Condizioni operative per l'utilizzo del Laser Scanner nei dissesti strutturali di beni culturali

Anna De Santis
Ministero dei Beni e delle Attività Culturali

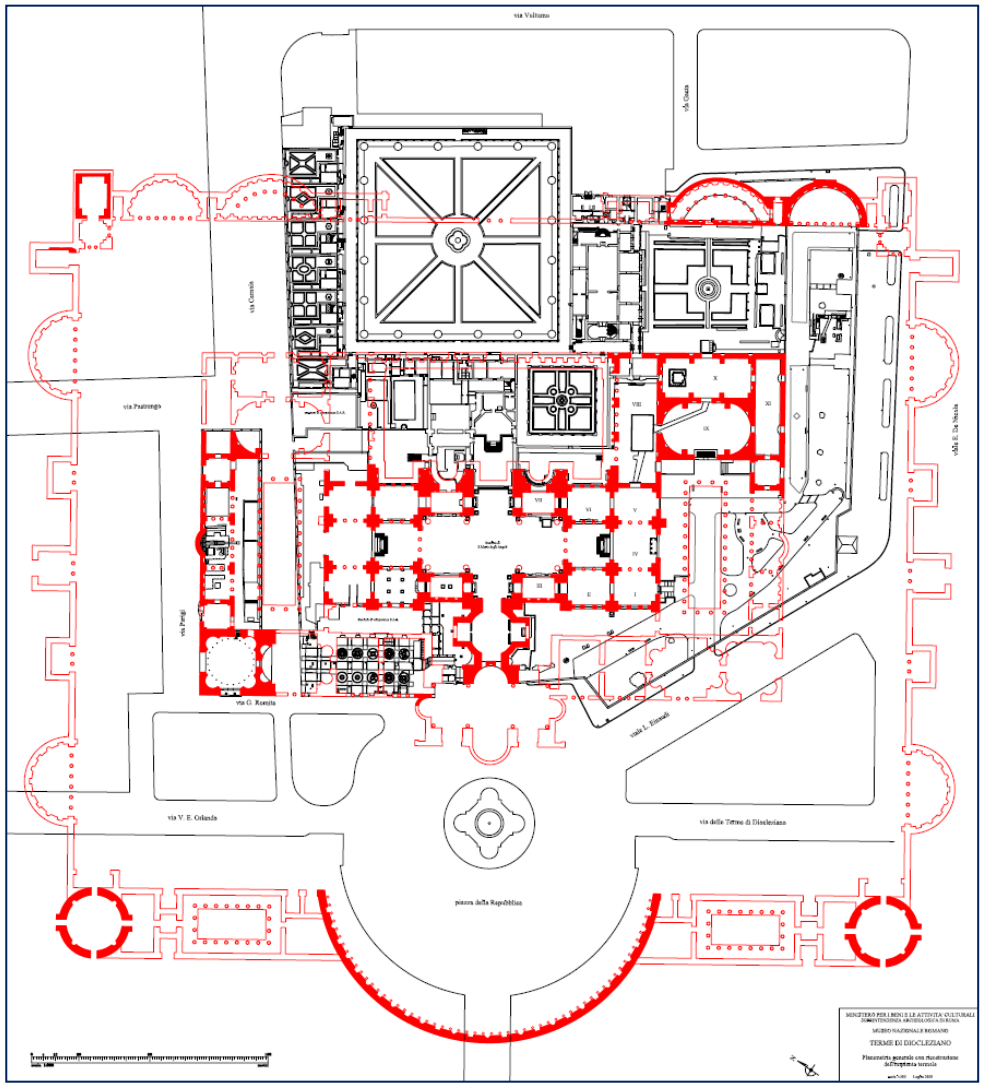
Paolo Dolci
Ministero dell'Interno

Obiettivo della relazione

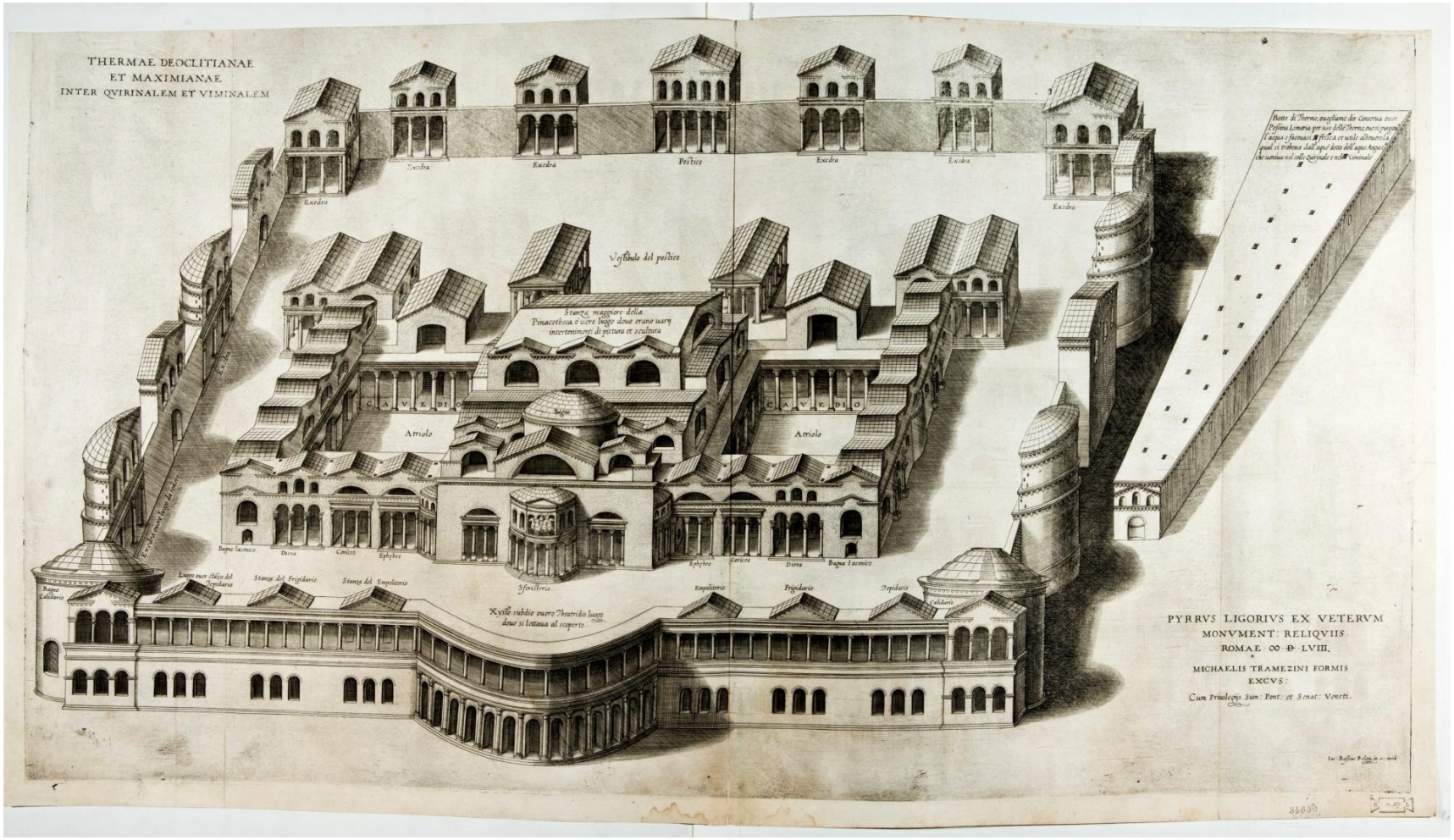
Durante le attività svolte per il progetto STORM è stato concordato di monitorare, attraverso l'uso della tecnologia laser scanner terrestre, la stabilità di elementi strutturali di edifici di pregevole valore architettonico (Terme di Diocleziano - Roma) e di verificare l'efficacia della realizzazione delle opere provvisionali eseguite successivamente al verificarsi di eventi calamitosi, con danni ingenti al patrimonio edilizio, artistico, storico e monumentale (Piazza San Benedetto - Norcia)

Terme di Diocleziano – Roma

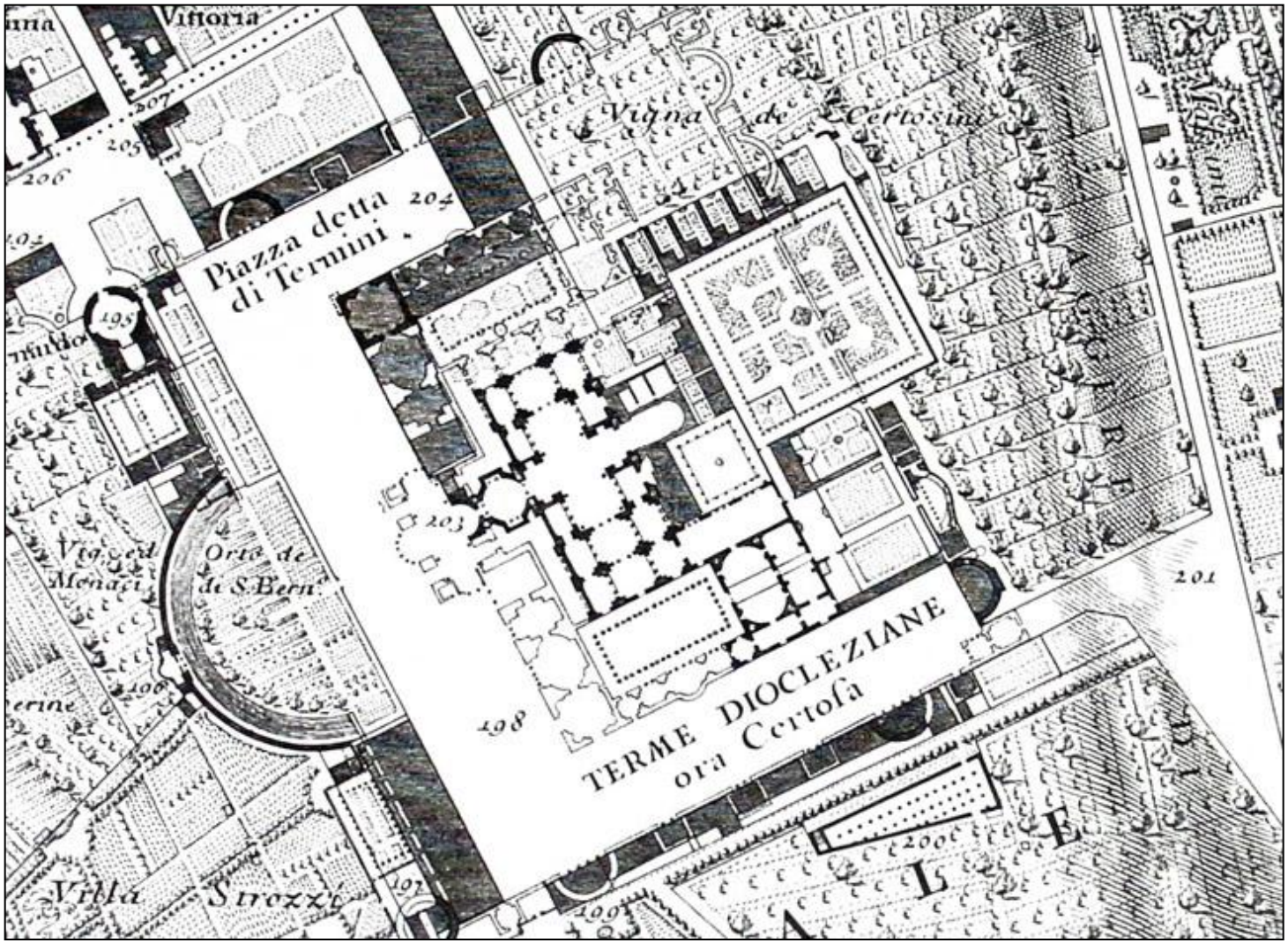
Veduta aerea delle Terme di Diocleziano



Planimetria generale delle Terme con le strutture della Certosa

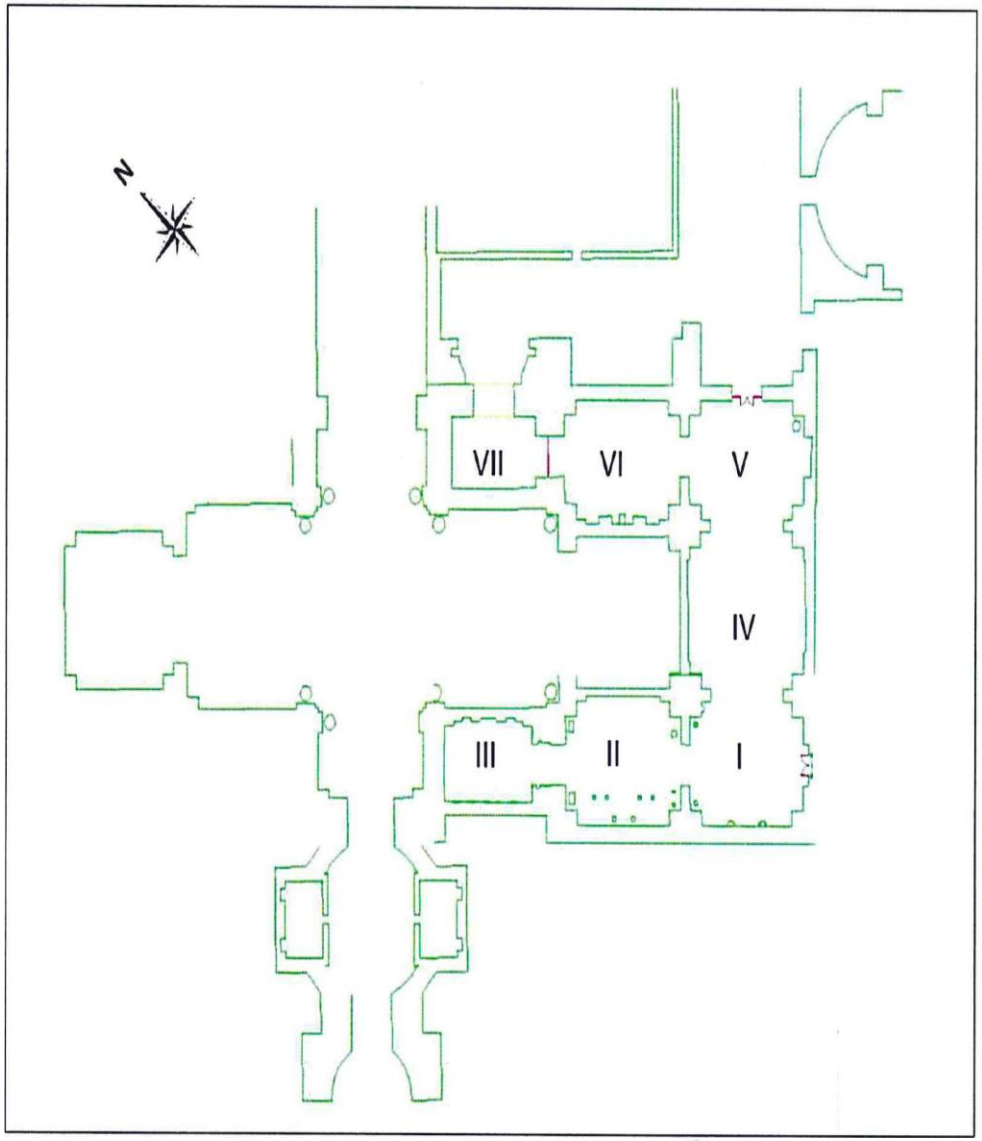


Le Terme di Diocleziano nella carta di Roma di Pirro Ligorio (1561)

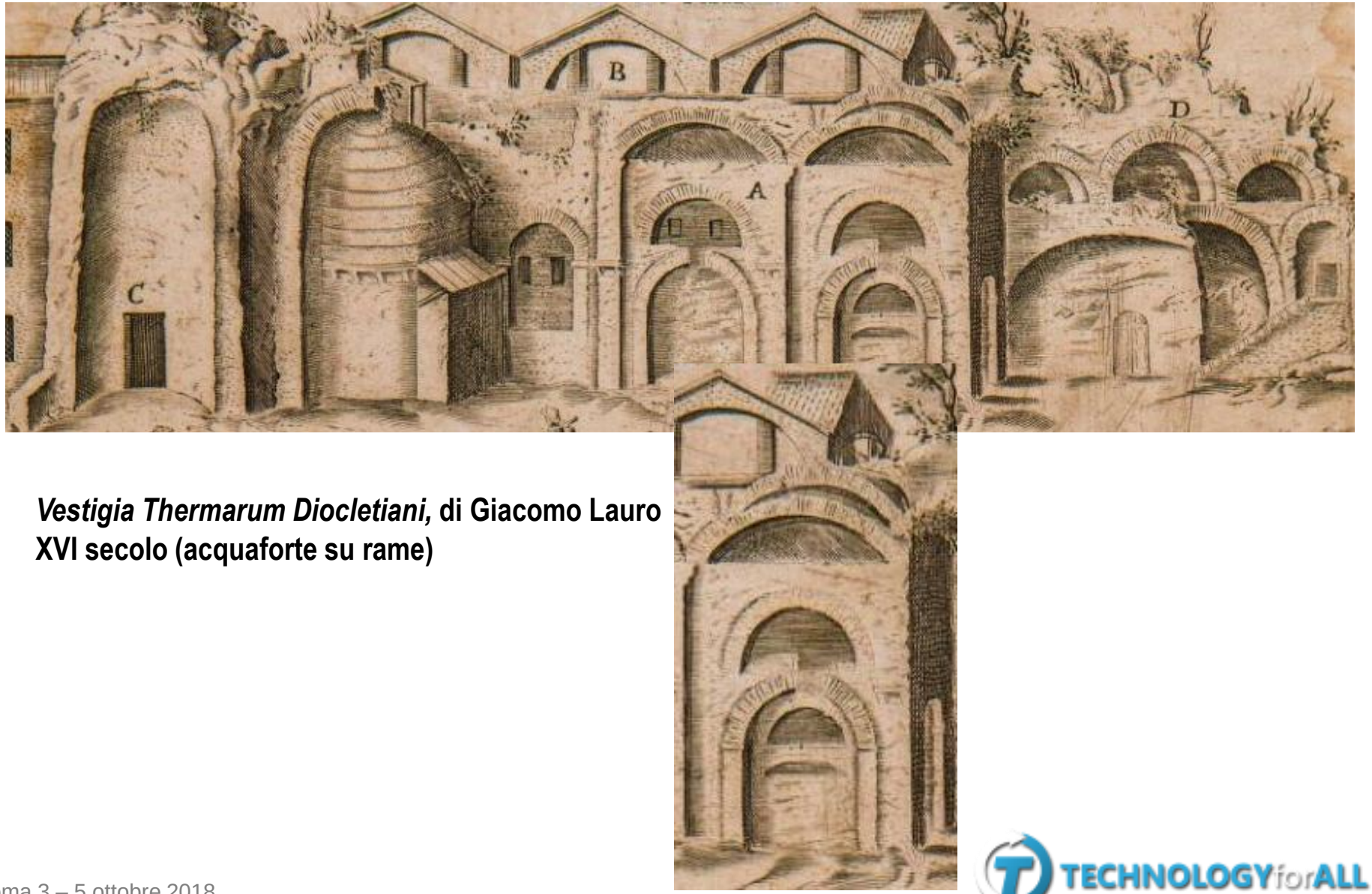


Particolare delle Terme di Diocleziano nella pianta di Roma di Giambattista Nolli (1748)

Planimetria delle grandi aule situate sul lato orientale del corpo centrale delle Terme.

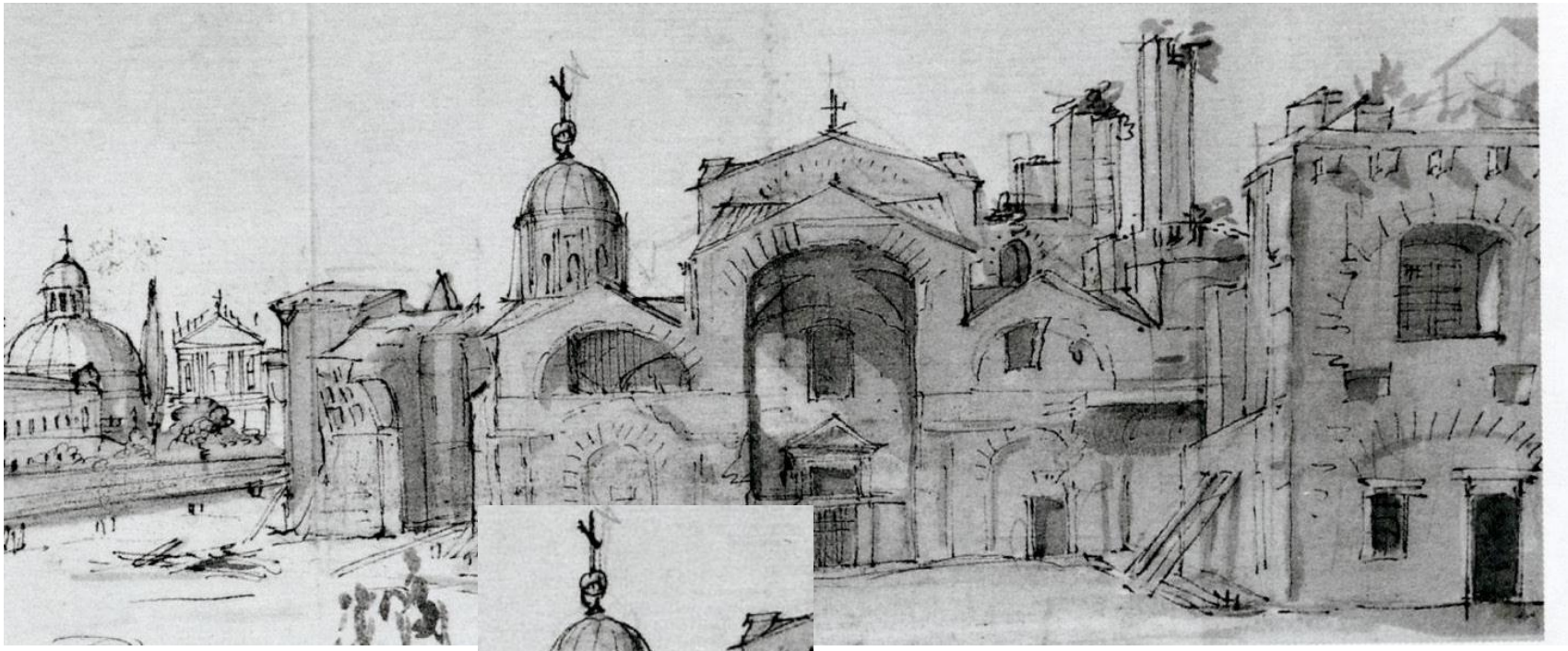


Terme di Diocleziano – Roma



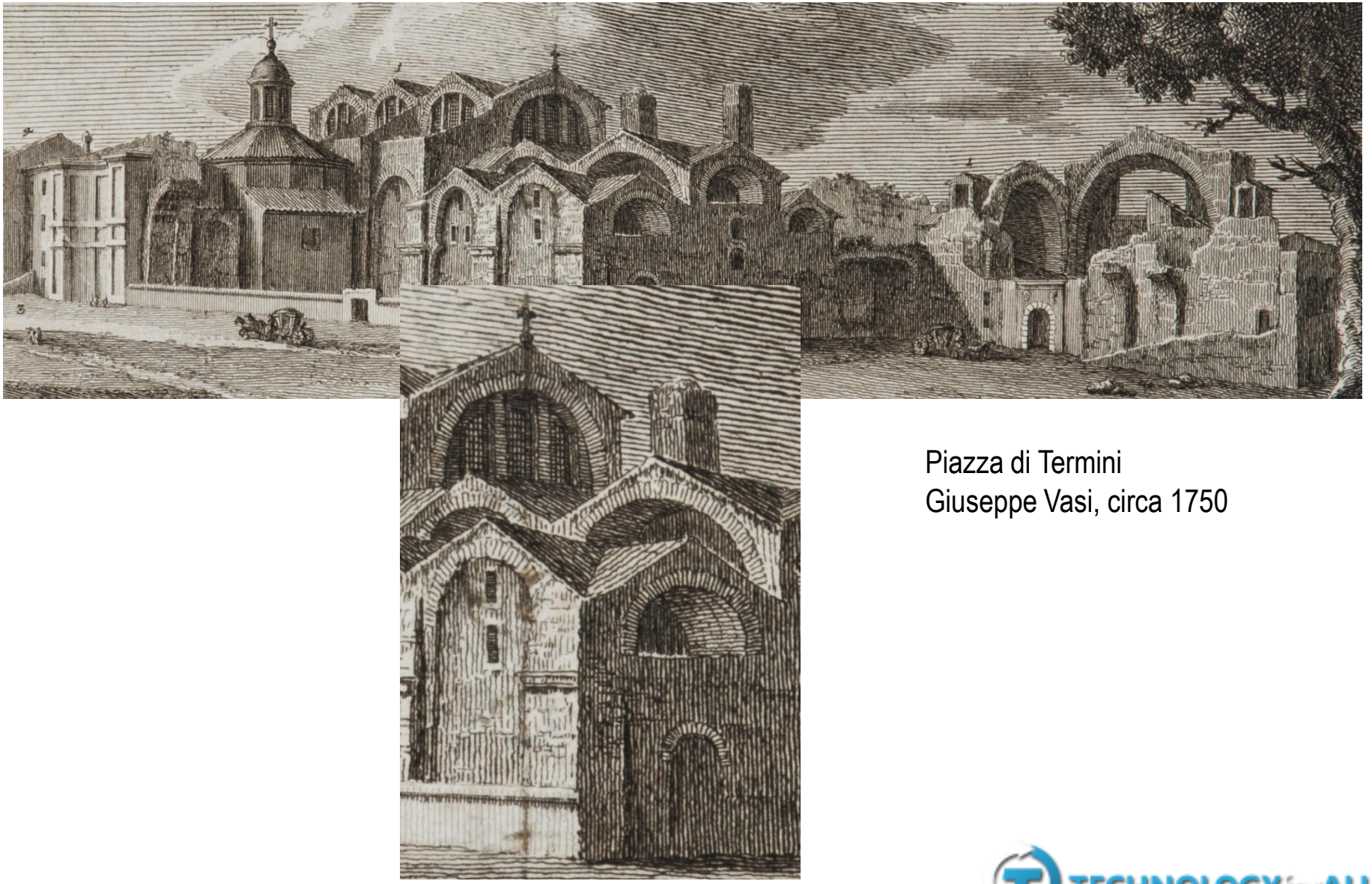
Vestigia Thermarum Diocletiani, **di Giacomo Lauro**
XVI secolo (acquaforte su rame)

Terme di Diocleziano – Roma



Filippo Juvarra 1705-1714

Terme di Diocleziano – Roma



Piazza di Termini
Giuseppe Vasi, circa 1750

Terme di Diocleziano – Roma

Piazza di Termini
Giovanni Battista Piranesi
XVIII secolo

Terme di Diocleziano – Roma

Le Terme di Diocleziano nel 1909

Terme di Diocleziano – Roma

Veduta delle Terme di Diocleziano

Terme di Diocleziano – Roma

Le aule I, IV e V viste dall'esterno

Terme di Diocleziano – Roma

Terme di Diocleziano – Roma

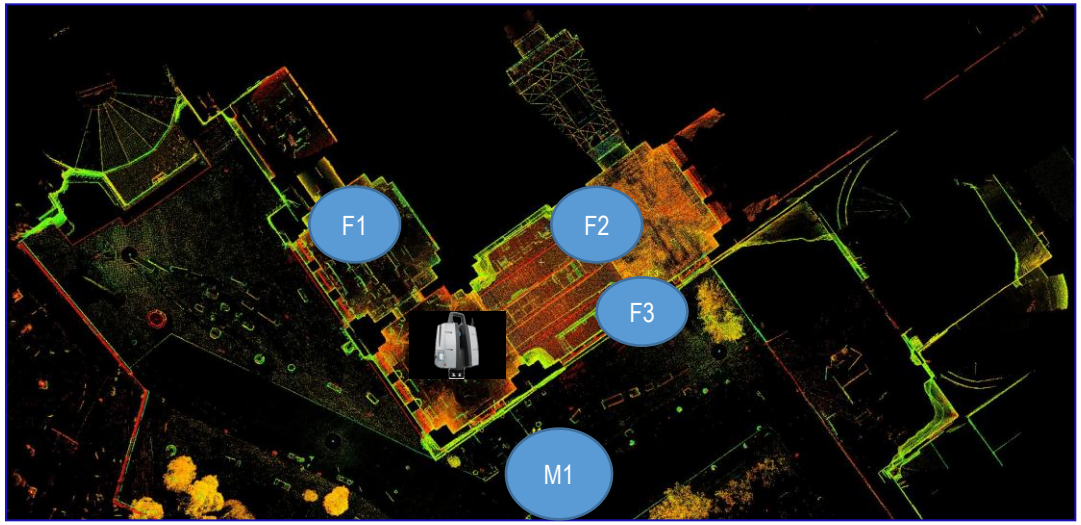
Aula I interno

Terme di Diocleziano – Roma

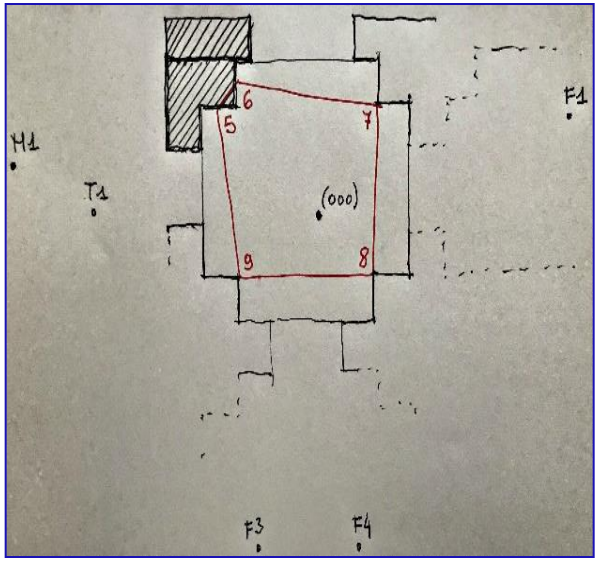
Aula I tratti della parete interna con efflorescenze saline. Sono stati installati due sistemi di monitoraggio “Arduino” e sensori FBG per raccogliere dati sull’umidità relativa e lo stress delle strutture murarie.

Durante le attività svolte per il progetto STORM, presso le Terme di Diocleziano, è stato individuato, all'interno dell' «Aula 1», un luogo di interesse specifico: ***l'alto pilastro d'angolo sinistro*** ove sembra ci sia un interessamento di spostamenti.

Si sono rinominate le scansioni secondo il loro tempo di acquisizione chiamando convenzionalmente **T0** la prima, **T1** la seconda e **T2** la terza.
Per i target utilizzati nell'allineamento si è utilizzato l'identificativo **F** (*fisso*) e **M** (*eventuale mobile*).



Sono state fatte delle riprese ripetute nel tempo e precisamente in data:
9 maggio 2017, (T0)
5 settembre 2017, (T1)
7 marzo 2018, (T2) per monitorare eventuali spostamenti dovuti anche al normale assestamento delle strutture al variare delle temperature nelle diverse stagioni.

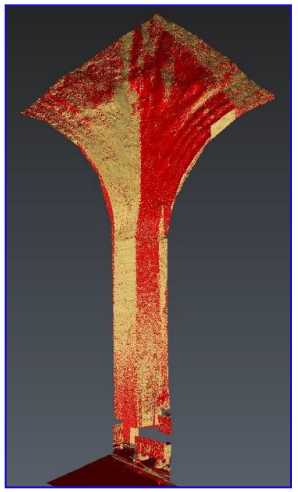


Il primo problema affrontato è stato la verifica del perfetto allineamento delle diverse scansioni eseguite in tempi successivi. **Lo scarto minimo raggiunto è di 0.6 mm.**

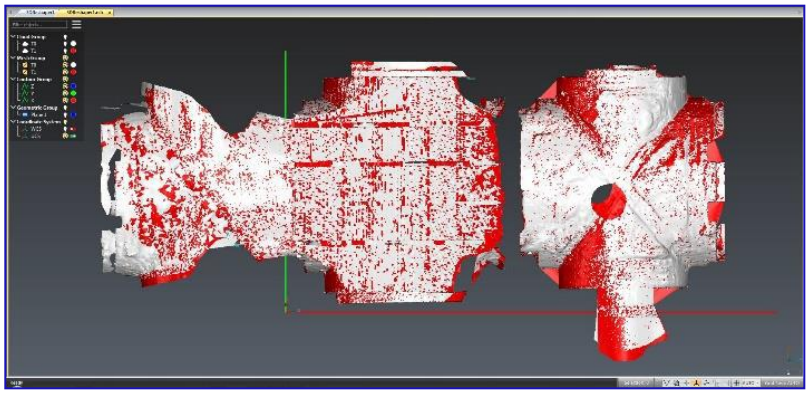
Si è lanciato quindi l'algoritmo di best-fit tramite il software di allineamento delle nuvole escludendo dal calcolo l'influenza dei target.

Si è pensato dunque ad eliminare dal calcolo quelle parti di superficie (nuvola) che potessero essere soggette a movimento: il basamento fino a 2 metri di altezza ove erano depositate alcune casse del museo (suscettibili a movimentazione), e possibili pedoni.

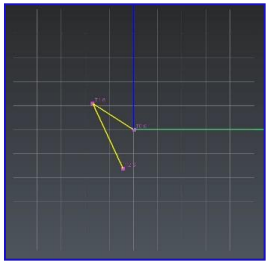
Per concludere la sperimentazione si è deciso di eliminare anche la parte di pilastro che poteva essere soggetta a movimento

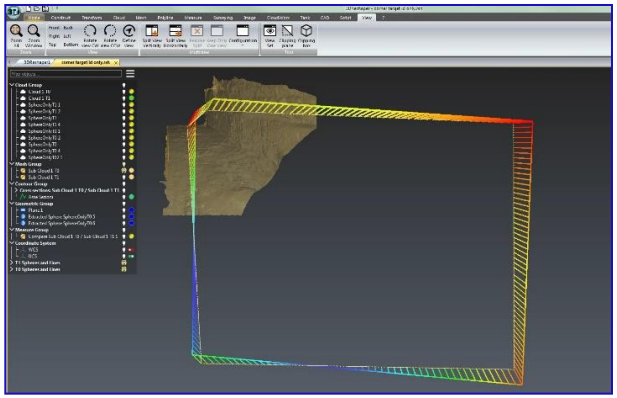


Dal confronto visivo delle due superfici al meglio sovrapposte di tutto l'ambiente dell'aula 1, si evince **come lo scostamento interessi tutta la volta** e non solo il pilastro d'angolo. Mentre la stessa sovrapposizione nell'aula adiacente non evidenzia particolari anomalie. **Se ne deduce quindi che un certo movimento esiste.** Si deve solo determinare di quanto.

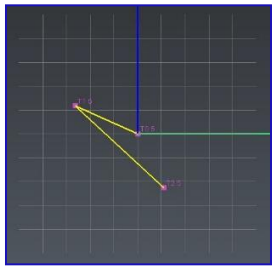


Punto 6: viste XY e YZ





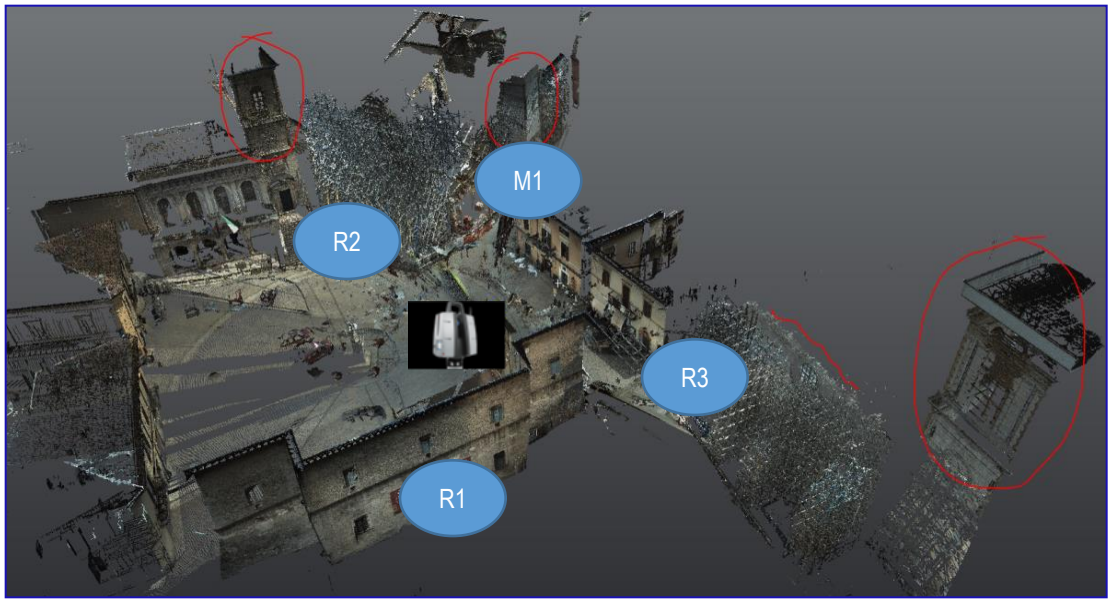
I risultati di questa analisi evidenzia quindi un movimento misurabile nelle 3 componenti XYZ di ogni centro della sfera ma anche globale su tutta la distanza intercorsa tra le sfere e diagrammando con un grafico colorato rappresentante gli scostamenti si ha un immediata e visiva analisi.



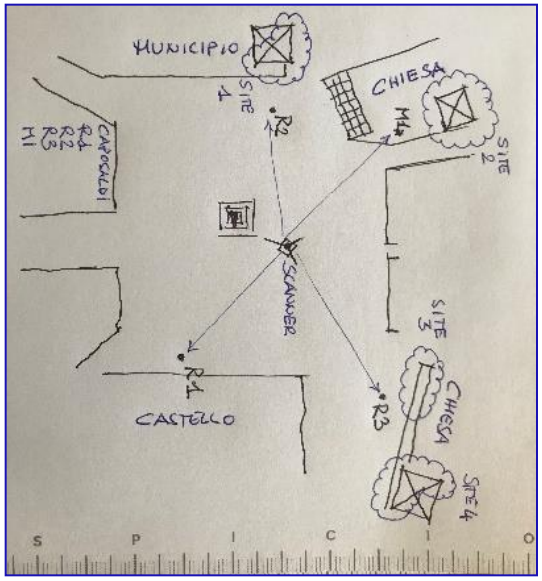
Punto 5: viste XY e YZ

In sostanza si può affermare che gli scostamenti rilevati sono assolutamente coerenti con il normale assestamento della muratura nelle diverse stagioni in quanto sono minimi e tutti al di sotto dell'errore massimo strumentale.

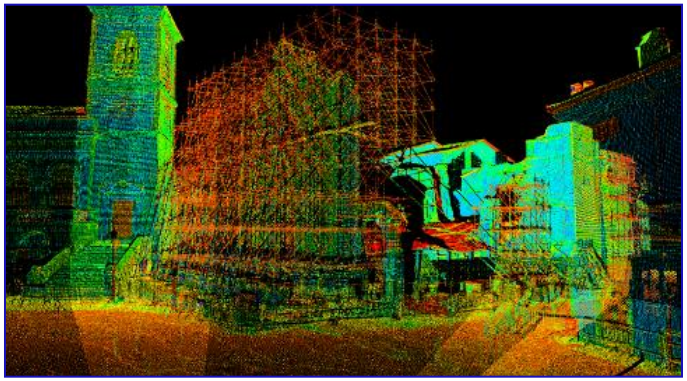
Piazza San Benedetto– Norcia (PG) Monitoraggio con laser scanner



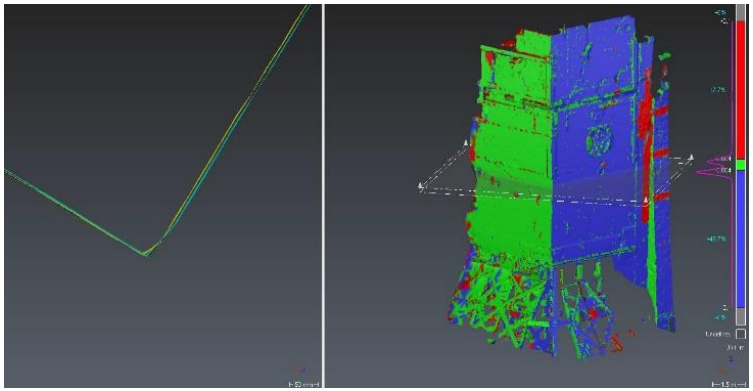
Sono stati eseguiti importanti interventi di fissaggio sulla facciata della Chiesa di Santa Maria Argentea, sulla Torre del Municipio e sul Campanile della Chiesa di San Benedetto.
Si è analizzata l'opera provvisionale appena realizzata e si confronta poi con un rilievo successivo. Tale intervallo viene definito anche monitorando la frequenza delle scosse di assestamento verificando la corretta tenuta degli interventi di tutela messi in opera.



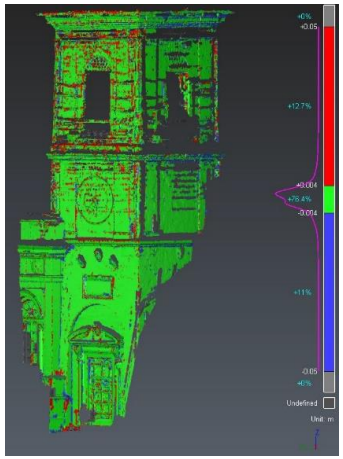
Nella fase di rilievo si è utilizzata la procedura standard, che prevede di sfruttare la capacità dello scanner di collimare delle mire fissate il loco per poter ricalcolare la sua posizione in riferimento al sistema usato nella misura precedente. Per i target utilizzati nell'allineamento si è utilizzato l'identificativo **R** (*fisso*) e **M** (*eventuale mobile*).

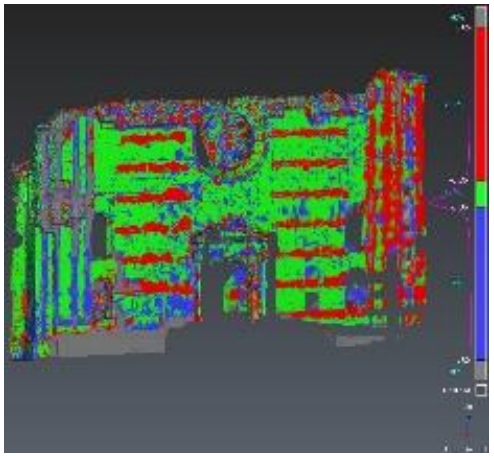


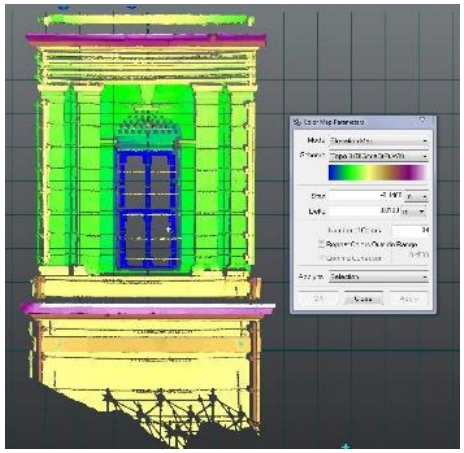
Si sono rinominate le scansioni secondo il loro tempo di acquisizione chiamando convenzionalmente
T0 (Tempo Zero) la prima eseguita il **13 Aprile 2017**;
T1 la seconda del **26 Luglio 2017**.
Il corretto riposizionamento nello stesso sistema di coordinate è stato reso possibile dal posizionamento dei pioli fissi sui quali sono stati riposizionati i target.



Sono state quindi messe a confronto le due superfici ed il risultato sia visivo che numerico lascia intendere che non ci sono movimenti importanti o localizzati.
La gamma cromatica prende in considerazione un range millimetrico da +0.004 a -0.004 quindi 8 mm.
I siti 1 e 3 non presentano scostamenti rilevanti.







Il sito 2 invece presenta un leggero scorrimento evidenziato dalla facciata interamente di colore blu. Questo significa un assestamento verso l'interno ed in direzione ortogonale alla facciata. Essendo omogeneo non si evince nessuna torsione ma solo uno scostamento parallelo.

Per maggiori informazioni

Dott.ssa Anna De Santis
Soprintendenza Speciale Archeologia,
Belle Arti e Paesaggio di Roma
Piazza dei Cinquecento -00185 ROMA
anna.desantis-01@beniculturali.it

Direttore Vice Dirigente
Arch. Paolo Dolci
Comando Provinciale Vigili del Fuoco di Roma
Via Genova, 3 A - 00184 ROMA
paolo.dolci@vigilfuoco.it