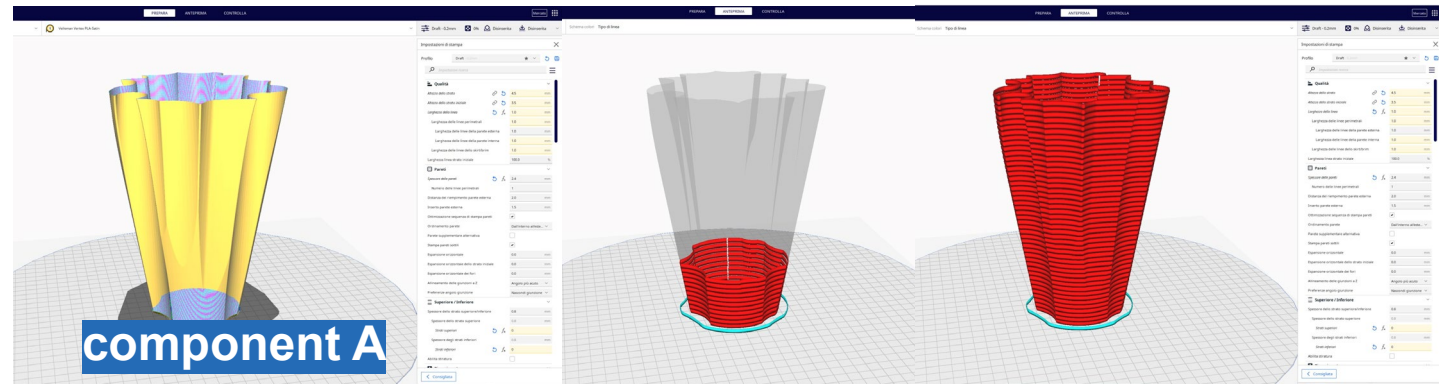




## PARAMETRIC DESIGN

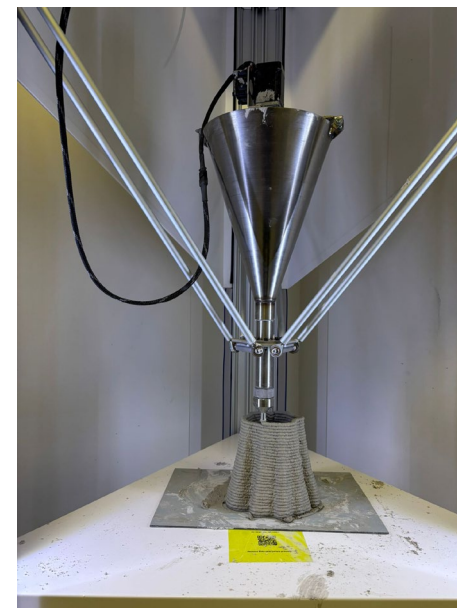
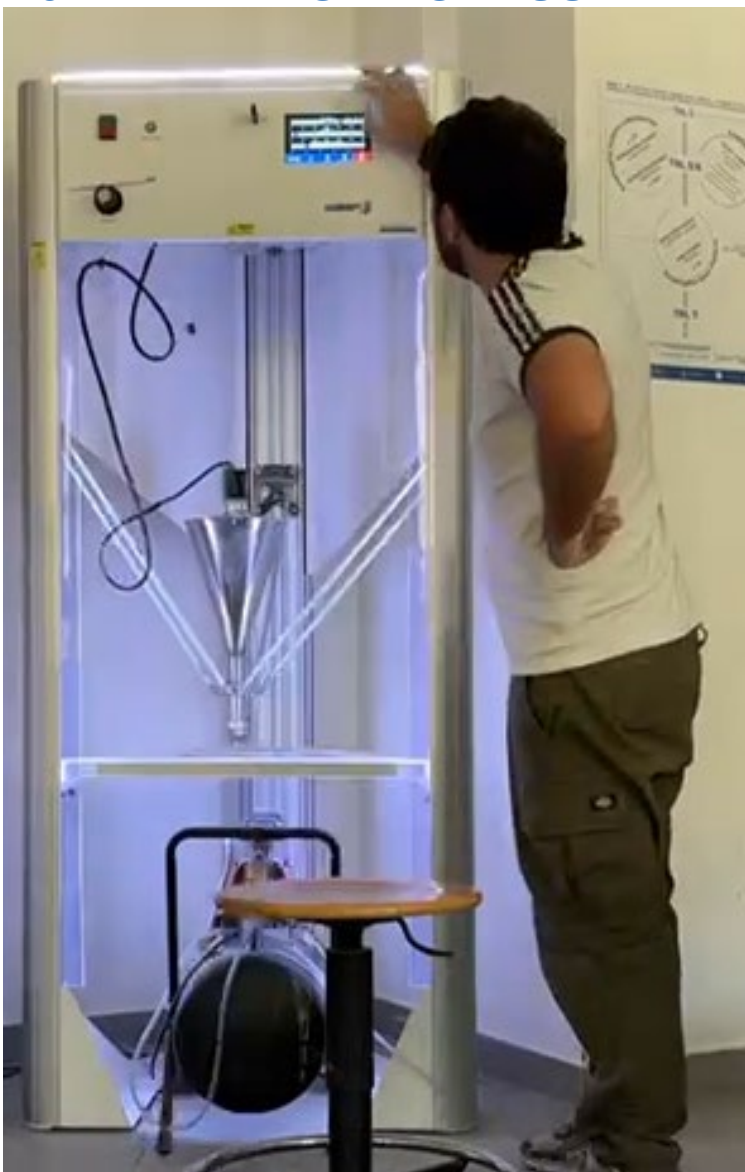


## SLICING FOR 3DPRINTING

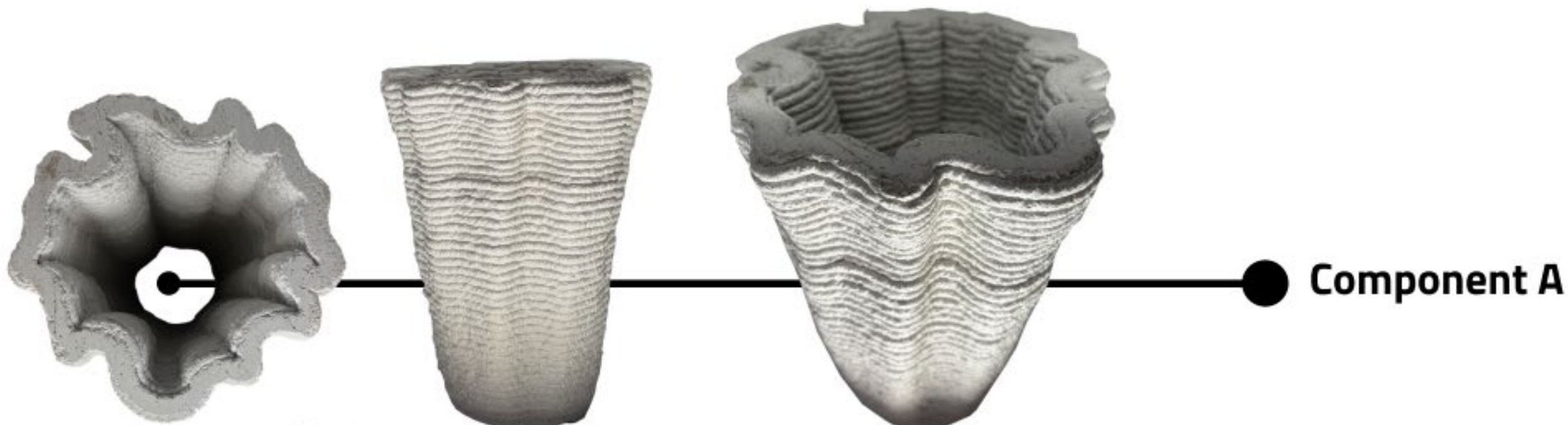




## 3D PRINTING PROCESS



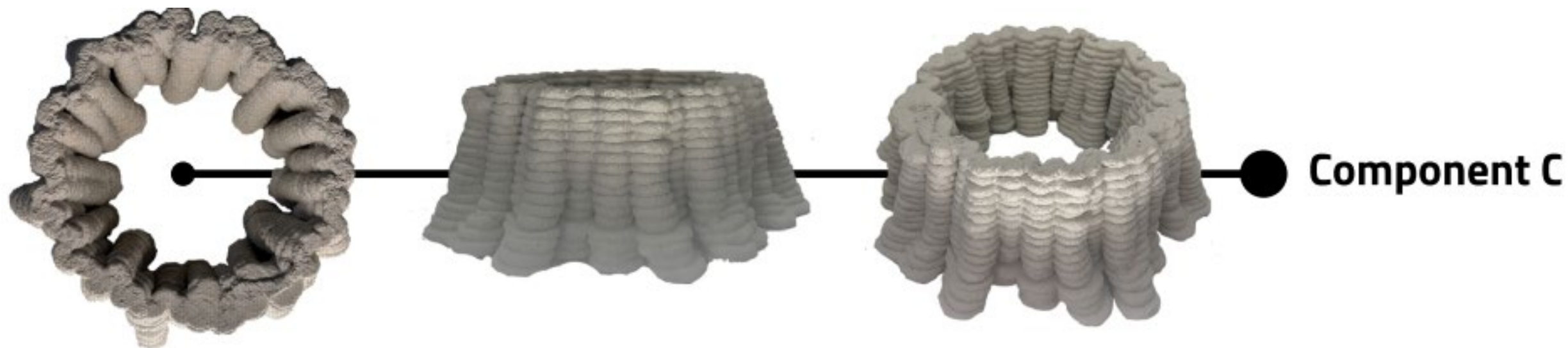




Modulo	Geometria (dal disegno allegato)	Ruolo ecologico
A – Cono filtrante	Ø 16 cm × h 20 cm;	Crea turbolenza moderata e punti d'ancora a spugne, ascidie e altri organismi filtri- nutritori
	Superficie fittamente forata con pattern regolare	



Modulo	Fattori di forma	Ruolo ecologico
B – Blocco reef	25 × 18 × 6 cm;	Offre cavità protette per stadi giovanili di pesci e piccoli crostacei
	Forma generata tramite algoritmo di design parametrico che replica micro-creste coralline	



Modulo	Geometria (dal disegno allegato)	Ruolo ecologico
C – Cilindro ibrido	Ø 24 cm × h 9 cm;	Fornisce un gradiente di complessità per
	mix di porosità (A) e nicchie (B)	confrontare i tassi di colonizzazione



## ECO-REEF CONFIGURAZIONE FINALE



SEZIONE 1 Area dei Contenuti			SEZIONE 3 Area dei Contenuti		
CASO STUDIO	TIPO DI RISCHIO	FORMATI DATI FORNITI	METODOLOGIA	VISUALIZZAZIONE "USER PROFILE"	CODICI INFORMATIVI
PALIZZI MARINA (NATURAL HERITAGE)	Innalzamento livello del mare	GeoTIFF, Shapefile, CSV, 3DM/OBJ, PDF	IPCC AR6 + Coastal Risk Screening Tool	- <b>Citizen:</b> mappa semplificata con aree inondate + descrizione testuale- <b>Public:</b> GIS interattivo, curve di innalzamento, indicatori di pericolosità- <b>Practitioner:</b> shapefile zone inondate, DEM altimetrico, CSV scenari RCP- <b>Company:</b> modello 3D costiero (.3dm/.obj), report PDF	A1.1, A1.2, A1.3, A1.4, A2.1, A2.2
PALIZZI MARINA (NATURAL HERITAGE)	Precipitazioni estreme & runoff	CSV, JSON, HEC- RAS XML/JSON	Metodo razionale + simulazioni Kangaroo Physics	- <b>Citizen:</b> grafico semplificato di intensità pluviometrica- <b>Public:</b> diagrammi pluviometrici, mappe di rischio idrico- <b>Practitioner:</b> serie orarie CSV, parametri per HEC-RAS- <b>Company:</b> file progetto HEC-RAS (.xml/.json), dataset CSV dettagliato	A1.1, A1.2, A1.3, A1.4, A2.1, A2.2
PALIZZI MARINA (NATURAL HERITAGE)	Erosione costiera & mareggiate	Shapefile, DXF, 3DM/FBX, PDF	Modelli di erosione costiera (trasporto sedimenti, profili spiaggia)	- <b>Citizen:</b> infografica aree a rischio- <b>Public:</b> mappe storiche/proiezioni, sezioni trasversali- <b>Practitioner:</b> shapefile linee costa, profili in DXF- <b>Company:</b> modello 3D barriera (.3dm/.fbx), report mitigazione PDF	A1.1, A1.2, A1.3, A1.4, A2.1, A2.2
PALIZZI MARINA (NATURAL HERITAGE)	Radiazione solare & stress UV	GeoTIFF, CSV, 3DM/FBX, PDF	GIS + modelli di insolazione (Solar Radiation Analysis)	- <b>Citizen:</b> termogramma semplificato + legenda cromatica- <b>Public:</b> mappe orarie/giornaliere di insolazione, grafici esposizione- <b>Practitioner:</b> raster GeoTIFF, CSV valori orari/giornalieri- <b>Company:</b> modello 3D facciata con mappa UV (.3dm/.fbx), report PDF	A1.1, A1.2, A1.3, A1.4, A2.1, A2.2
PALIZZI MARINA (NATURAL HERITAGE)	Temperature estive estreme (> 40 °C)	CSV, JSON, GeoJSON, 3DM, PDF	Proiezioni climatiche + calcolo Heat Index	- <b>Citizen:</b> termografia semplificata- <b>Public:</b> heatmaps, tabelle frequenza eventi- <b>Practitioner:</b> serie storiche/proiettate (CSV), JSON Heat Index- <b>Company:</b> modello 3D termico (.3dm), report PDF	A1.1, A1.2, A1.3, A1.4, A2.1, A2.2
PALIZZI MARINA (NATURAL HERITAGE)	Degrado materiali (CCDI)	CSV, JSON, PDF	Climate Change Damage Index (CCDI)	- <b>Citizen:</b> indice vulnerabilità visuale (basso-alto)- <b>Public:</b> grafici a barre per materiale, sintesi danni- <b>Practitioner:</b> CSV dettagliato per materiale, JSON struttura CCDI- <b>Company:</b> report PDF completo, dataset CSV/JSON integrato	A1.1, A1.2, A1.3, A1.4, A2.1, A2.2



SEZIONE 2 – AREA DELLE INFORMAZIONI							SEZIONE 2
Area delle Informazioni (Sicurezza strutturale, ambientale e climate change)							Area dei contenuti (Misure e interventi)
Codice	Applicazione (Caso di studio / Tipo di rischio)	Tipo di informazione	Descrizione breve	Formato file	Interazione / Visualizzazione	Interoperabilità	
A1.1	<b>Palizzi Marina</b> – Innalzamento livello del mare– Precipitazioni estreme & runoff– Erosione costiera & mareggiate <b>Palazzo Mesiani, Bova</b> – Radiazione solare & stress UV– Temperature estive estreme– Degrado materiali (CCDI)	Testi descrittivi	Panoramica introduttiva sui temi di sicurezza strutturale, ambientale e climate change: definizioni, concetti chiave, obiettivi della sezione.	Markdown (.md) / HTML (.html) / PDF/A	Pagina web suddivisa in capitoli espandibili; anchor link e tooltip per note esplicative	Link ipertestuali a servizi esterni; API REST per fetch dinamico dei paragrafi	Mappa delle Strategie e azioni NBS e SUDS (Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg  Soluzioni puntuali su patrimonio culturale (grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg
A1.2	<b>Palizzi Marina</b> – Innalzamento livello del mare– Precipitazioni estreme & runoff– Erosione costiera & mareggiate <b>Palazzo Mesiani, Bova</b> – Radiazione solare & stress UV– Temperature estive estreme– Degrado materiali (CCDI)	Dati numerici	Indicatori di rischio e metriche (es. aumento temperatura, precipitazioni, stress termico), sotto forma di dataset sintetici e confrontabili.	CSV / JSON / XLSX	Tabelle interattive con filtri (per scenario, per sito), grafici a linee/barre dinamici in dashboard	Connessione a database relazionale (es. PostgreSQL/PostGIS); endpoint JSON per aggiornamenti on-fly	Mappa delle Strategie e azioni NBS e SUDS (Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg  Soluzioni puntuali su patrimonio culturale (grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg
A1.3	<b>Palizzi Marina</b> – Innalzamento livello del mare– Precipitazioni estreme & runoff– Erosione costiera & mareggiate <b>Palazzo Mesiani, Bova</b> – Radiazione solare & stress UV– Temperature estive estreme– Degrado materiali (CCDI)	Grafici e infografiche	Diagrammi di sintesi, flow-chart, infografiche dei processi e mappe semplificate tratte dal paper (es. flussi di runoff, modelli di stress UV).	SVG (vettoriale) / PNG / JPEG	Embed SVG responsivo (zoom/hover tooltip), slideshow di immagini, filtri per tipologia di diagramma	Compatibilità con D3.js o librerie simili; import diretto dei file SVG nel canvas Web	Mappa delle Strategie e azioni NBS e SUDS (Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg
A1.4	<b>Palizzi Marina</b> – Innalzamento livello del mare– Precipitazioni estreme & runoff– Erosione costiera & mareggiate <b>Palazzo Mesiani, Bova</b> – Radiazione solare & stress UV– Temperature estive estreme– Degrado materiali (CCDI)	Immagini fotografiche	Fotografie in alta risoluzione dei siti (Palizzi Marina, Palazzo Mesiani), contesto ambientale e dettaglio architettonico.	JPEG/PNG (min 300 dpi)	Galleria cliccabile con lightbox, funzione di geolocalizzazione su mappa (pin + popup descrittivo)	Metadati EXIF/GeoJSON associati per integrazione con Leaflet o Mapbox	Mappa delle Strategie e azioni NBS e SUDS (Dati, testi, grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg  Soluzioni puntuali su patrimonio culturale (grafici, modelli, simulazioni) - .pdf, .jpg
A2.1	<b>Palizzi Marina</b> – tutti i rischi <b>Palazzo Mesiani, Bova</b> – tutti i rischi	Riferimenti bibliografici	Elenco completo di studi, articoli e report utilizzati: titolo, autori, anno, DOI, abstract sintetico.	BibTeX (.bib) / RIS / JSON-LD	Lista ordinabile per autore/anno, esportazione in EndNote/RefWorks, pop-up con abstract e link diretto al PDF originale	Linked Data (schema.org), DOI resolver, SPARQL endpoint per query semantiche sulle fonti	



### SEZIONE 3 – AREA DELLE INFORMAZIONI (Presentazione dei casi prototipo)

Codice	Caso di studio / Tipo di rischio	Misura / Intervento	Prototipo Digitale	Formati digitali & Visualizzazione	Prototipo Fisico	Formati fisici & Interazione
B1.1	Palizzi Marina– Innalzamento livello del mare	Difesa costiera “soft” (dune rinaturate)	– Modellazione 3D parametrica del profilo dune in ambiente GIS/3D (es. Rhino/Grasshopper o QGIS 3D)– Simulazione digitale di accumulo sedimenti con colori di rischio per elevazione	– File .3dm (Rhino) o .geojson 3D– Viewer WebGL/Cesium embed: rotazione, layer toggle (scenario attuale / futuro)– Time-slider per vedere evoluzione fino al 2100	– Modello in scala 1:200 stampato in PLA/foam resin– Base con stratigrafie colorate e sensori di umidità per demo dinamica	– File STL per stampa 3D– Display con LED che cambiano colore al variare dell'umidità simulata– QR code sul modello rimanda al viewer digitale per confronto live
B1.2	Palizzi Marina– Precipitazioni estreme & runoff	Sistema di drenaggio urbano sostenibile	– Layout 2D/3D del network di drenaggio in CAD– Simulazione idraulica in HEC-RAS o StormCAD– Heatmap interattiva dei punti critici di accumulo	– File .dxf/.dwg per CAD– .ras (HEC-RAS) o .xml StormCAD– Dashboard JS (D3.js) con overlay mappa Leaflet e tooltip sui nodi	– Mock-up in scala 1:50 del sistema drenante con canali trasparenti– Pompa per flusso dimostrativo	– Pannello di controllo con valvola reale per variare portata– Kit modulare con tubi in acrilico, raccordi in stampa 3D dimostrativo
B1.3	Palizzi Marina– Erosione costiera & mareggiate	Barriera sottomarina modulare	– Prototipo CAD 3D modulare con elementi “plug-in” adattabili al fondale– Simulazione onde in WaveLab o Unity 3D	– File .fbx/.3dm per Unity– WebGL scene con controlli per regolare battente onda e posizione moduli	– Modello modulare in scala 1:100 in resina trasparente– Elementi componibili su base magnetica	– Manuale d'uso in PDF/A per assemblaggio– Evento demo con tank idraulico e moduli fisici dove l'utente riposiziona i “blocchi barriera”
B2.1	Palizzi Marina & Palazzo Mesiani– Radiazione solare & stress UV	Schermature parametriche (brise-soleil)	– Parametric model in Rhino+Grasshopper: scafo metallico e lamelle regolabili in base a irraggiamento solare– VR walkthrough per analisi ombre	– File .gh (Grasshopper) + .3dm– Export WebVR (Three.js) con slider ora/giorno– Grafici solari (D3.js) integrati nella vista	– Prototipo lamella 1:10 in legno o alluminio tagliato laser– Supporto motorizzato per angolazione variabile	– DXF per taglio laser– Controller Arduino che l'utente aziona per cambiare orientazione lamelle in real-time
B2.2	Palizzi Marina & Palazzo Mesiani– Temperature estive estreme	Ventilazione passiva integrata	– Simulazione CFD (OpenFOAM) del flusso d'aria nell'edificio e nell'area costiera– Mappa interattiva di “confort index”	– .foam.case/.foam.data– .csv con Heat Index– Web dashboard con simulazioni 3D (modelviewer) e grafico interattivo dei percorsi d'aria	– Modello architettonico 1:50 con canali d'aria visibili in plexiglass– Soffiatori per dimostrare il flusso	– File STL per stampa 3D delle canalizzazioni– Control panel con sensori di portata per misurare effettivo vento generato dal modello
B2.3	Palizzi Marina & Palazzo Mesiani– Degrado materiali (CCDI)	Rivestimenti protettivi UV-resistenti	– Library digitale dei materiali con texture ad alta risoluzione e valori CCDI in JSON– Comparatore 3D online: “click to apply” coating su superfici 3D	– .json (CCDI data), .jpg/.png (texture)– WebGL viewer con layer di coating on/off e slider di degradazione simulata	– Pannelli campione 30×30 cm con diversi trattamenti UV-resistenti– Stand per esposizione in esterno con luce solare simulata	– Schede tecniche in PDF/A per ogni materiale– QR code su ciascun pannello che rimanda al comparatore digitale per vedere il degrado previsto





## Misurazioni particolato atmosferico c/o Bova

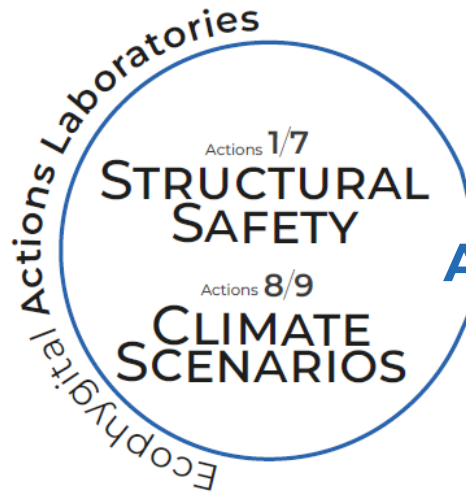
- Piazza del Municipio
- Palazzo Mesiani



## Posizionamento dell'eco-reef a Palizzi Marini – area ex-mattatoio







## Action 10

*Implementation, populate and use-testing of data-information-models extracted from the products of actions 1/9 in the dedicated digital platform*

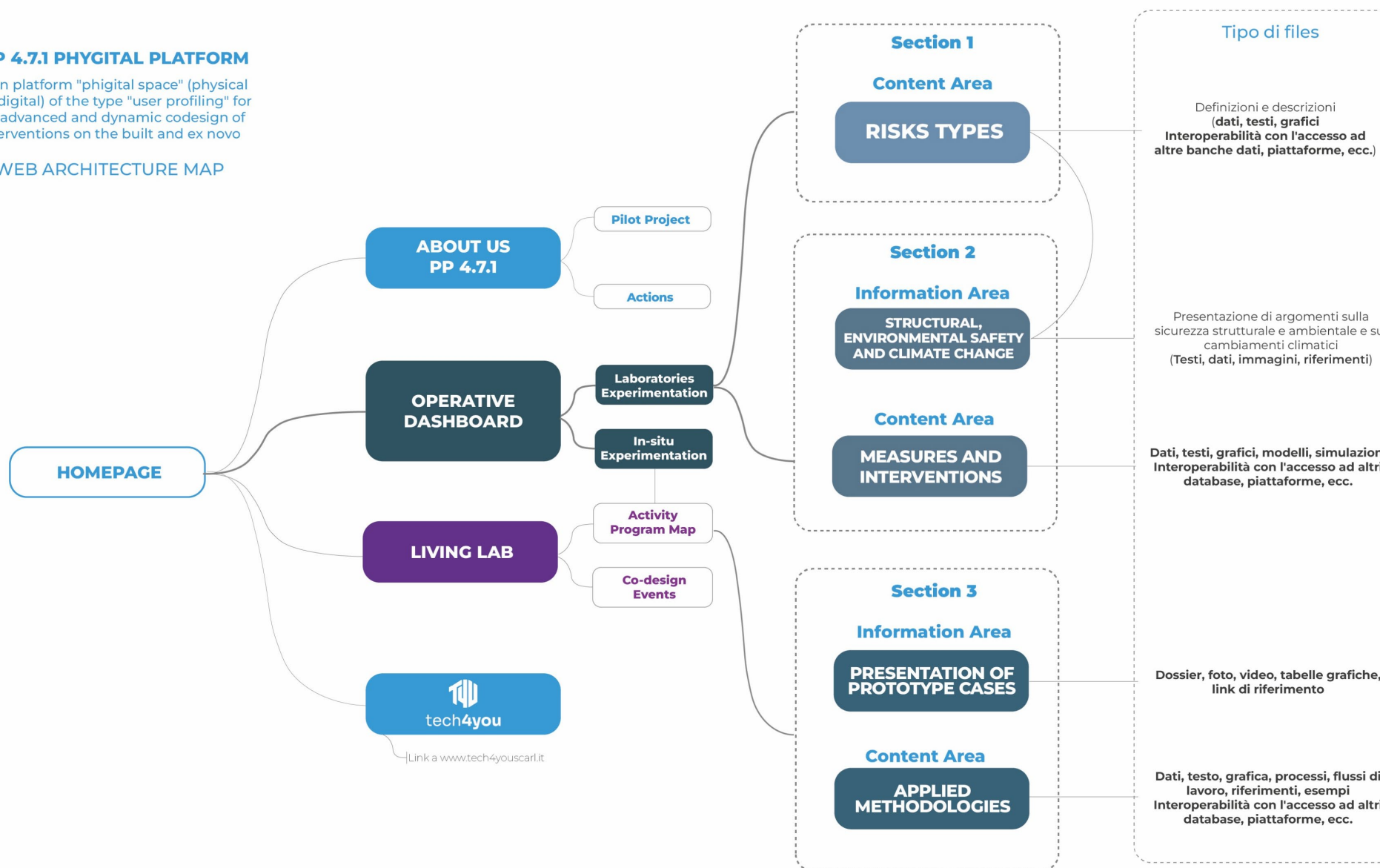
Responsible: **Prof. C.Nava + tutto il team**

## Activity 1 D7.3.6

## PP 4.7.1 PHYGITAL PLATFORM

Open platform "phigital space" (physical and digital) of the type "user profiling" for the advanced and dynamic codesign of interventions on the built and ex novo

### WEB ARCHITECTURE MAP



Phigital space for the  
advanced and dynamic  
codesign of interventions on  
the cultural heritage in Bova

Ver. alpha:

<https://tech4you.smarts-srl.com/>

Con **WEWIT srl** (Consulente per la  
realizzazione della piattaforma web)



## Chi siamo

Progetto Pilota 4.7.1  
Piattaforma aperta "phigital space"  
(fisica e digitale) del tipo "user profiling"  
per il codesign avanzato e dinamico di  
interventi sul costruito ed ex novo



Il progetto pilota



Agenda attività

## NAVIGA LA DASHBOARD



### User-profile space

Nello spazio cruscotto è possibile  
ottenere informazioni per la  
co-progettazione di interventi sul  
patrimonio costruito e nuovo su  
login utente, attraverso l'esplorazione  
e l'interrogazione di modelli e  
simulazioni sui casi studio di Bova e  
Palizzi Marina, nelle sezioni "Tipi di  
rischio", "Sicurezza strutturale,  
ambientale e cambiamenti  
climatici", "Misure e interventi" e la  
presentazione di casi studio e  
"Metodologie applicate".



## LIVING LAB BOVA & PALIZZI MARINA



Agenda



Eventi

### NEWS



CONVEGNO XYZ  
20/06/2025  
Reggio Calabria

Programma - link



CONVEGNO XYZ  
20/06/2025  
Reggio Calabria

Programma - link



CONVEGNO XYZ  
20/06/2025  
Reggio Calabria

Programma - link



CONVEGNO XYZ  
20/06/2025  
Reggio Calabria

Programma - link



Digital space for the  
advanced and dynamic  
codesign of interventions on  
the cultural heritage in Bova

#### Chi siamo

Progetto Pilota 4.7.1  
"Rivoluzione digitale: 'Digital place'  
Nella e digitale dell'area 'live setting'  
per il coinvolgimento e co-design di  
interventi sul costruito ad uso nuovo

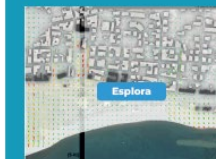


Il progetto pilota



Agenda attività

#### NAVIGA LA DASHBOARD



##### User-profile space

Nello spazio cruscotto è possibile  
ottenere informazioni per la  
co-progettazione di interventi sul  
patrimonio costruito e nuovo su  
login utente, attraverso l'esplorazione  
e l'interrogazione di modelli e  
simulazioni sul caso studio di Bova e  
Palizzi Marina, nelle sezioni "Tipi di  
rischio", "Simulazione strutturale,  
antichit  e cambiamenti  
climatici", "Misure e interventi" e la  
presentazione di casi studio e  
"Metodologie applicate".

#### LIVING LAB BOVA & PALIZZI MARINA



Agenda



Eventi

#### NEWS



CONVEGNO XYZ  
20/06/2025  
Reggio Calabria

Programma - link



CONVEGNO XYZ  
20/06/2025  
Reggio Calabria

Programma - link



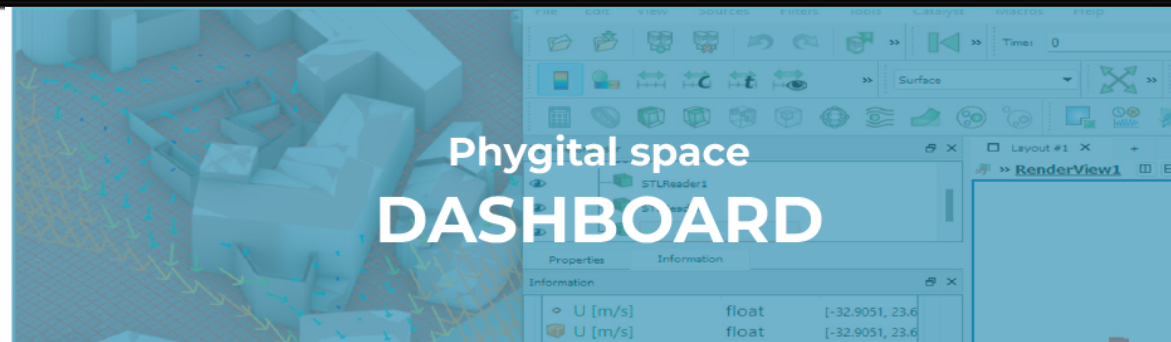
CONVEGNO XYZ  
20/06/2025  
Reggio Calabria

Programma - link



CONVEGNO XYZ  
20/06/2025  
Reggio Calabria

Programma - link



Come funziona la dashboard

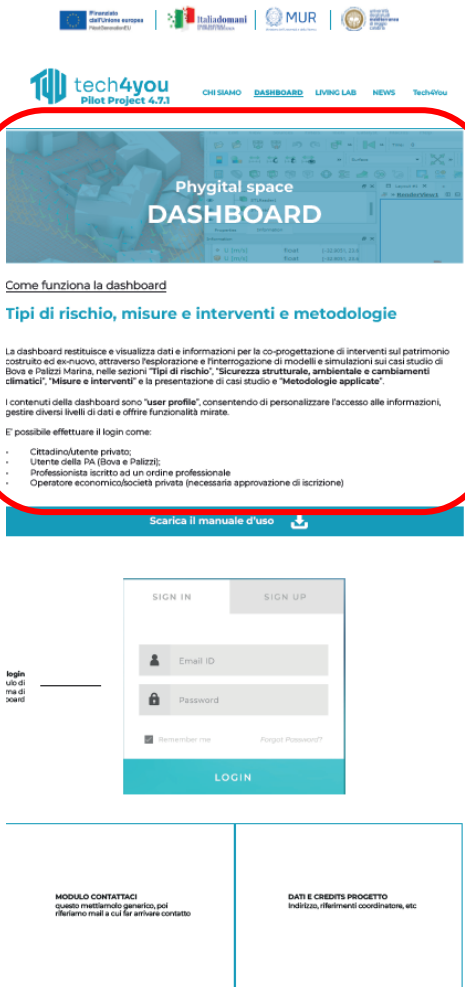
## Tipi di rischio, misure e interventi e metodologie

La dashboard restituisce e visualizza dati e informazioni per la co-progettazione di interventi sul patrimonio costruito ed ex-nuovo, attraverso l'esplorazione e l'interrogazione di modelli e simulazioni sui casi studio di Bova e Palizzi Marina, nelle sezioni "**Tipi di rischio**", "**Sicurezza strutturale, ambientale e cambiamenti climatici**", "**Misure e interventi**" e la presentazione di casi studio e "**Metodologie applicate**".

I contenuti della dashboard sono "**user profile**", consentendo di personalizzare l'accesso alle informazioni, gestire diversi livelli di dati e offrire funzionalità mirate.

E' possibile effettuare il login come:

- Cittadino/utente privato;
- Utente della PA (Bova e Palizzi);
- Professionista iscritto ad un ordine professionale
- Operatore economico/società privata (necessaria approvazione di iscrizione)





Scarica il manuale d'uso



SIGN IN

SIGN UP



Email ID



Password



Remember me

[Forgot Password?](#)

LOGIN



tech4you  
Pilot Project 4.7.1

CHI SIAMO [DASHBOARD](#) [LIVING LAB](#) [NEWS](#) [Tech4you](#)



Come funziona la dashboard

Tipi di rischio, misure e interventi e metodologie

La dashboard restituisce e visualizza dati e informazioni per la co-progettazione di interventi sul patrimonio costruito ed ex-novo, attraverso esplorazione e interrogazione di modelli e simulazioni sui casi studio di Bova e Palizzi Marina, nelle sezioni "Tipi di rischio", "Sicurezza strutturale, ambientale e cambiamenti climatici", "Misure e interventi" e la presentazione di casi studio e "Metodologie applicate".

I contenuti della dashboard sono "user profile", consentendo di personalizzare l'accesso alle informazioni, gestire diversi livelli di dati e offrire funzionalità mirate.

E' possibile effettuare il login come:

- Cittadino/utente privato;
- Utente della PA (Bova e Palizzi);
- Professionista iscritto ad un ordine professionale
- Operatore economico/società privata (necessaria approvazione di iscrizione)

login via di ma di board

Scarica il manuale d'uso

SIGN IN SIGN UP

Email ID

Password

Remember me [Forgot Password?](#)

LOGIN

MODULO CONTATTI (C) questo modulo è generico, per riferiamo mail a cui far arrivare contatti

DATI E CREDITI PROGETTO Indirizzi, riferimenti coordinatore, etc



## Sicurezza strutturale



Caso studio



☐ Bova

☒ Palazzo Mesiani

☐ Palizzi Marina

Tipo di rischio



Rischio climatico

☒ scenario climatico 2030

☐ scenario climatico 2050

☐ scenario climatico 2080

Misure e interventi

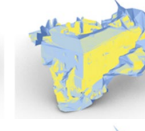
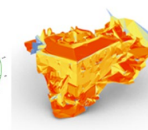
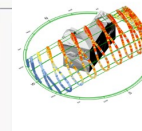
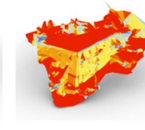
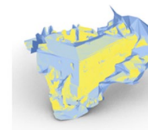
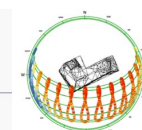
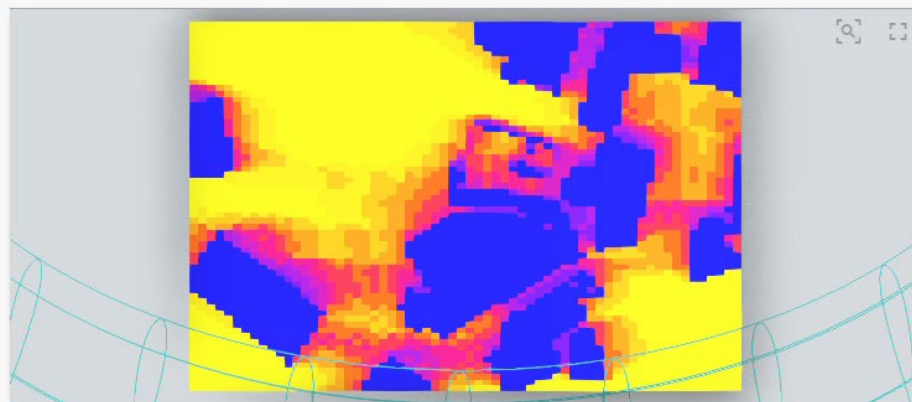


Interventi strutturali

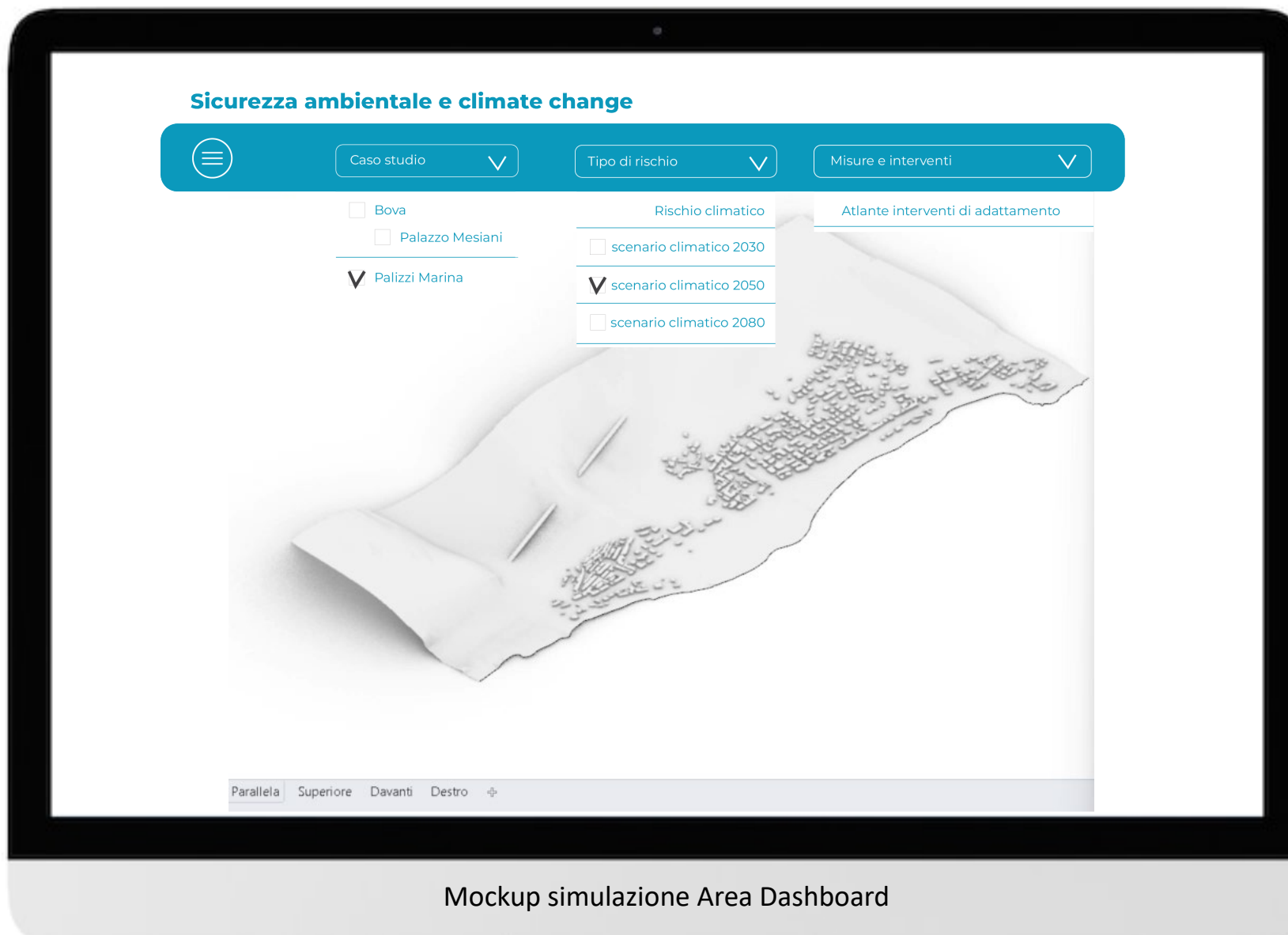
Model name  
Palazzo Mesiani - Solar studies Open Platf.

Visibility  
Private

Clear cache



Mockup simulazione Area Dashboard





#### How to read the map

##### PROTOTYPES

Cultural Heritage [Boval] ■  
Natural Heritage [Palizzi] ■

Potential prototype to  
be considered .....

Actions X — Action (from proposal)  
N. Surname — Responsible of action

act.X — Activity planned  
[DX.Y.Z] — Derivable of reference

## LIVING LAB ACTIVITIES PROGRAM MAP

