



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

## *I Digital Twins per il Cultural Heritage*



**Marialuisa Mongelli**  
*marialuisa.mongelli@enea.it*  
**TERIN-ICT-HPC**



Convegno Various Innovative Technological Experiences – VITEII



Monte Porzio Catone, 15-19 Aprile 2024  
INAF-Osservatorio Astronomico di Roma

# I digital twin

## Cosa sono

Rappresentazioni digitali di opere d'arte di beni mobili o immobili

## Come si ottengono

Tecnologie digitali avanzate di scansione 3D

Modellazione computerizzata

Realtà Virtuale (VR) e Realtà Aumentata (AR)

## Obiettivi

Supporto alla diagnostica e al monitoraggio per la protezione, la conservazione, la conoscenza, la valorizzazione, la fruizione



# Digital Twin e Modelli Numerici

## I Digital Twin e i modelli numerici necessitano di importanti infrastrutture di calcolo

- Potenza di calcolo
- Spazi di archiviazione (dati estremamente voluminosi)
- Risorse scalabili e flessibili
- Accessibilità e capacità di gestire e memorizzare grandi quantità di informazioni in modo efficiente e accessibile da remoto
- Analisi avanzata dei dati
- Lavoro collaborativo
- Piattaforme online per una fruizione più accessibile in AR e VR

# L'infrastruttura ICT ENEA per il patrimonio culturale

## CRESCO6 Infrastructure (REsearch Computational center on COMplex System)



Computing power rating 1.4 PFLOPS  
nodes: 434  
cores: 20832



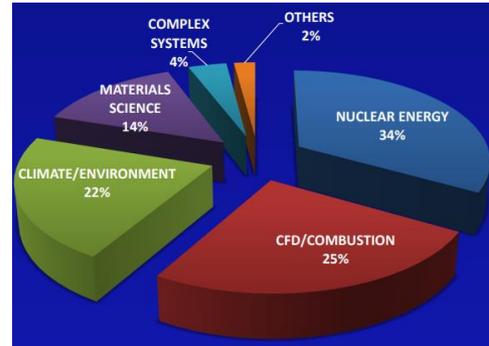
Each node  
processors: 2xCPU Intel Xeon Platinum 8160 with 24 cores  
clock: 2.1 GHz  
memory: 192 GB (4 GB/core)

Network  
Intel Omni-Path 15 switch with 46 ports  
bandwidth: 100 Gb/s  
latency: 100 ns



## ENEA Virtual Labs

Virtual Labs => Open Labs  
Networking of instrumentation and skills to support research and industry



*I Digital Twin per il Cultural Heritage*  
15-19 Aprile 2024 Monte Porzio Catone- INAF-Osservatorio Astronomico di Roma

# L'infrastruttura ICT ENEA per il patrimonio culturale

## Protezione



RESILIENCE ENHANCEMENT OF A METROPOLITAN AREA



**ARCH** SAVING CULTURAL HERITAGE

Monitoraggio  
Analisi  
Controllo

## Conservazione



**ECODIGIT**

**DTC** LAZIO  
DISTRETTO TECNOLOGICO  
BENI E ATTIVITÀ CULTURALI  
CENTRO DI ECCELLENZA



REGIONE  
LAZIO

**Ikaros-Museum  
Remote Control**

Utilizzo remoto  
di strumenti e  
tecnologie

## Valorizzazione

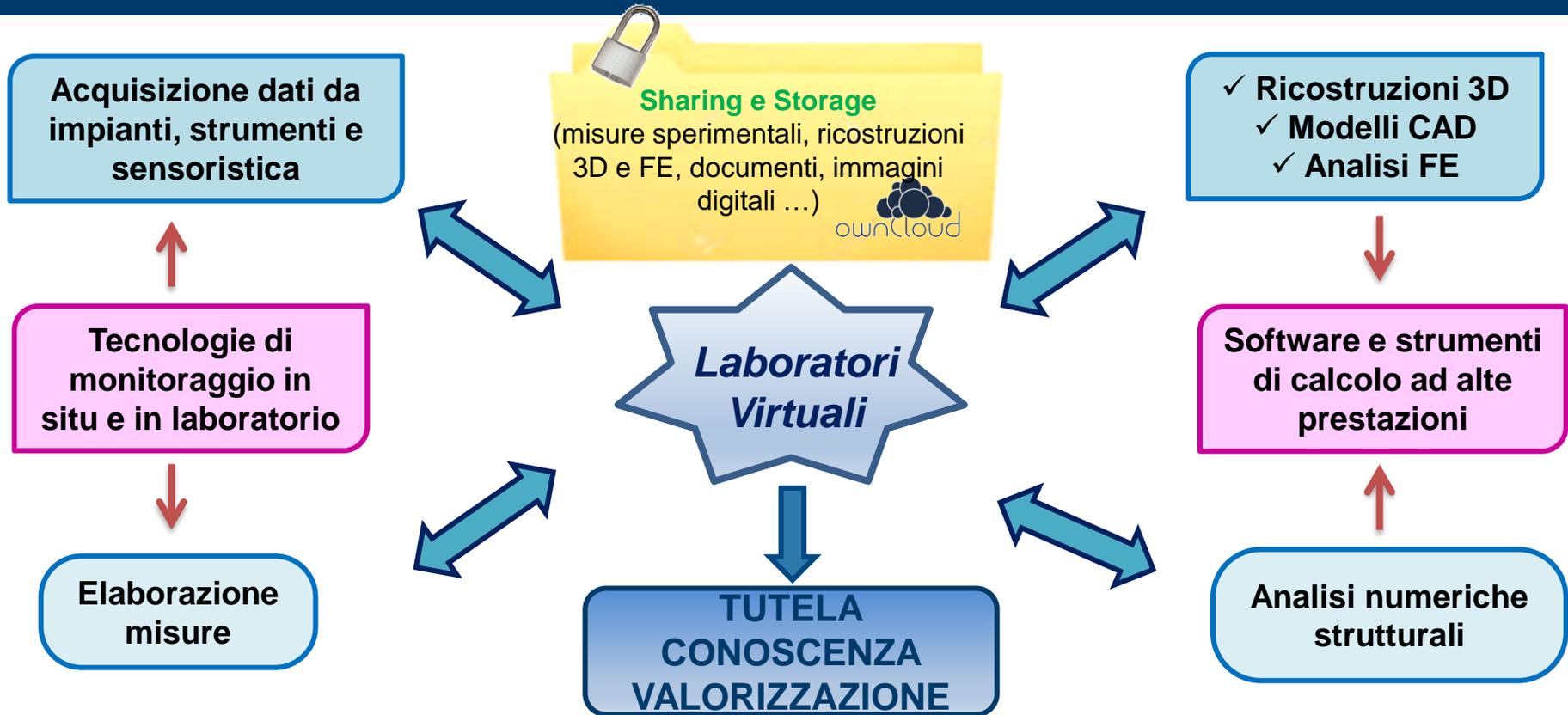


**ADAMO**

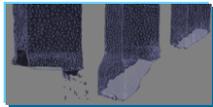
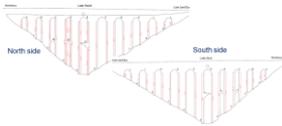


Sviluppo di infrastrutture  
ICT a supporto della  
ricerca e dell'industria

# L'infrastruttura ICT ENEA per il patrimonio culturale



# Virtual LAB ITH@CA e la catena di modellazione



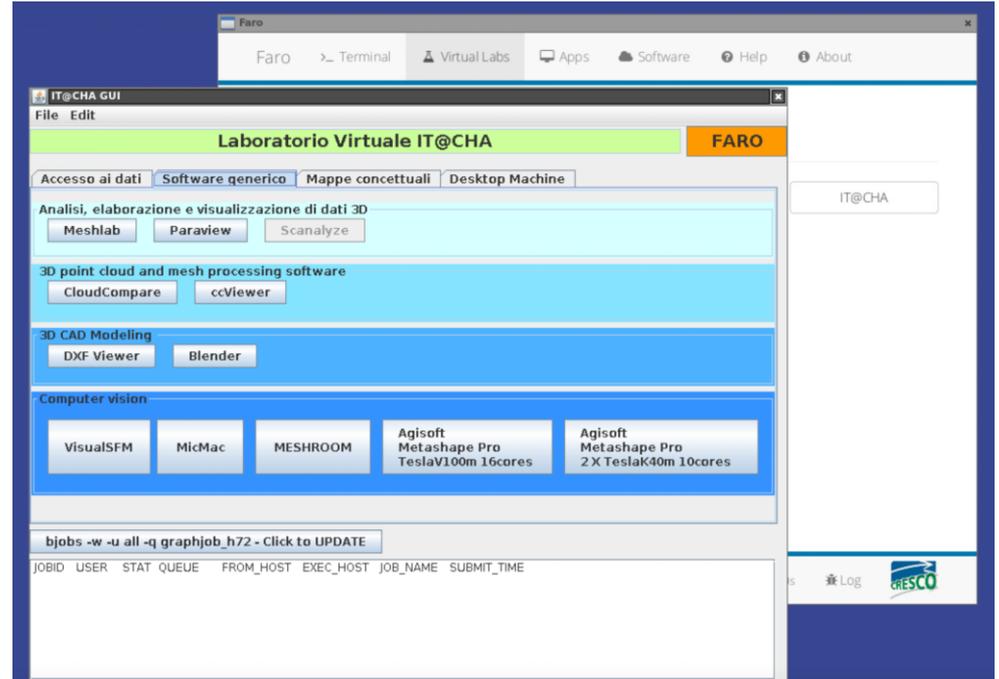
- ✓ Ricostruzioni 3D
- ✓ Modelli CAD
- ✓ Analisi FE



Software e strumenti  
di calcolo ad alte  
prestazioni



Analisi numeriche  
strutturali



The screenshot displays the IT@CHA GUI interface. At the top, there's a navigation bar with 'FARO' and 'Virtual Labs'. Below it, the main window is titled 'Laboratorio Virtuale IT@CHA' and 'FARO'. The interface is divided into several sections:

- Accesso ai dati**: Software generico, Mappe concettuali, Desktop Machine
- Analisi, elaborazione e visualizzazione di dati 3D**: Meshlab, Paraview, Scanalyze
- 3D point cloud and mesh processing software**: CloudCompare, ccViewer
- 3D CAD Modeling**: DXF Viewer, Blender
- Computer vision**: VisualSFM, MicMac, MESHROOM, Agisoft Metashape Pro (TeslaV100m 16cores), Agisoft Metashape Pro (2X TeslaK40m 10cores)

At the bottom, there's a terminal window showing a command: `bjobs -w -u all -q graphjob_h72 - Click to UPDATE` and a table with columns: JOBID, USER, STAT, QUEUE, FROM\_HOST, EXEC\_HOST, JOB\_NAME, SUBMIT\_TIME.

dalla nuvola di punti al modello agli elementi finiti per il calcolo strutturale

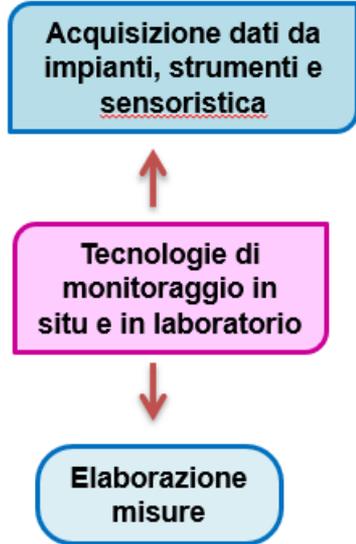


*I Digital Twin per il Cultural Heritage*

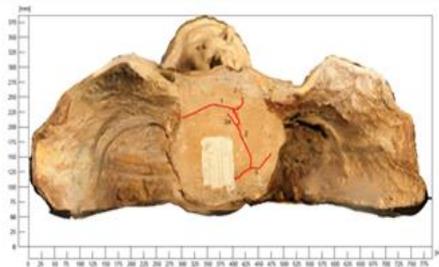
15-19 Aprile 2024 Monte Porzio Catone- INAF-Osservatorio Astronomico di Roma

# Virtual lab DySCo per la condivisione delle prove sperimentali su tavola vibrante

The screenshot shows the ENEA DySCo Virtual Laboratory website. The header includes the ENEA logo and navigation links: Home, About us, ENEA-GRID, Projects, Collaborate, and Search. The main content area features a welcome message: "Welcome to ENEA DySCo Virtual Laboratory (Structural Dynamic, numerical Simulation qualification tests and vibration Control)". Below this, there are sections for "Activities" with a video player showing a laboratory scene, and "Documents" with a list of links: Presentations, Image gallery, Technical Reports, Papers, 3D Vision Videos, Software Tools, Public Area, and Private Area. A "Thematic areas" section lists: Structural Dynamic, Vibration Control, Certifications, and FE Modelling.



# La digitalizzazione da scansione fotogrammetrica



Crack at the basis	
Code	Length [mm]
1	142,4
2	115,1
2a	27,2
3	90,0

Increasing museum documentation and expert knowledge



**Obiettivo: documentare lo stato di conservazione e porre in evidenza dettagli nascosti**

# Integrazione Tecnologie digitali e strumentali

## Photogrammetry



NIKON D60  
CCD sensor  
(10.2 Mpx)



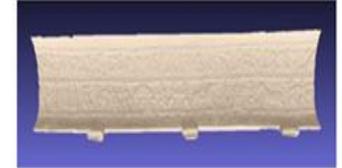
## Structured-light



SMARTSCAN  
by AICON 3D  
SYSTEM



Unrolling of the backrest



Unrolling of the base



Detail of unwrapping relief



# Tecnologie digitali e strumentali

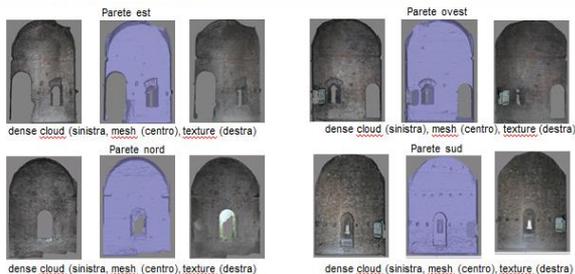
## Approccio integrato fotogrammetria - FBG

### Aurelian Walls

- Built between 270 and 275 A.C.
- Originally about 19 Km
- Represented the city walls
- Nowadays remains 12.5 km long.
  - ❖ 383 towers,
  - ❖ 7020 battlements,
  - ❖ 5 main seats,
  - ❖ 2066 r windows
- Many critical areas

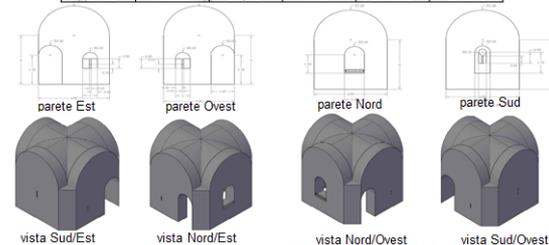


### Torre L2: Rilievo geometrico dalla restituzione 3D fotogrammetrica

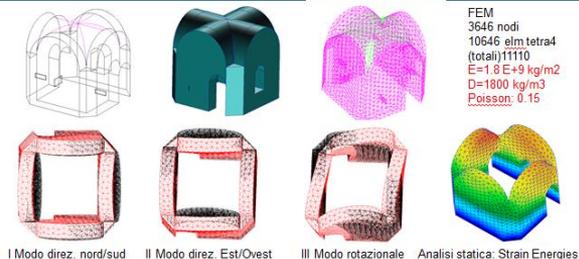


### Torre L2: Rilievo geometrico Restituzione 3D fotogrammetrica

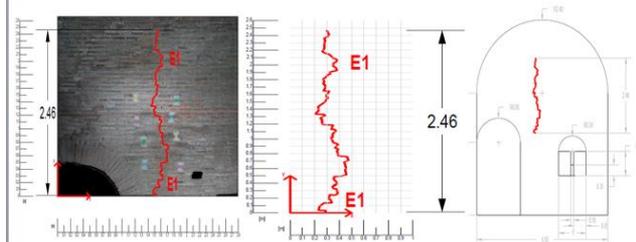
Elaborazione	Qualità	Cameras Aligned	Tie Points	Dense Cloud Points	3D Model Faces
Torre L2	Medium	255,292	79,889	10,926,183	1,724,696



### Torre L2: Modello e analisi preliminare FE

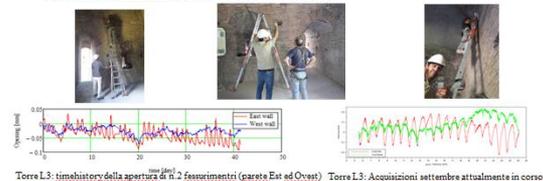


### Torre L2: Quadro fessurativo parete est



### Nuova campagna di misure con sensori FBG

- Nuova installazione sensori FBG per il monitoraggio in continuo (settembre 2018)
- ❖ delle lesioni sulle pareti della torre L3
- ❖ in alcuni tratti del camminamento esterno



## Sistema di monitoraggio per il controllo dell'evoluzione del danno

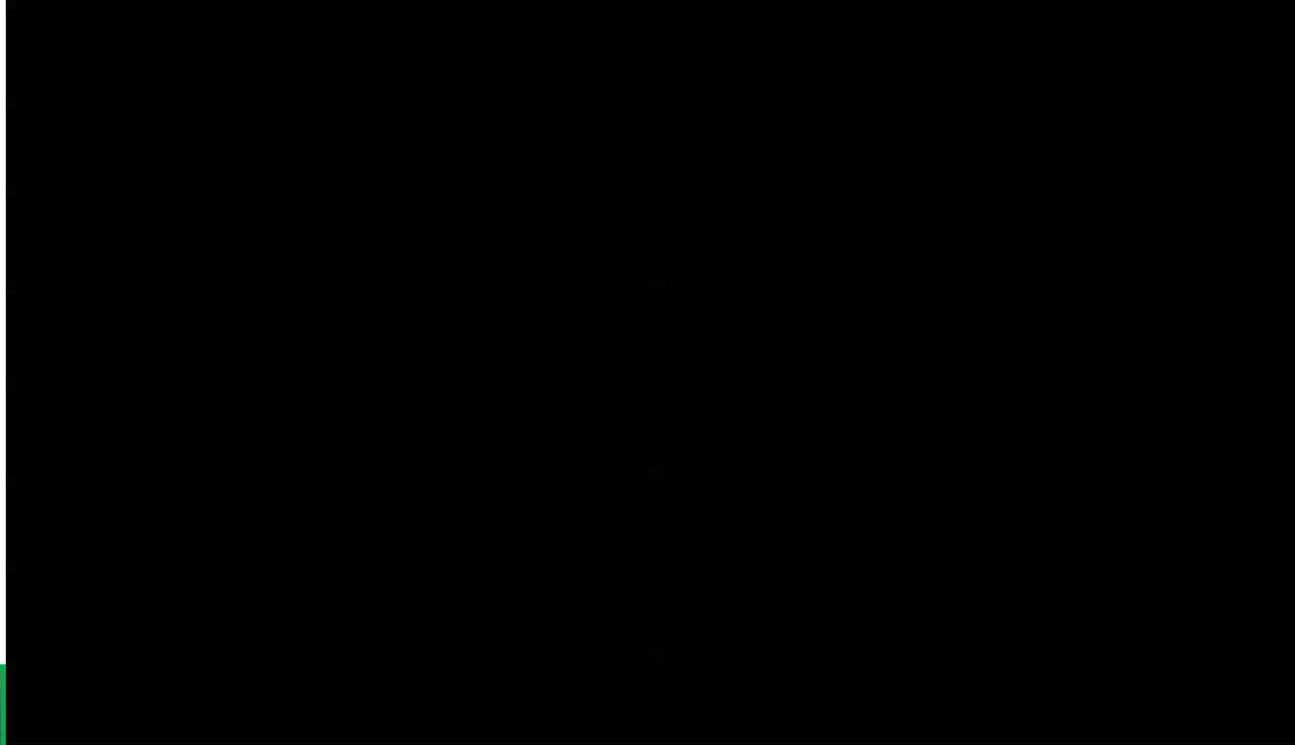
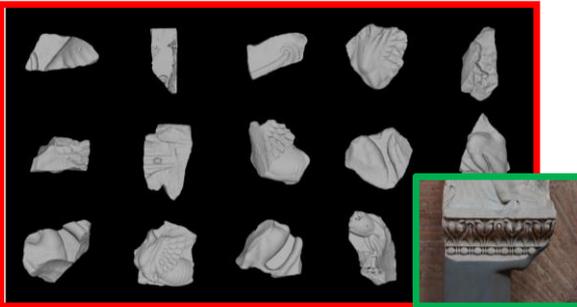


I Digital Twin per il Cultural Heritage

15-19 Aprile 2024 Monte Porzio Catone- INAF-Osservatorio Astronomico di Roma

# Integrazione Tecnologie digitali e strumentali

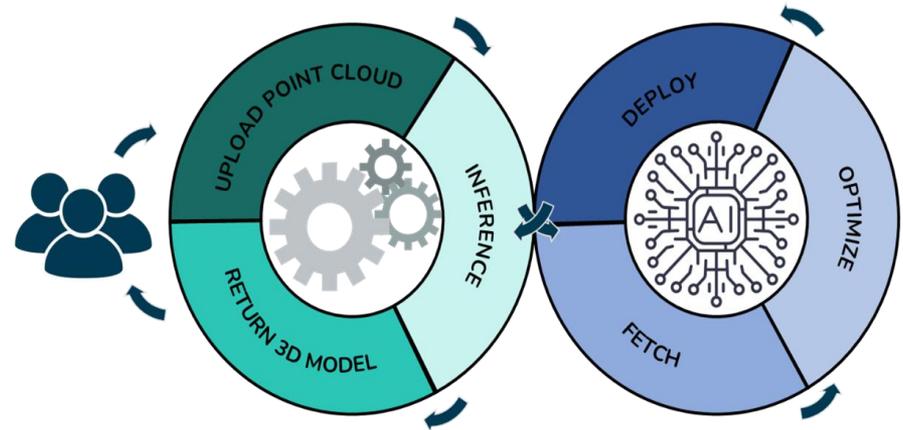
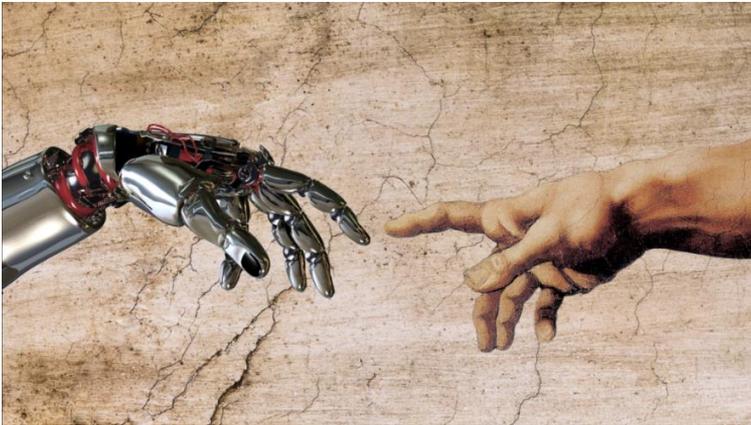
Antiche rovine della basilica Ulpia





# IA per il riconoscimento delle nuvole di punti

Riconoscimento automatico delle nuvole di punti di elementi del patrimonio artistico a supporto della catena di modellazione



Obiettivo: Automatizzare il processo della definizione di modelli numerici mediante algoritmi di IA

# Ikaros: il sistema integrato - museum remote control



Syremont S.p.A.

ENEA

Nomos Ricerche

Promente TLC

# Conclusioni

Con la “**trasformazione digitale**”, la digitalizzazione, acquisisce un significato più esteso; mira ad ottimizzare le logiche di lavoro, ridisegnare le modalità di interazione tra gli utenti coinvolti, sviluppare ed implementare nuovi modelli di creazione del valore nell’ambito degli ecosistemi che vengono abilitati dalle **piattaforme digitali**, attivare percorsi virtuosi per l’efficientamento **nella gestione, conservazione e fruizione dei beni**.

La **modellazione** rappresenta un **valido supporto al monitoraggio e alla diagnostica, alla gestione e programmazione degli interventi manutentivi**, nonché nella valorizzazione di elementi del patrimonio artistico non facilmente accessibili.

# Grazie a tutti per la partecipazione!



**Marialuisa Mongelli**  
*marialuisa.mongelli@enea.it*



*Tecnologie ICT per il Patrimonio Culturale - <https://ict.enea.it/ict-per-i-beni-culturali>*

*Un caloroso ringraziamento va ai colleghi della divisione ICT e dei laboratori HPC e RETE che contribuiscono a vario livello, quotidianamente, con le loro competenze e professionalità a garantire il funzionamento dell'infrastruttura ICT dell'ENEA.*