



Ministero per i Beni e le Attività Culturali

ISTITUTO SUPERIORE PER LA CONSERVAZIONE ED IL RESTAURO

Attività formativa prevista per il profilo professionale di capo tecnico



Rilievo, misura, rappresentazione

Roma – 12 novembre 2008 -

Arch. Stefano D'Amico – ISCR (sdamico.icr@beniculturali.it)



Premessa

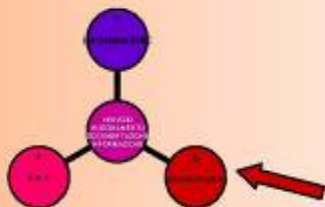


“ [...] Se la pittura e la scultura si giudicano prevalentemente a vista, l’architettura, prima fra le arti del disegno, si giudica e si comprende anche con l’ausilio del disegno.

Se il disegno di rilievo, quindi, è da un lato lettura pre-diagnostica, mezzo di analisi e di controllo, efficacissima indagine non distruttiva, dall’altro è un poderoso strumento di comprensione storico-critica. “

Tratto da: Giovanni Carbonara, Avvicinamento al restauro. Teoria, storia, monumenti, Liguori, 1997, p.491

n. 10 unità
n. 1 unità PT



50

SIDI 1.2.

n. 3 unità

B.A. 2. RILEVAMENTO

- Diretto
- Topografico
- Fotogrammetrico
- Stereofotogrammetrico
- Scansione laser 3D
- Sistemi di rappresentazione

B. A. 1
LABORATORIO PER
APPLICAZIONI
-PROGETTAZIONE
-SISTEMI DI RAPPRESENTAZIONE
-GESTIONE DATI
n. 3 C1 capi
M. BUI
M.A. GO
S. TAGLIA
n.1 B3 assi
G. ORTON
n. 1 A1 add. S
M. MARC

FOTOGRAFICO
DIGITALE
log, conservazione
grafici e digitali,
periodica;
e bibliografiche
titi e vendite
enza al pubblico
n. Scient.
AIOLA
ARDI



Approccio metodologico al rilievo



Sin dalle origini si è cercato di puntare su di una corretta integrazione delle metodologie di rilevamento come presupposto indispensabile di una compiuta conoscenza del manufatto oggetto di studio, senza privilegiare approcci precostituiti o dettati dalle mode del momento e tenendo sempre presenti:



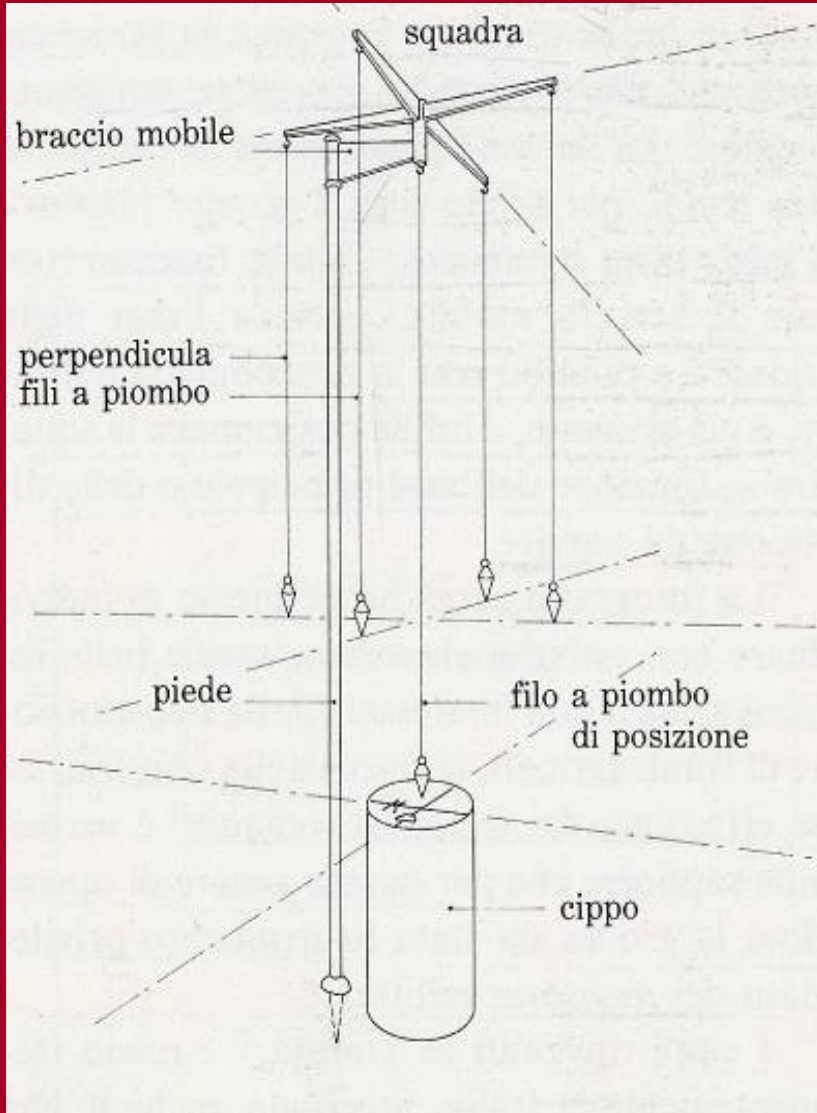
- *Risorse disponibili*
- *Caratteristiche del manufatto*
- *Obiettivi del rilevamento*

B.A. 2.

RILEVAMENTO

- Diretto ←
- Topografico
- Fotogrammetrico
- Stereofotogrammetrico
- Scansione laser 3D
- Sistemi di rappresentazione

Rilievo diretto : alcuni strumenti del passato



(da Adam J.P., 1988)

Roma - La groma



Le principali unità di misura nell'antichità

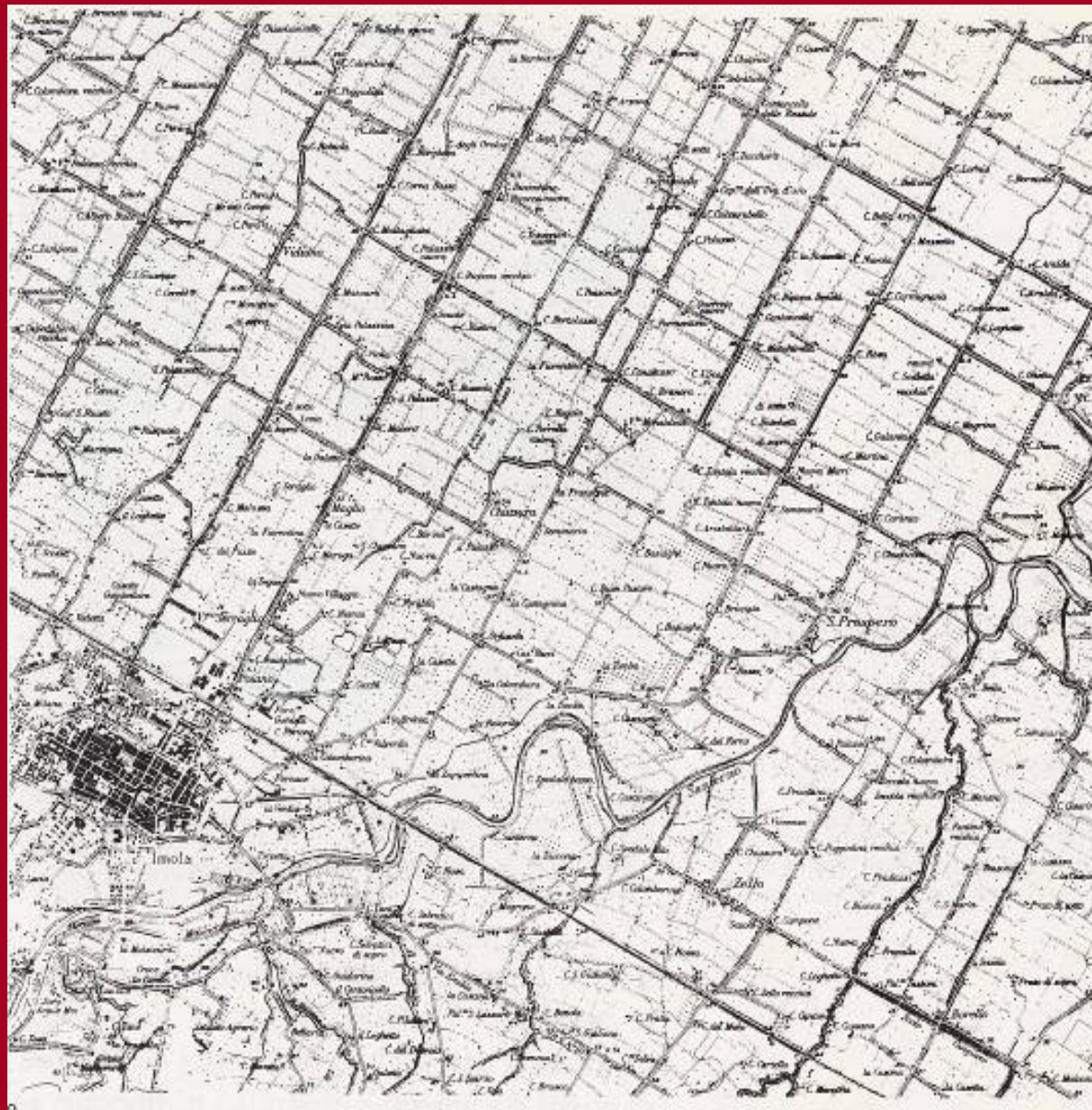


MESOPOTAMIA-EGITTO							metri
Palmo	1	4	6	2.400			0,0872
Piede		1	1 1/2	600			0,35
Cubito			1	400			0,525
Stadio				1			210,0
GRECIA							
Palmo	1	4	6	10	400	2.400	0,074
Piede		1	1 1/2	2 1/2	100	600	0,296
Cubito			1	1 1/6	66 1/6	400	0,444
Passo				1	40	240	0,74
Plethro (jugero)					1	6	29,6
Stadio						1	177,6
Piede ionico							0,2775
Piede olimpico							0,308
ROMANI							
Palmo	1	4	6	10	40	20.000	0,074
Piede		1	1 1/2	2 1/2	10	5.000	0,2956
Cubito			1	1 1/2	6 2/3	3.329	0,444
Passo (gradus)				1	4	2.000	0,74
Pertica (decempeda)					1	500	2,96
Miglio (miliarum)						1	1.478,00

Un esempio: Leptis Magna (Libia)



La viabilità moderna della regione di Imola come diretta derivazione dalla centuriazione antica



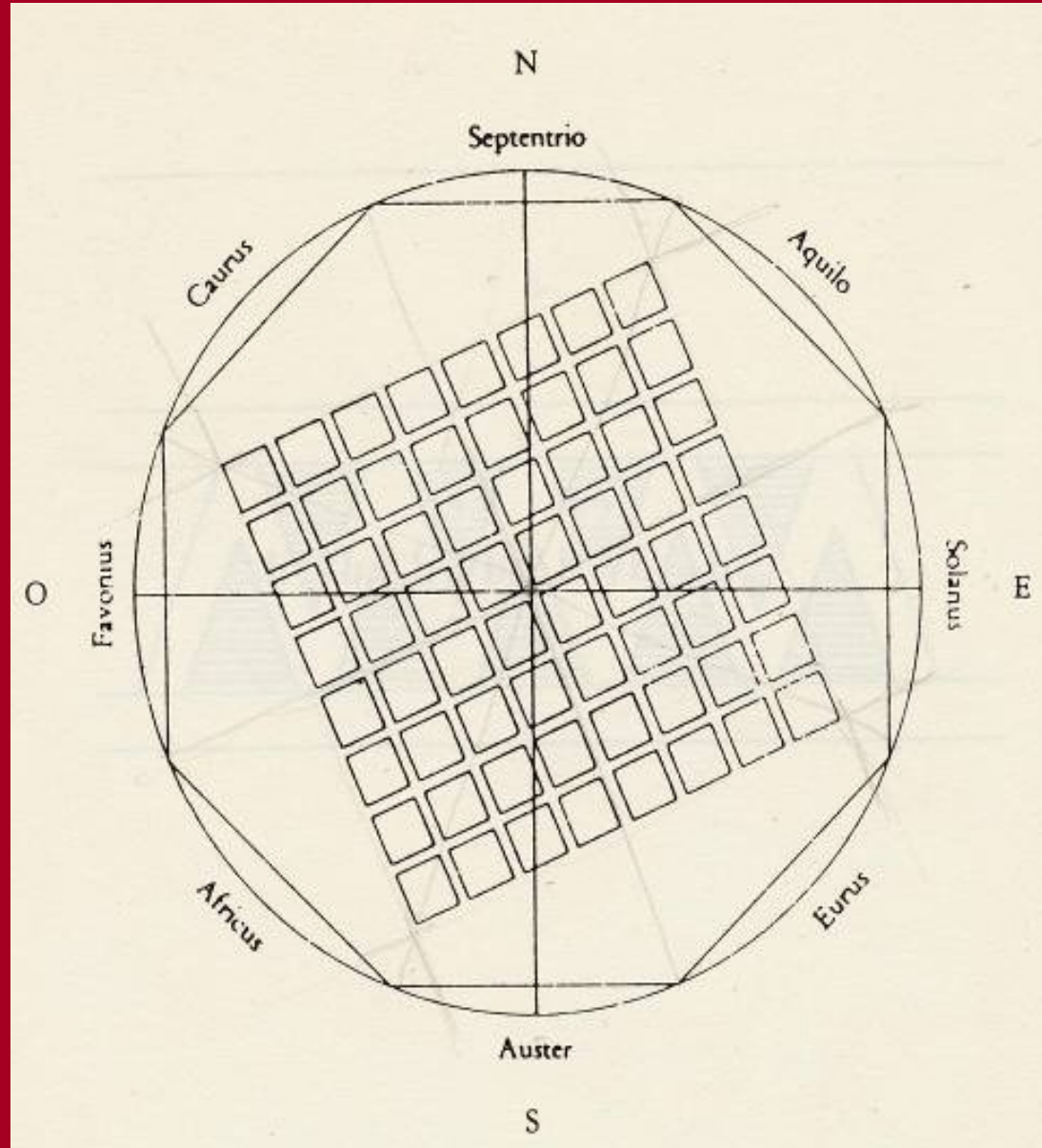


La creazione di città basate sulla realizzazione di *insulae* quadrate,
un esempio: Ticinum (Pavia)





L'orientamento della rete viaria rispetto alla direzione dei venti: Vitruvio



(da Vitruvio,
De Architectura,
Libro I, VI,1-13)

Lo schema ortogonale come matrice dell'impianto urbano: Cina e Giappone

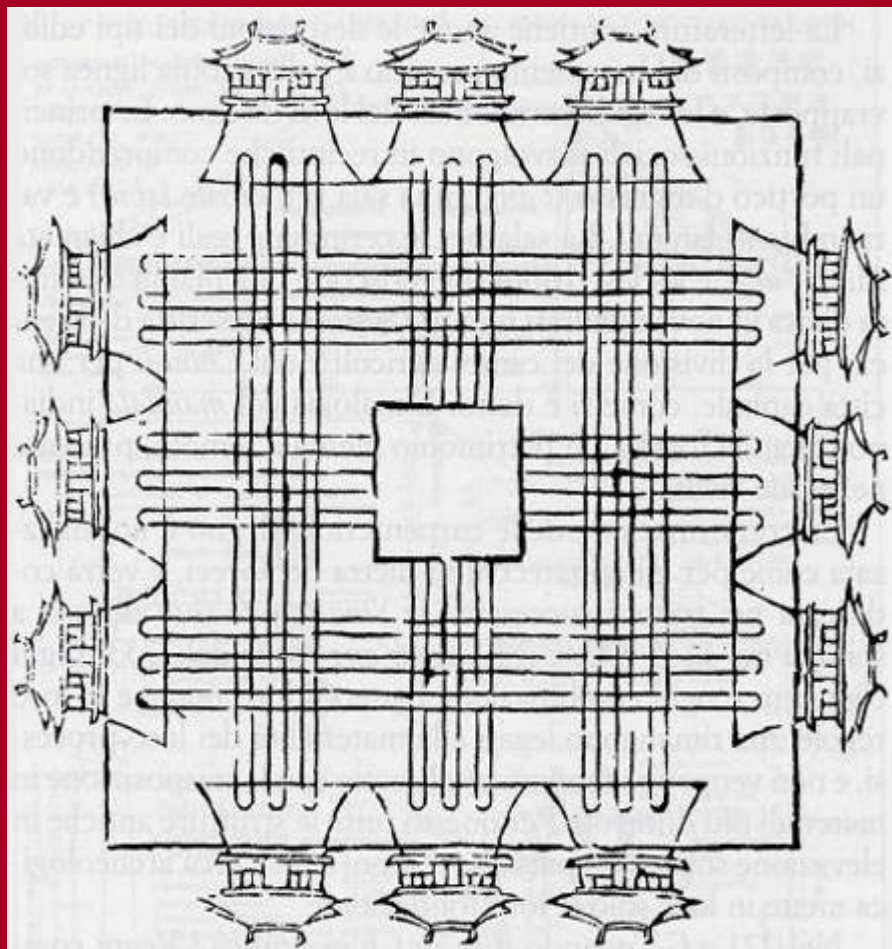
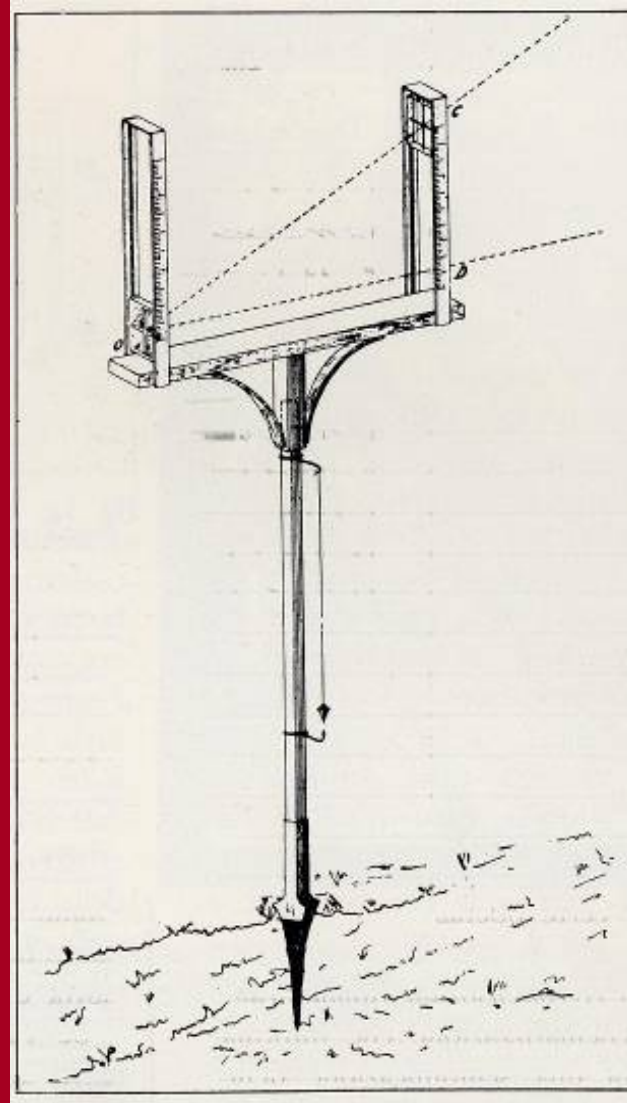


Fig. 210. Il modello teorico di una città capitale, contenuto nel trattato *Chou-li* del IV secolo a.C.



Fig. 217. Fujiwara, la prima capitale del Giappone fondata nel 694 d.C. secondo il modello cinese. La campagna circostante è tuttora suddivisa da una griglia orientata secondo i punti cardinali.



ricostruzione proposta da De
Caterini (1935)
(da Docci M., Maestri D., 1984)

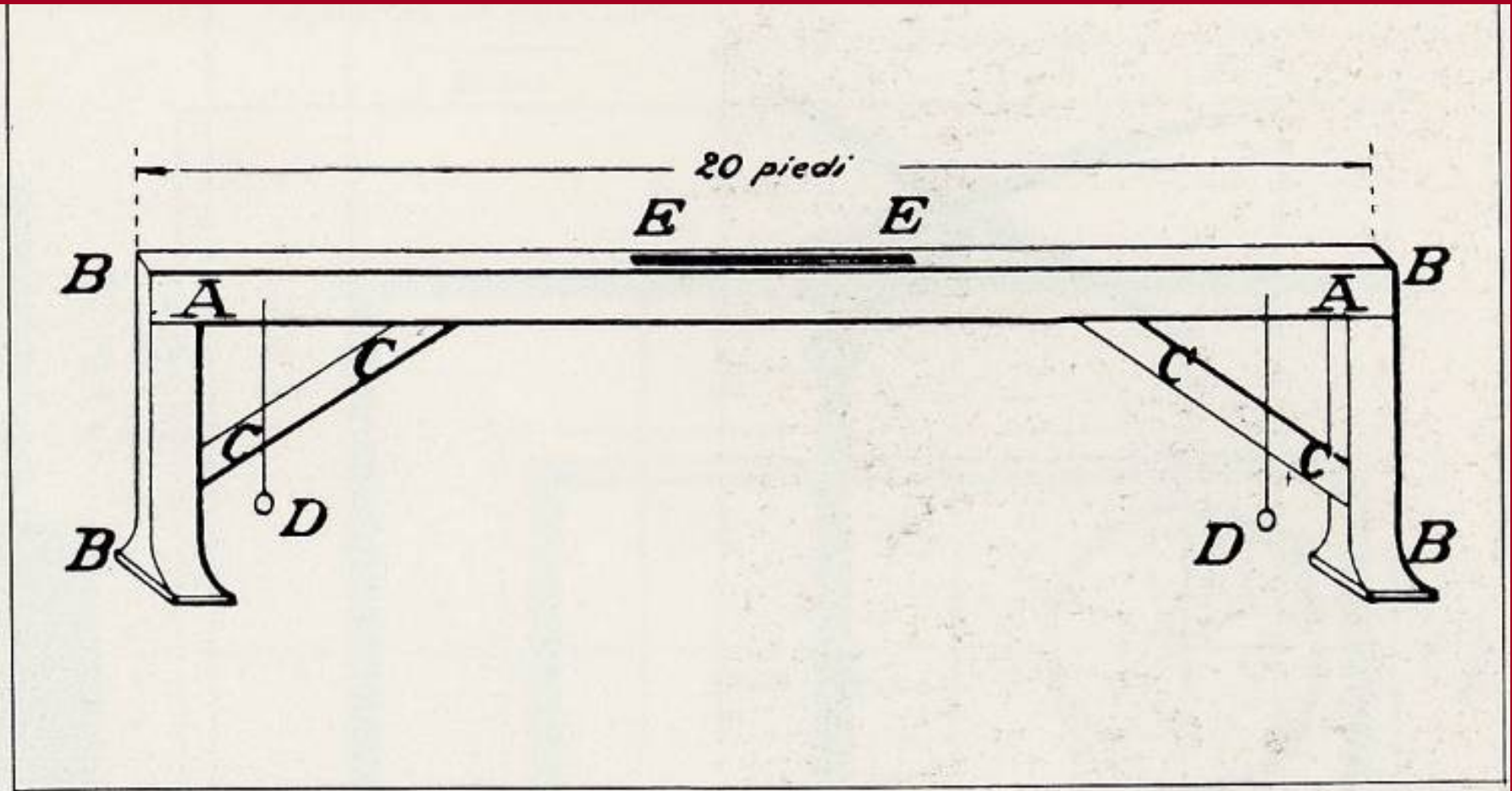


Fig. 32 Il corobate nella ricostruzione proposta dal Viviani (1832, «L'architettura di Vitruvio»).



Le principali unità di misura del Medioevo



PRINCIPALI MISURE DI LUNGHEZZA IN USO DAL MEDIOEVO
FINO ALL'INTRODUZIONE DEL SISTEMA METRICO DECIMALI

MILANO

Piede	m	0,43	(= 12 oncie)
Braccio mercantile	»	0,59	
Trabucco	»	2,61	(= 6 piedi)
Gettata	»	5,22	(= 2 trabucchi)

FIRENZE

Braccio da terra	m	0,551202	(abolito nel 1782)
Pertica	»	3,3072	(= 6 bracci da terra)
Braccio fiorentino o da panno	»	0,583626	
Canna mercantile	»	2,334504	(= 4 bracci)
Canna agrimensoria	»	2,918130	(= 5 bracci)

ROMA

Palmo romano	m	0,2234	
Canna architettonica	»	2,234	(= 10 palmi romani)
Catena architettonica	»	11,1711	(= 5 canne architettoniche)
Piede	»	0,297	
Catena agrimensoria	»	12,8467	

NAPOLI

Palmo	m	0,2645	(secondo altri m 0,26367)
Passo di terra o pertica agrimensoria	»	1,933580	
Pertica architettonica	»	2,645	(secondo altri m 2,6367)

(da Docci M., Maestri D., 1984)

Le principali unità di misura del Medioevo, un esempio: Assisi, Palazzo comunale





Le principali unità di misura del Medioevo, un altro esempio: Norcia, San Benedetto



La presa delle misure in passato, un esempio: il quadrante geometrico



a) L'uso del quadrante geometrico per la misura della distanza tra due punti su un terreno pianeggiante è semplice. Si voglia, ad esempio, determinare la distanza tra i due punti B'E. Posto uno dei lati graduati del quadrante in corrispondenza del tratto da misurare e facendo coincidere il vertice B del quadrante con il punto B' (inizio del tratto di terreno da misurare), e tenendo lo strumento verticale si alza la lina o nota mobile o alidada (inclinata in A), fino a riguardare il punto E. Si vengono così a determinare due triangoli aventi angoli simili e lati proporzionali; l'uno AFD (con il lato DF graduato), e l'altro ABE dato dal lato AB del quadrante, dal segmento B'E da misurare e dalla relativa ipotenusa AE. Per sapere quanto misuri B'E basta trovare quante volte il segmento DF sta nel lato AB. La distanza B'E sarà quindi pari a sei volte il lato AB del quadrante e pertanto risulta determinata. Con lo stesso procedimento descritto per rilevare una distanza sul terreno, era possibile, con il quadrante geometrico ricavare l'altezza di una torre o altro elemento verticale sul piano di campagna, oppure trovare la profondità di una valle, o ancora, mediante l'aggiunta di un filo a piombo, rilevare l'altezza di una torre stando su un altro edificio posto a non grande distanza dalla prima.

Fig. 117 a b c Il quadrante geometrico e suo uso. Il quadrante geometrico era uno strumento di legno, grande due braccia o più di lato, con due lati suddivisi in sessanta parti ognuno e con una lina o alidada, dotata di mire o traguardi, incernierata, ad una estremità, nel vertice non graduato del quadrante stesso. L'alidada era quindi libera di spostarsi attorno al punto di cerniera e, mediante le mire, di essere allineata con un certo punto da rilevare.



Rilievo diretto: alcuni strumenti odierni



da sinistra in alto:
 filo a piombo, distanziometro
 laser, fettuccia metrica,
 chiodo di materializzazione dei
 Punti di stazionamento

SCALA		
1:1		dettagli della decorazione, tecniche edilizie
1:5	}	dettagli architettonici, decorazione, piante e sezioni particolari
1:10		
1:20		standard della documentazione di scavo
1:50		planimetrie e sezioni di edifici, planimetrie generali dell'area di scavo
1:100		planimetrie di complessi edifici, porzioni di centri urbani, sezioni schematiche
1:200		planimetrie d'insieme di edifici e centri urbani
1:500		planimetrie consuntive dei centri urbani, porzioni di territorio
1:1.000	}	inquadramento topografico dei siti, centri urbani, porzioni di territorio
1:2.000		
1:5.000		
1:10.000	}	cartografia dei siti nel territorio
1:25.000		

(da Medri, 2003)



L'errore di graficismo



La formula di calcolo per l'errore di graficismo è: $e = s \cdot n$, dove

- e = errore di graficismo espresso nell'unità di misura di s , indica la incertezza della misura lineare reale
- s = spessore della linea tracciata
- n = denominatore della scala di riproduzione

Valore dell'errore di graficismo

Ipotizzando che lo spessore della linea tracciata sia mm 0,2 si ottengono i valori qui sotto indicati per i rapporti di scala più usati

SCALA	1:10	errore	±	cm	0,2
"	1:20	"	±	cm	0,4
"	1:50	"	±	cm	1
"	1:100	"	±	cm	2
"	1:200	"	±	cm	4
"	1:500	"	±	cm	10
"	1:1000	"	±	cm	20
"	1:2000	"	±	cm	40

memo: la tolleranza di scala non deve superare l'errore di graficismo

(da Medri, 2003)

Fig. 1.19. Riduzione in scala: valori dell'errore di graficismo.



Alcuni esempi:



(da Medri, 2003)



Tivoli (RM) – Anfiteatro (metà II secolo d. C.)



Committente: Ministero per i Beni Culturali e Ambientali – Ufficio per i Beni Ambientali e Paesaggistici – Dott. Giuseppe Proietti

Direzione scientifica: Prof. Cairoli Fulvio Giuliani

Anni di esecuzione: 1996-1997



Metodologia adottata: metodo diretto con ausilio di alcune misurazioni con stazione totale; successiva elaborazione tridimensionale in CAD

Collaboratori: Marco Aurini, Giorgio Giannini, Fabio Quagliata, Marco Tarabella

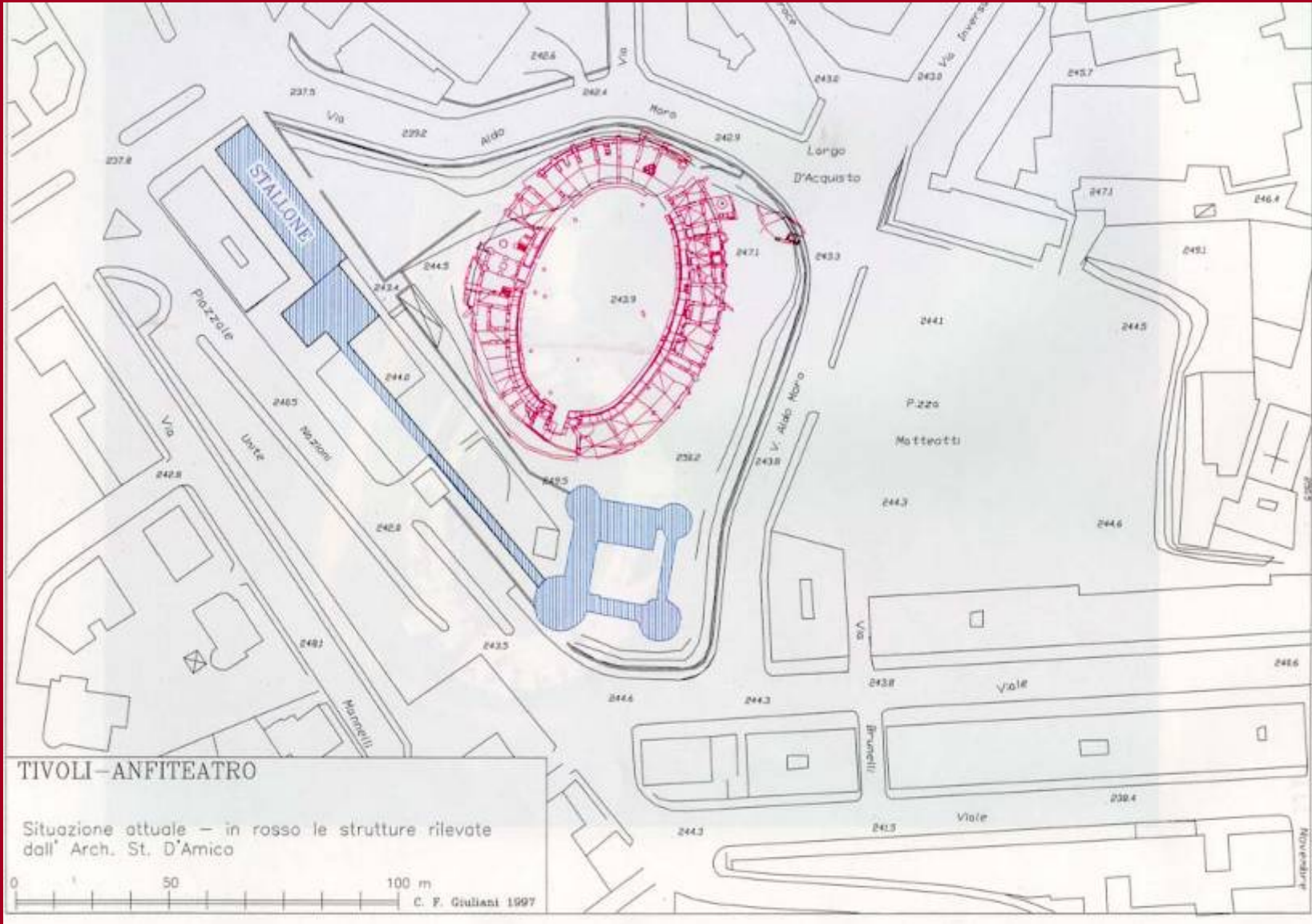
Finalità del rilievo: Accrescere la conoscenza sul sito anche al fine di calibrare meglio una sua protezione ambientale



Tivoli (RM) – Anfiteatro (metà II secolo d. C.)



Tivoli (RM) – Anfiteatro (metà II secolo d. C.)





Vista dall'ambulacro verso il lato Sud



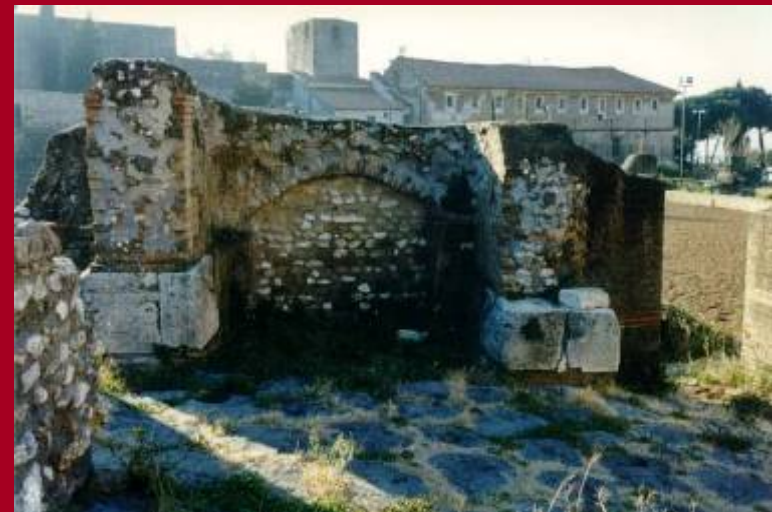
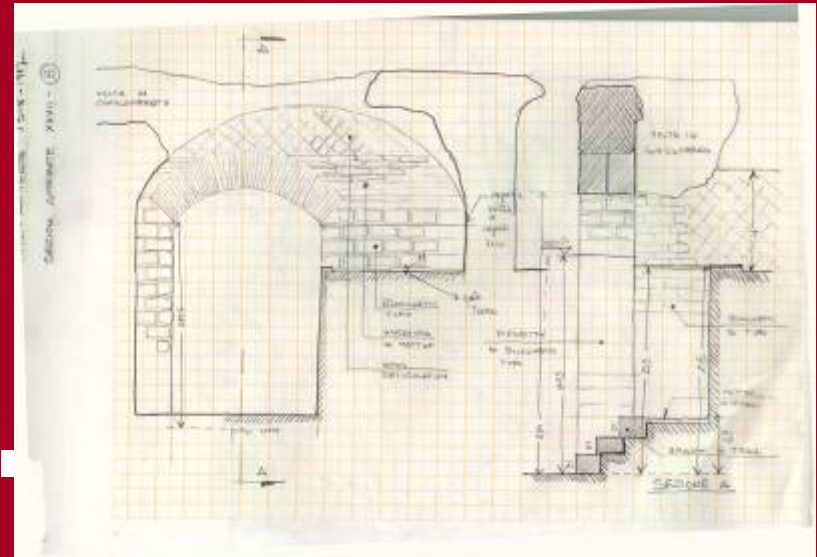
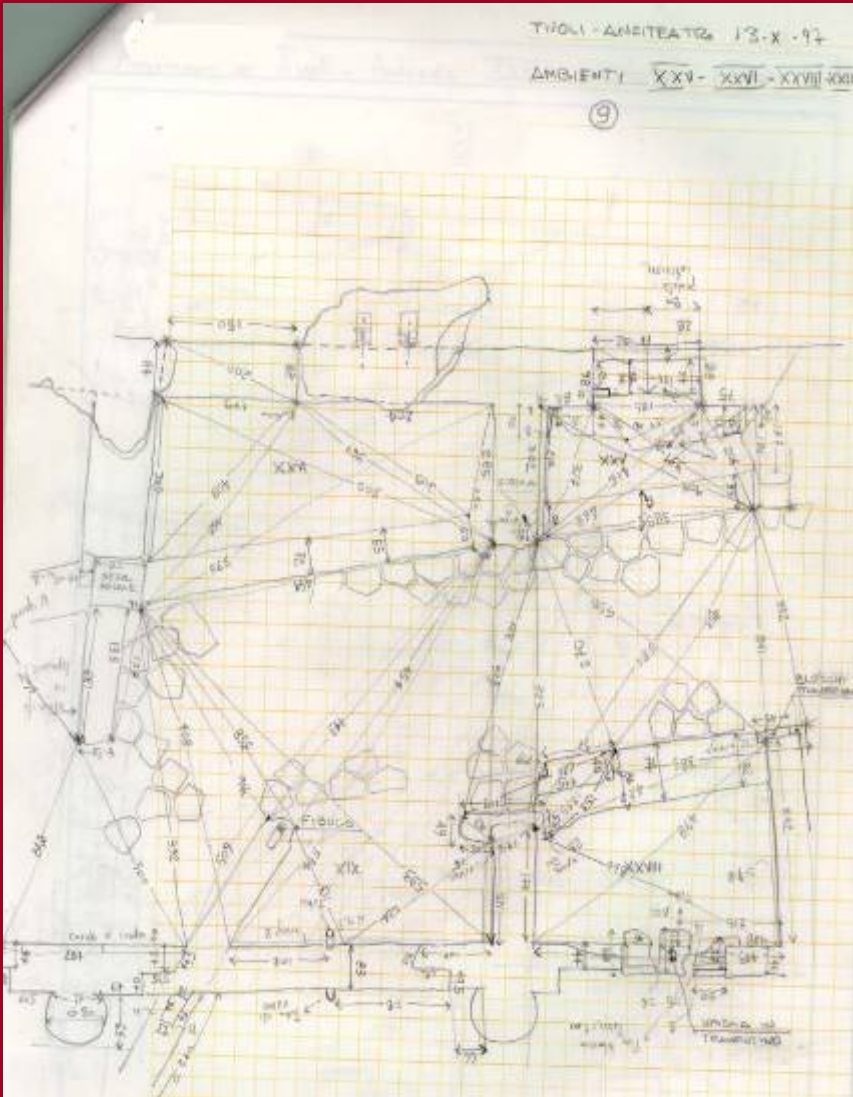
Vista dall'arena verso la parete Est del podio: si noti a destra il diverso trattamento della parete restaurata in blocchetti di tufo



Vista della strada basolata di attraversamento



Particolare della struttura muraria dell'anfiteatro: si notino sul retro i resti crollati delle volte in conglomerato cementizio



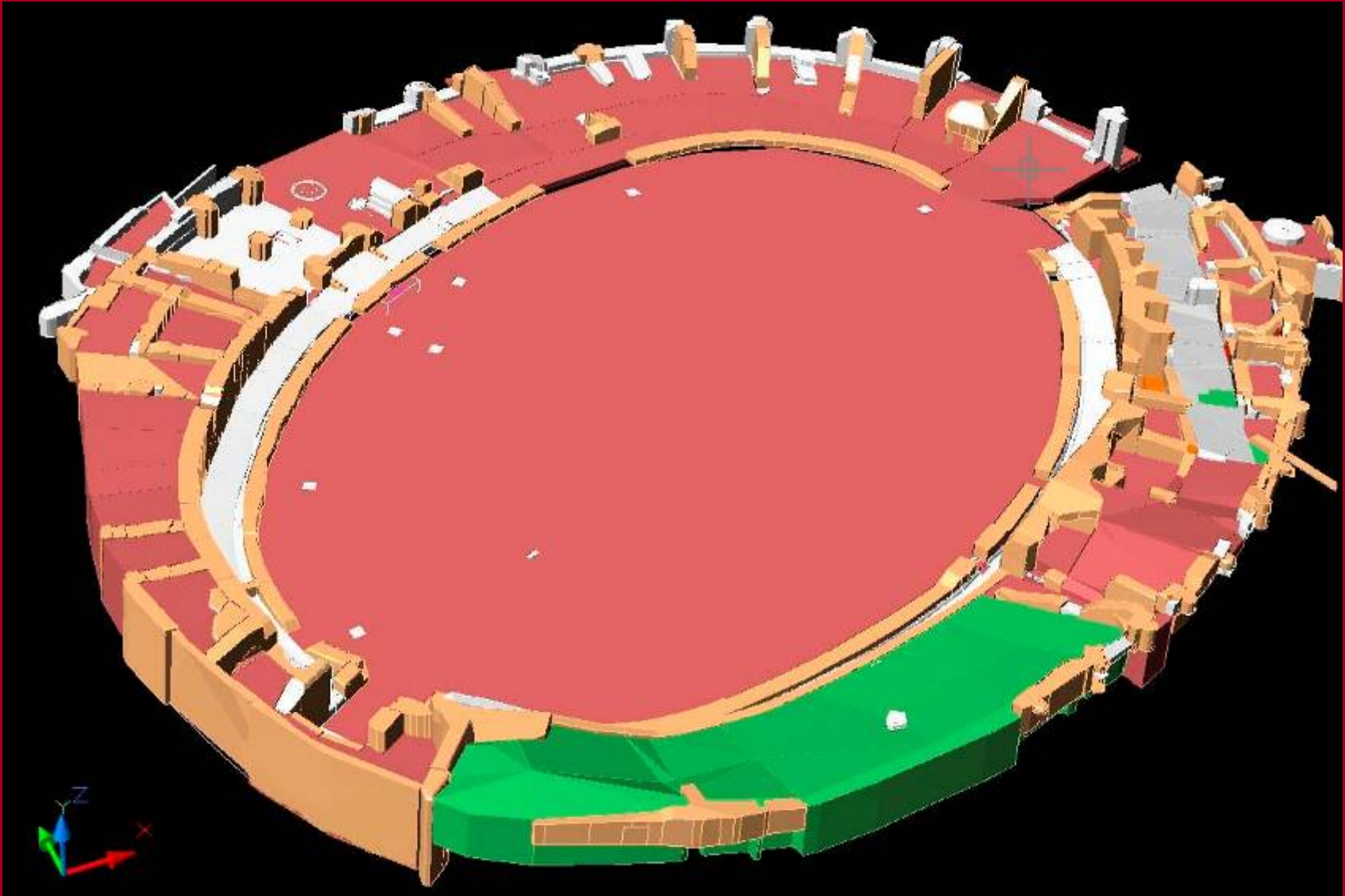
Eidotipi di cantiere e vista dalla strada basolata verso il muro interno del podio; oltre si nota l'arena



Vista da nord



Tivoli (RM) – Anfiteatro (metà II secolo d. C.)



Prospettiva a volo d'uccello da sud



Santa Maria Capua Vetere (CE) – Anfiteatro Campano (1^a metà del II° secolo d.C.)



Committente: Ministero per i Beni Culturali e Ambientali – Ufficio per i Beni Ambientali e Paesaggistici – Prof. Giuseppe Proietti

Direzione scientifica: Prof. Cairoli Fulvio Giuliani, Prof. Salvatore Di Pasquale

Anno di esecuzione: 1998



Metodologia adottata: metodo diretto con ausilio di alcune misurazioni con stazione totale; successiva elaborazione tridimensionale in CAD

Collaboratori: Marco Aurini, Giorgio Giannini, Fabio Quagliata,

Finalità del rilievo: realizzazione di un modello tridimensionale per la valutazione dell'efficienza statica del manufatto; ricostruzione delle fasi costruttive



Santa Maria Capua Vetere (CE) – Anfiteatro Campano (1^a metà del II^o secolo d.C.)





Santa Maria Capua Vetere (CE) – Anfiteatro Campano (1^a metà del II^o secolo d.C.)

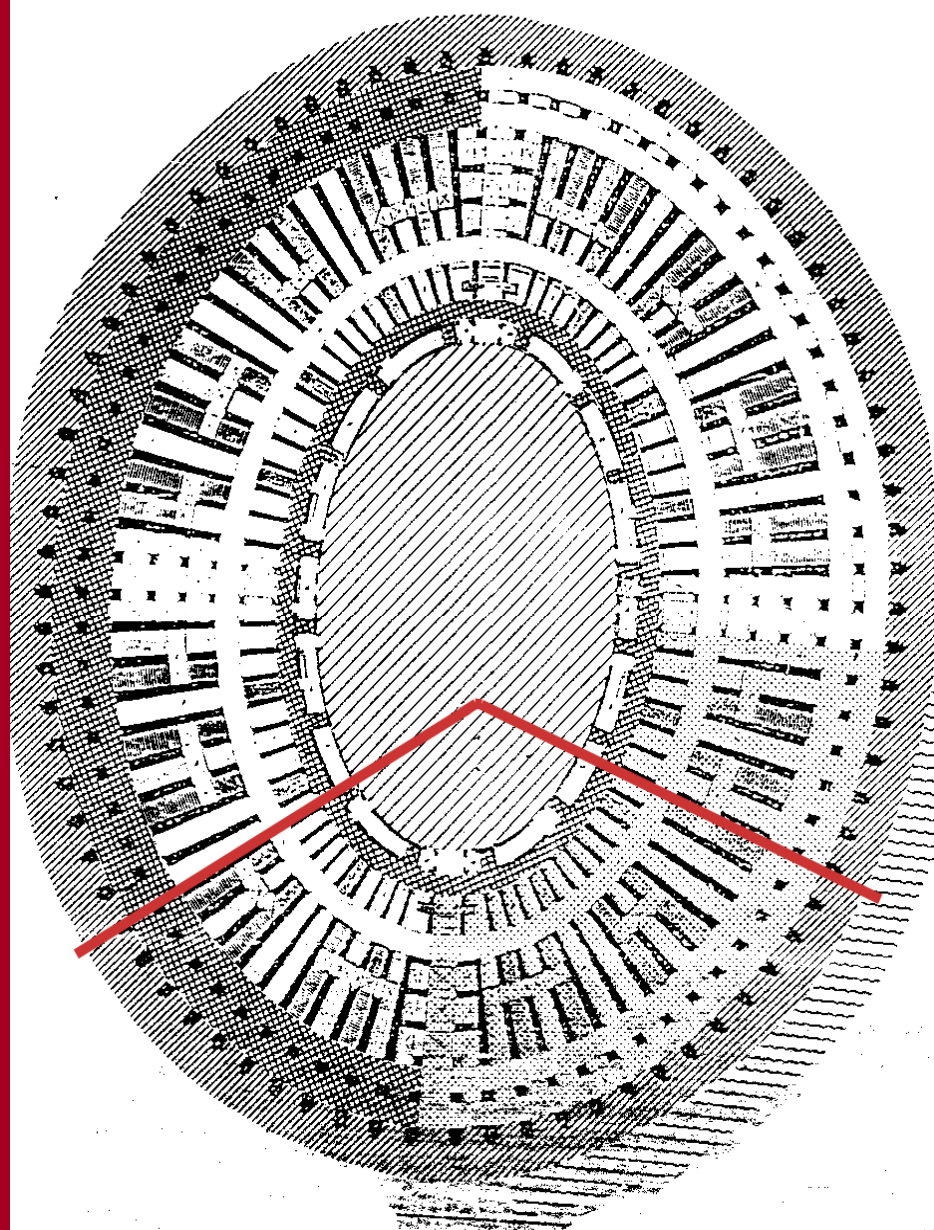


	ASSI		RAPPORTO
CAPUA	167.00	137.00	1.22
POZZUOLI	190.00	144.00	1.32
POMPEI	140.00	105.00	1.33
ROMA	187.77	155.64	1.22
VERONA	153.20	122.80	1.24
NIMES	133.40	101.40	1.31
ARLES	136.15	107.80	1.26
POLA	132.60	105.10	1.26
EL DJEM THYSDRUS	150.00	125.00	1.20

Dimensioni in metri dei principali anfiteatri del mondo romano:
si noti l'identità di rapporto tra gli assi dell'anfiteatro di Capua ed il Colosseo

Santa Maria Capua Vetere (CE) – Anfiteatro Campano (1^a metà del II^o secolo d.C.)

Planimetria generale dell'anfiteatro: si è evidenziata con le due linee rosse l'area oggetto del presente lavoro (area sud del complesso)



Santa Maria Capua Vetere (CE) – Anfiteatro Campano (1^a metà del II^o secolo d.C.)



Dalla cavea meridionale vista verso il lato settentrionale dell'anfiteatro, l'arena e gli ipogei: si può apprezzare la pendenza per lo scolo dei liquidi presente nella parte centrale dell'arena sopra gli ambienti ipogei



Santa Maria Capua Vetere (CE) – Anfiteatro Campano (1^a metà del II° secolo d.C.)

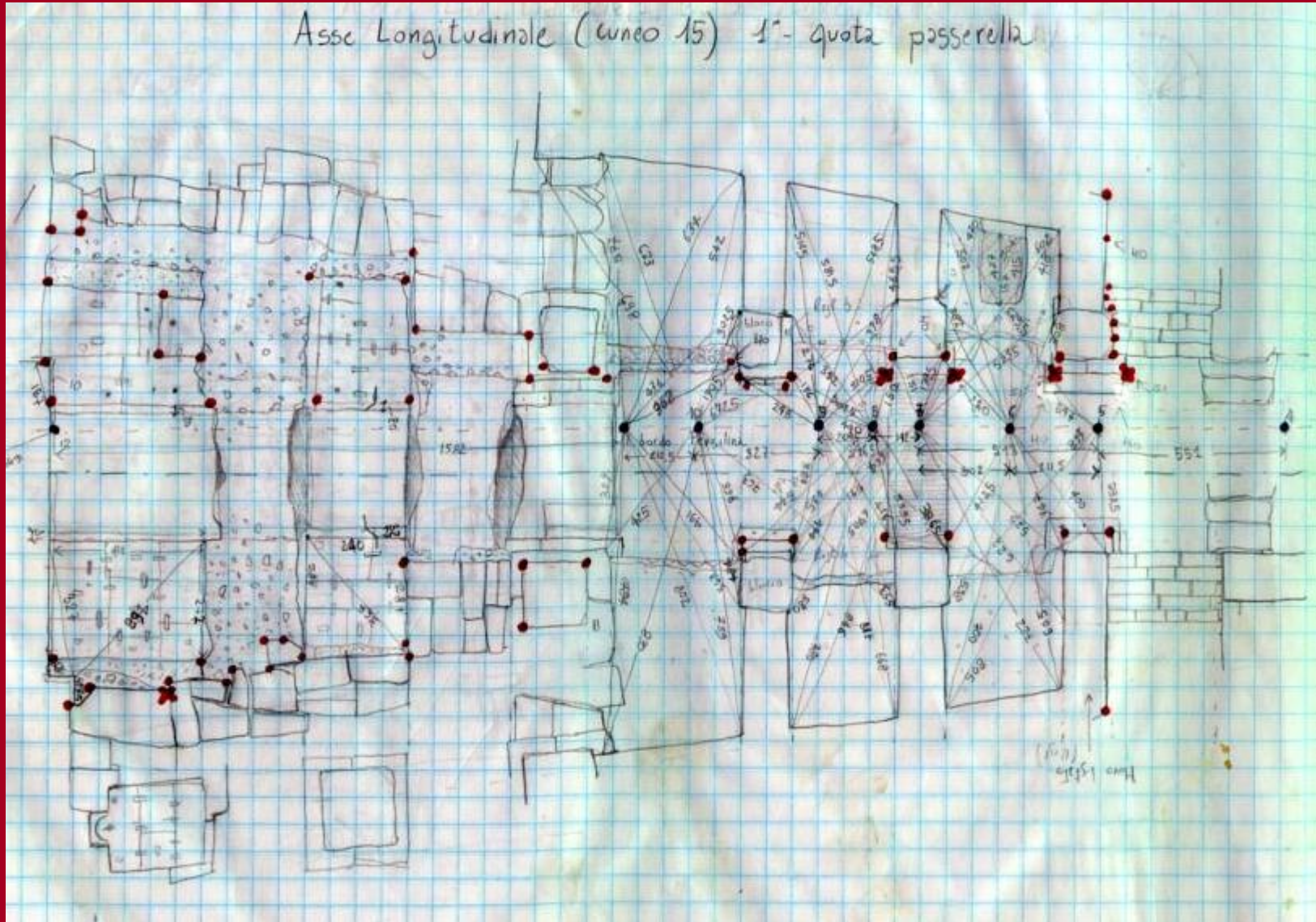


Dal lato settentrionale dell'arena vista
sulla parte rilevata (lato sud)

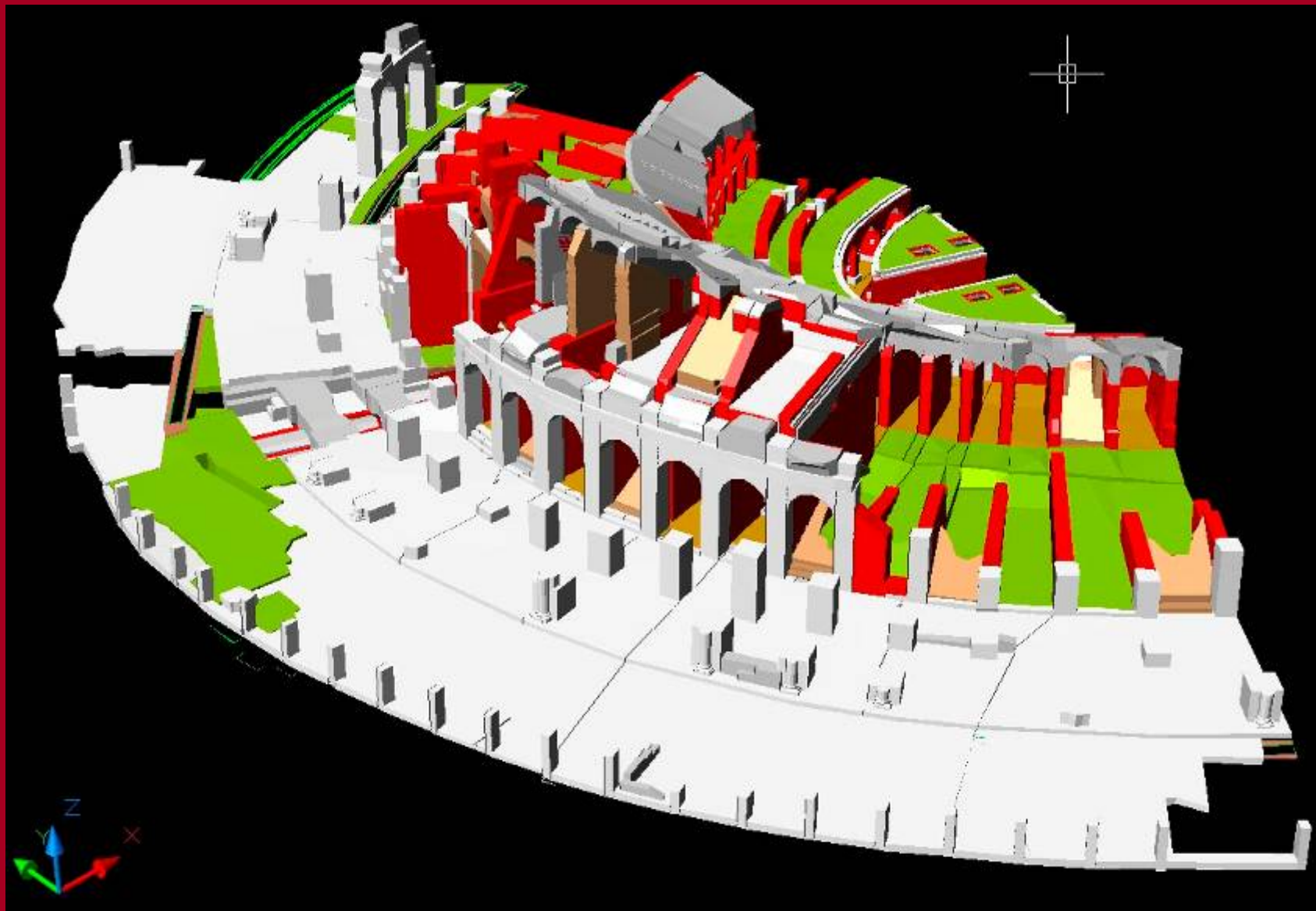


Vista dall'ingresso del lato sud

Santa Maria Capua Vetere (CE) – Anfiteatro Campano (1^a metà del II^o secolo d.C.)

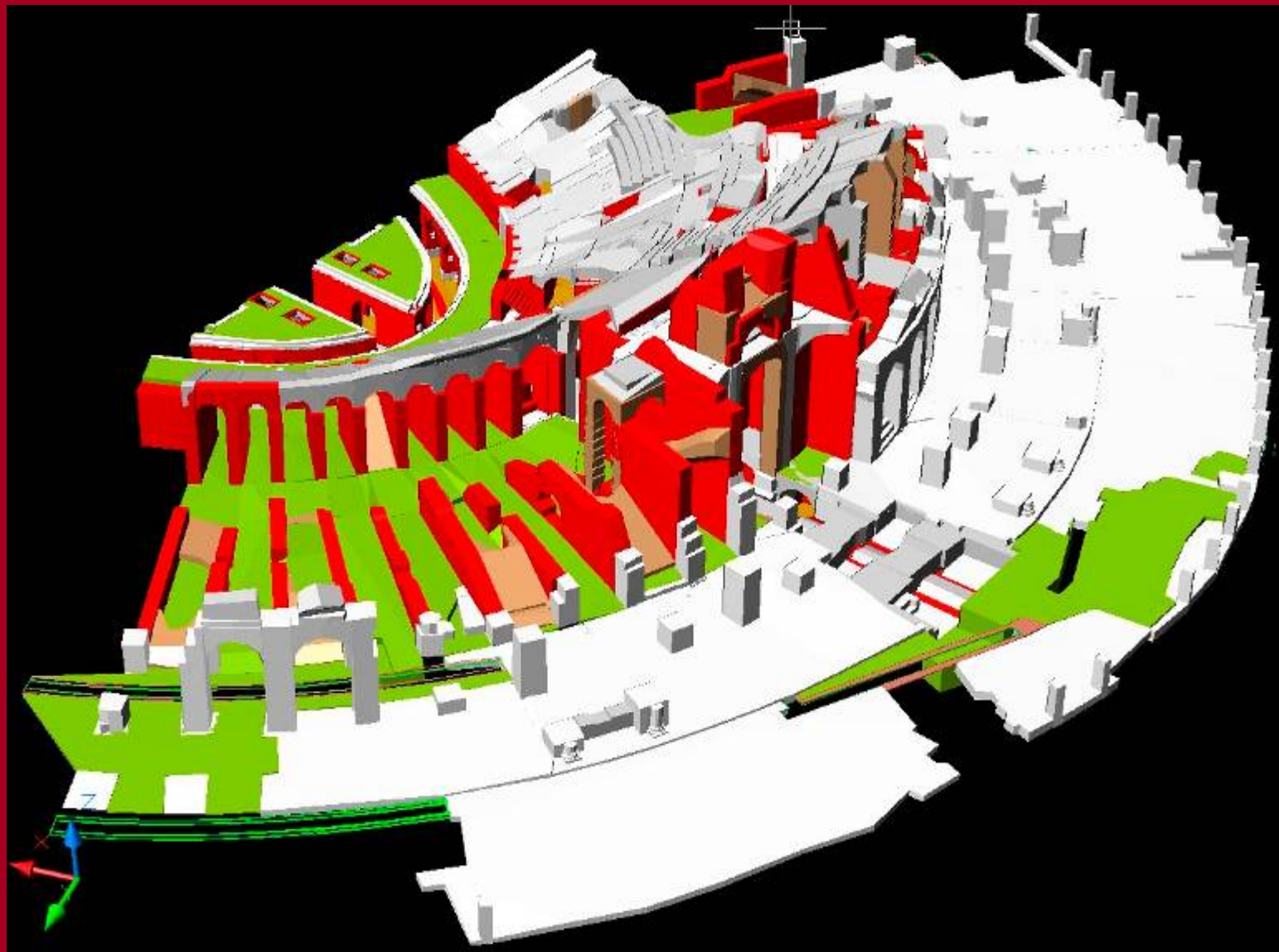


Santa Maria Capua Vetere (CE) – Anfiteatro Campano (1^a metà del II° secolo d.C.)



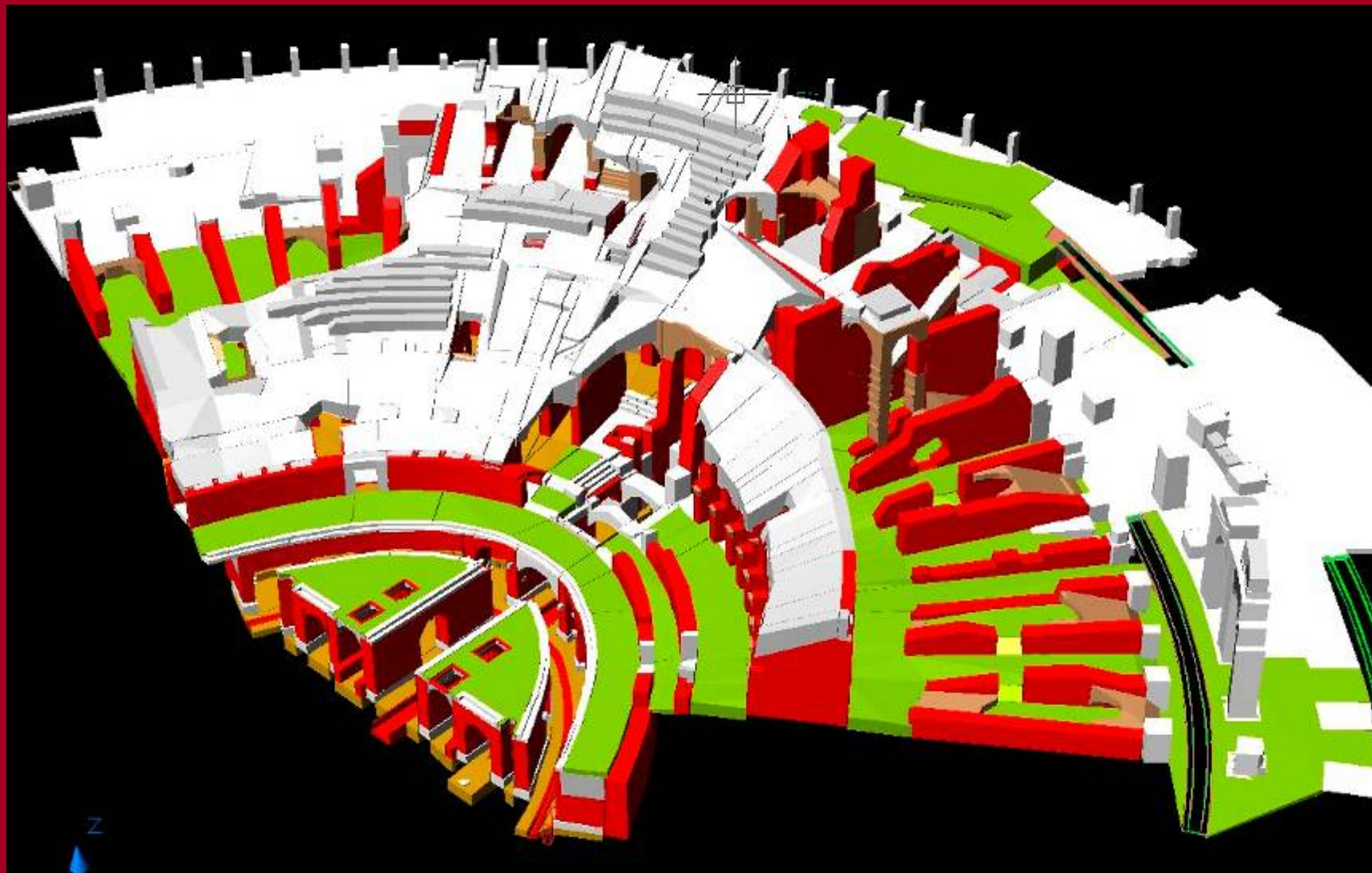
Vista da sud-est

Santa Maria Capua Vetere (CE) – Anfiteatro Campano (1^a metà del II° secolo d.C.)



Vista da sud-ovest

Santa Maria Capua Vetere (CE) – Anfiteatro Campano (1^a metà del II^o secolo d.C.)



Vista da ovest



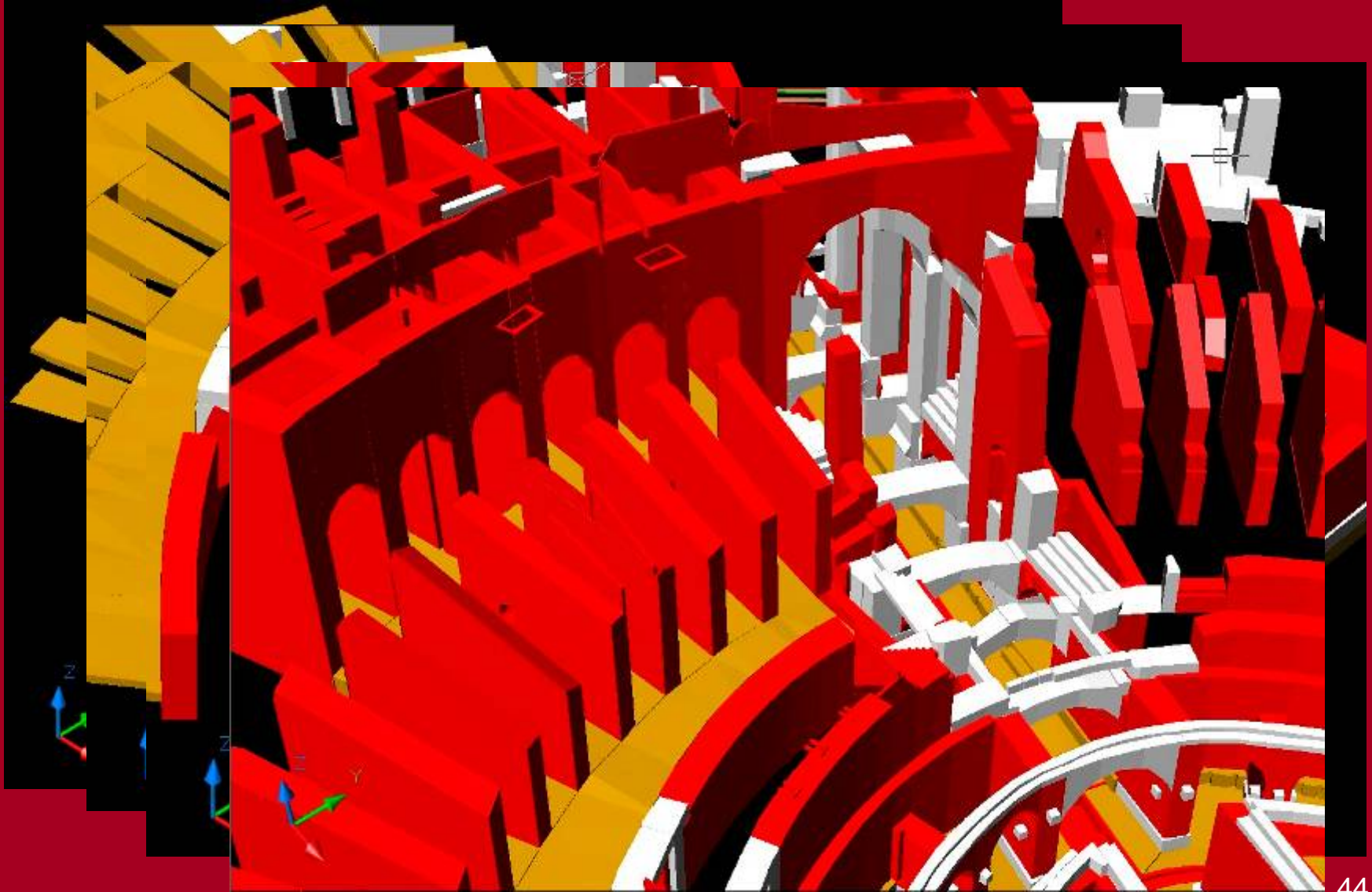
Santa Maria Capua Vetere (CE) – Anfiteatro Campano (1^a metà del II° secolo d.C.)



Prospettiva da sud-est lato esterno: si notino le rampe ai vari livelli



Santa Maria Capua Vetere (CE) – Anfiteatro Campano (1^a metà del II^o secolo d.C.)





Milano - Santa Maria delle Grazie parete posteriore del Cenacolo Vinciano



Direttore dei Lavori: Dott. Giuseppe Basile

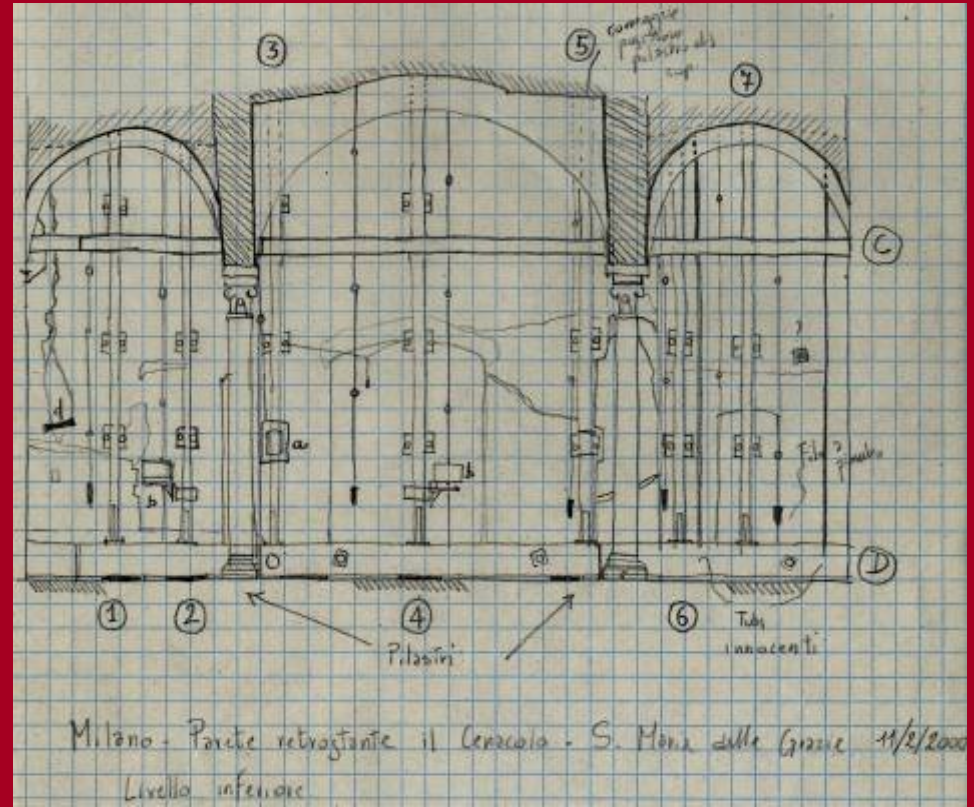
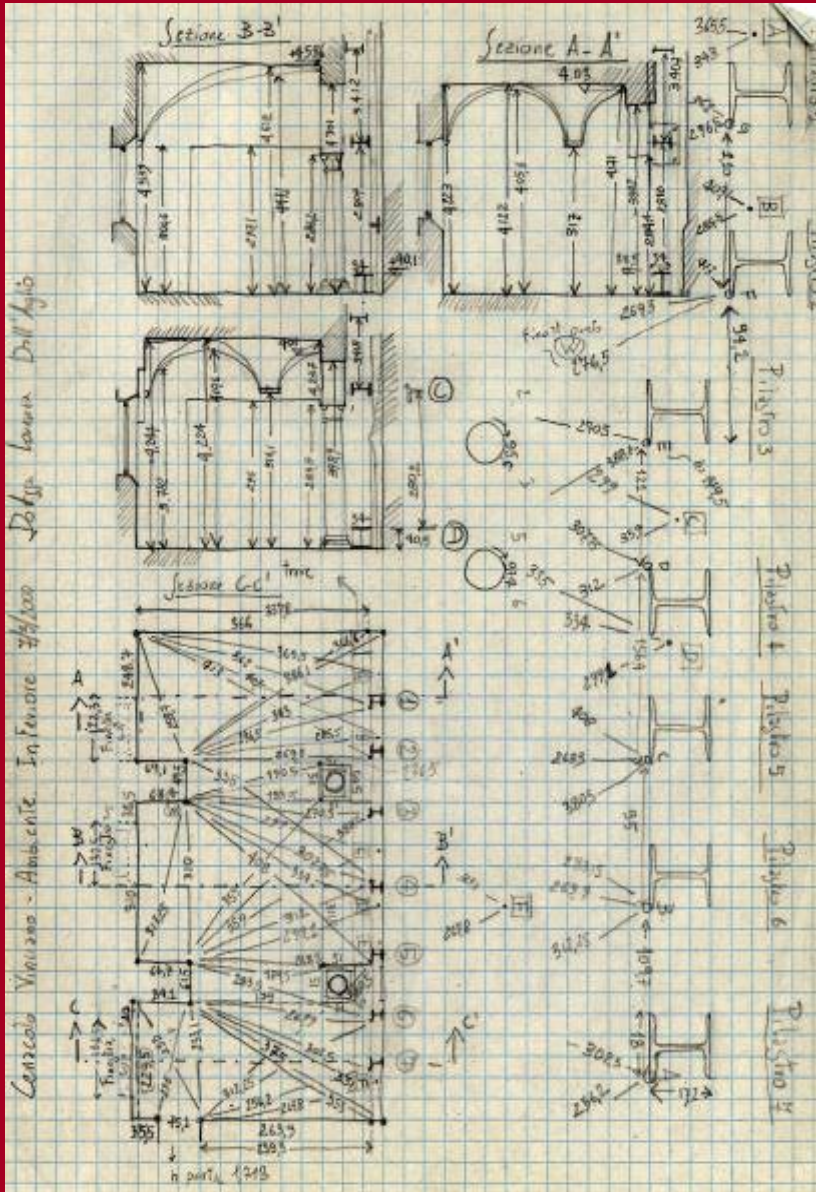
Anno di esecuzione: 2000

Metodologia adottata: metodo diretto con ausilio di mire per il raddrizzamento digitale delle immagini fotografiche

Collaboratori: Mara Bucci, Angelo Rubino

Finalità del rilievo: Il rilevamento registra le caratteristiche morfologiche fondamentali della parete (disomogeneità, inclinazioni, configurazione, etc.) e descrive la tessitura della muratura, tutti i dispositivi di controllo e monitoraggio della parete e la struttura metallica di sostentamento. E' stato inoltre eseguito anche un modello tridimensionale dell'intero apparato parete-struttura.

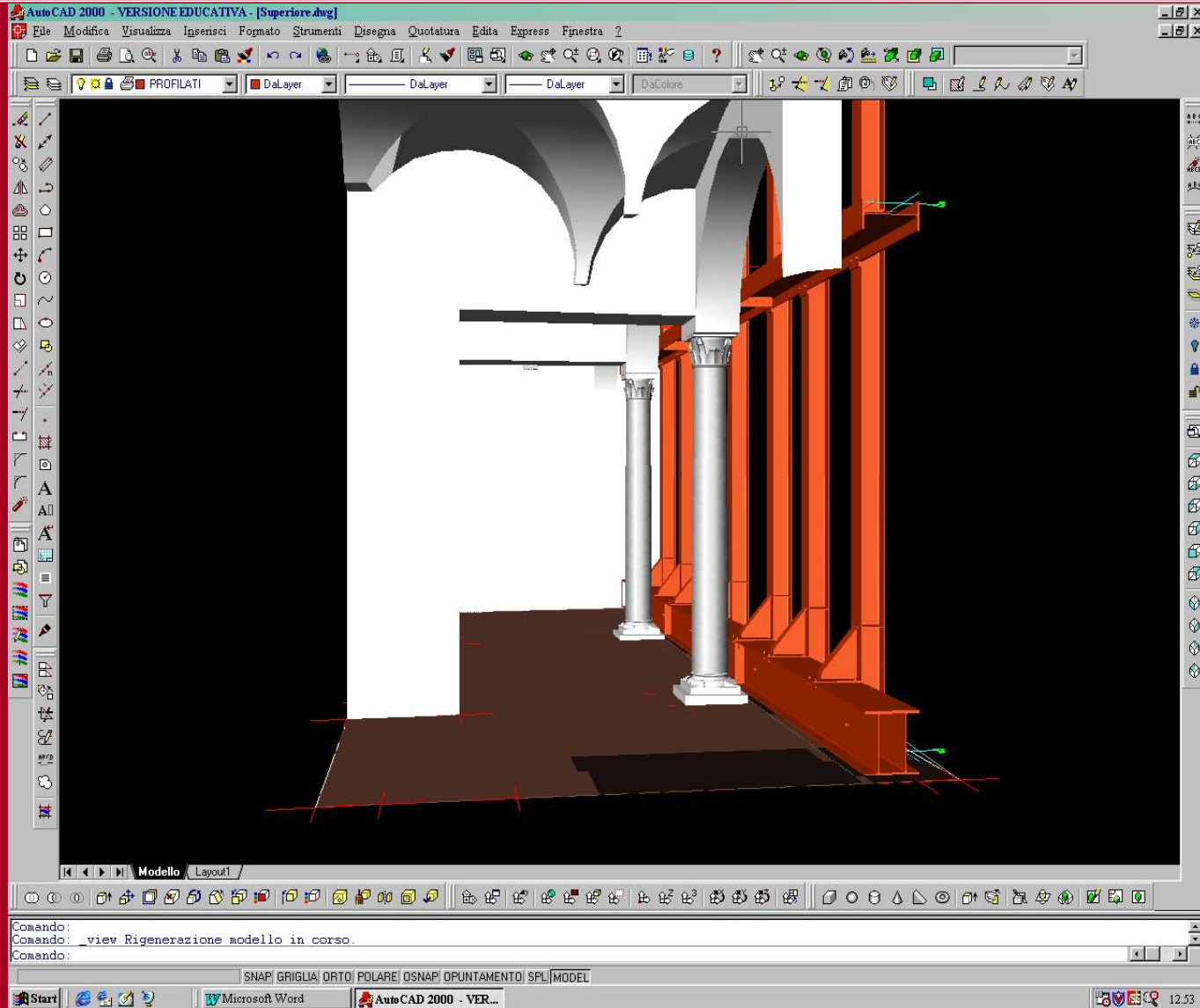
Milano - Santa Maria delle Grazie parete posteriore del Cenacolo Vinciano



Eidotipi di cantiere



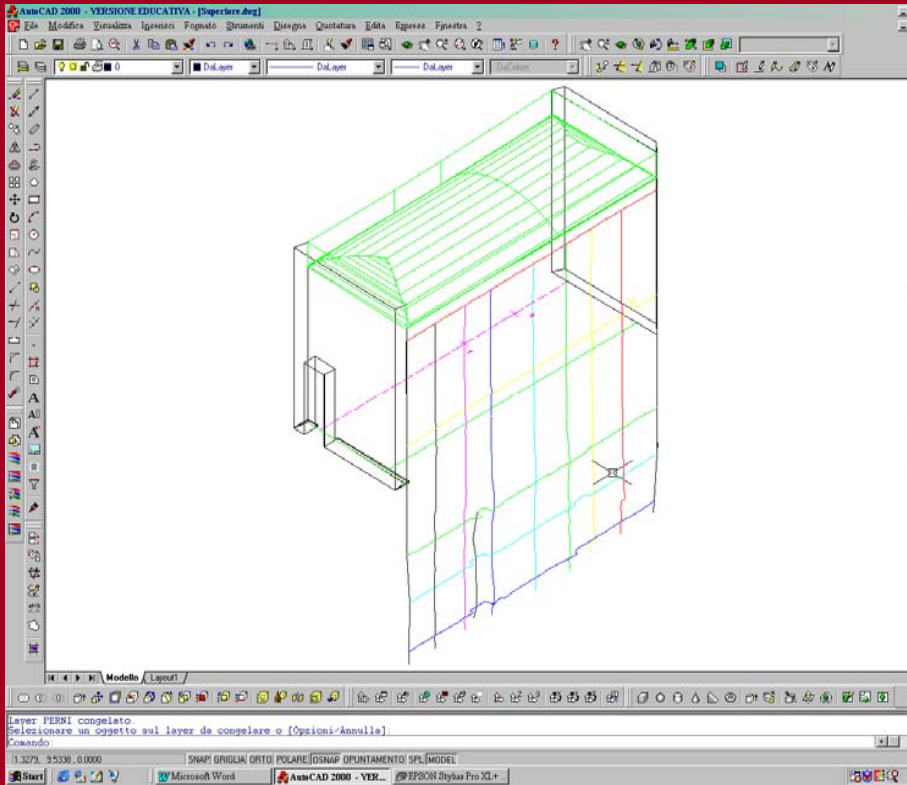
Milano - Santa Maria delle Grazie parete posteriore del Cenacolo Vinciano



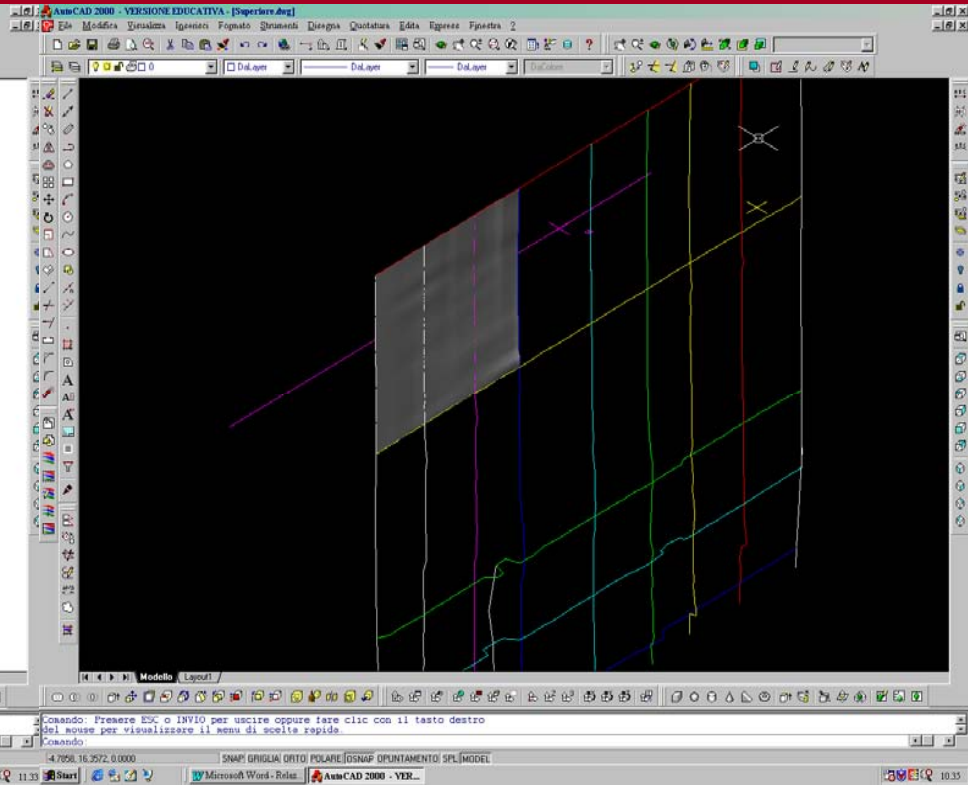
Il traliccio metallico visto dall'ambiente inferiore



Milano - Santa Maria delle Grazie parete posteriore del Cenacolo Vinciano



I profili della parete (7 verticali e 5 orizzontali)



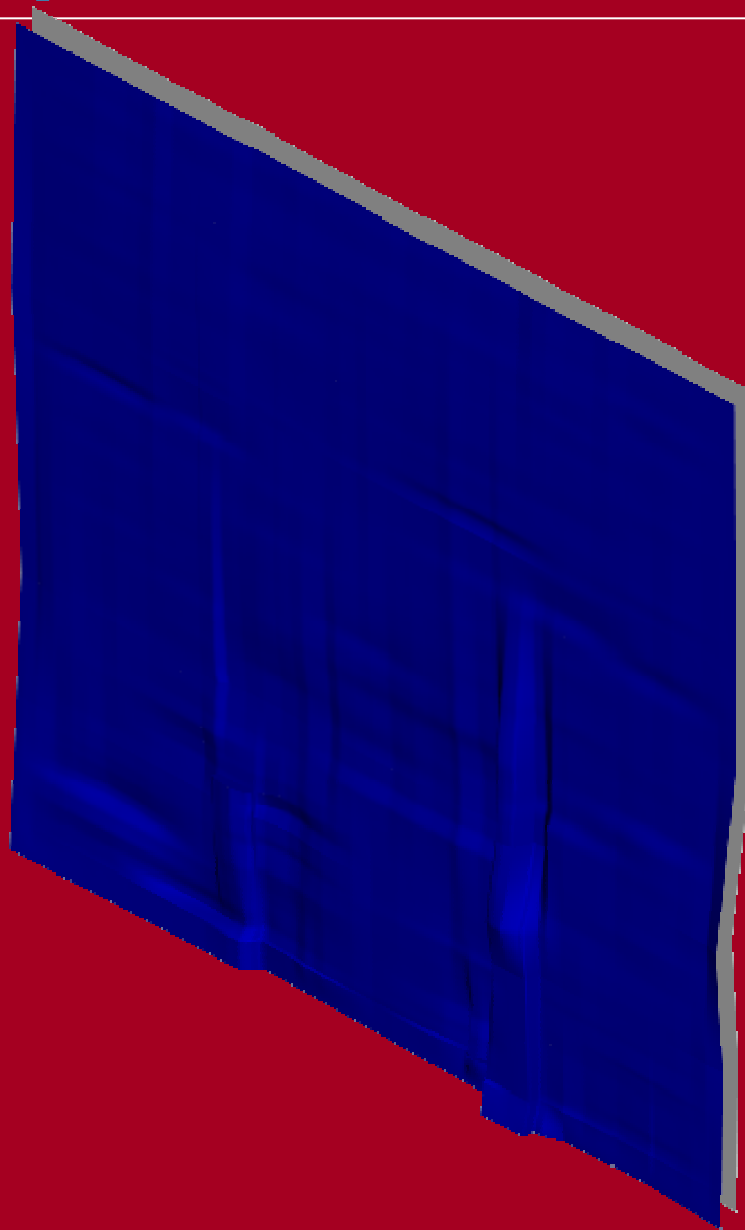
La costruzione delle superfici



Milano - Santa Maria delle Grazie parete posteriore del Cenacolo Vinciano

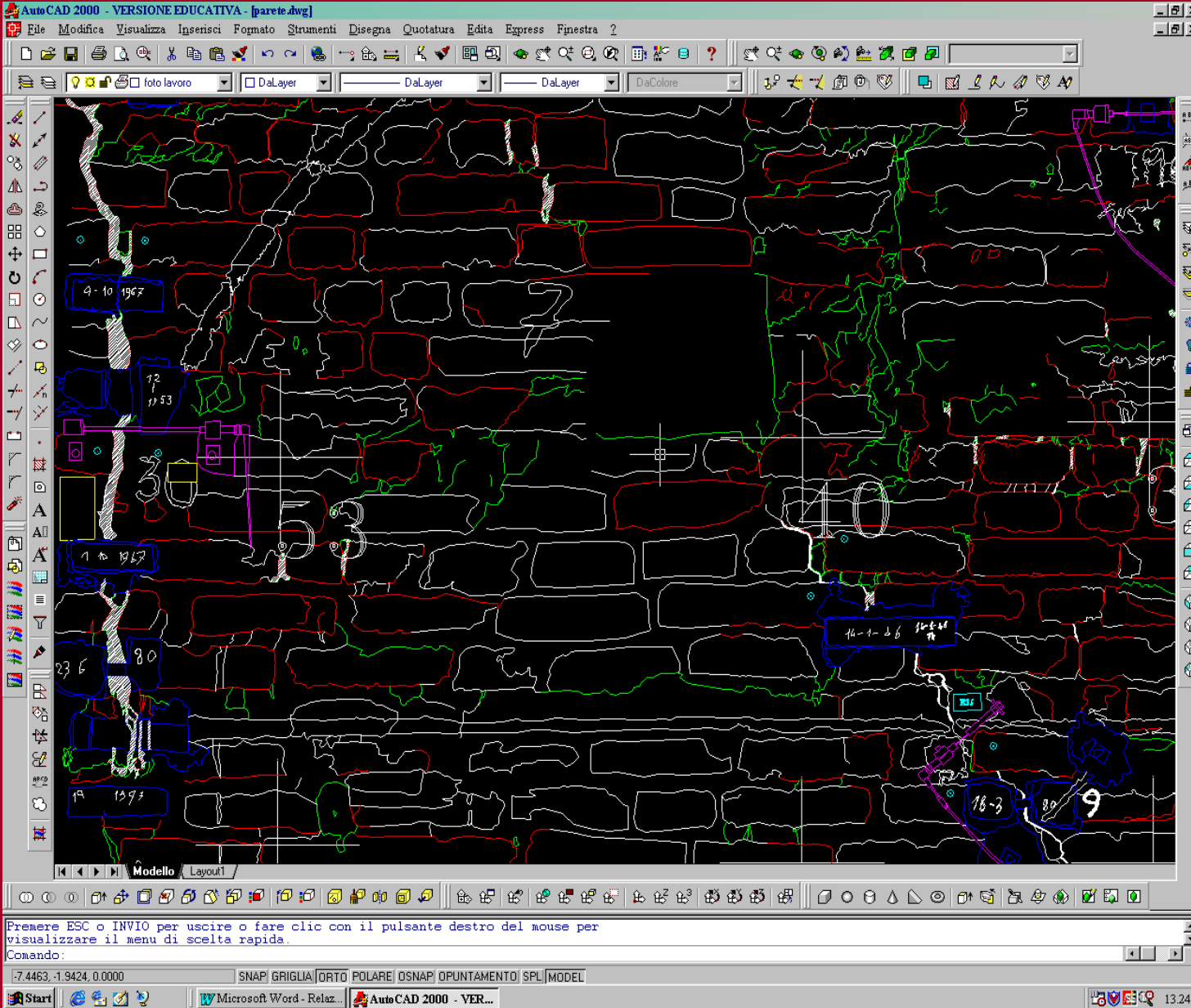


Ricostruzione
completa della
superficie e
andamento
generale della
parete





Milano - Santa Maria delle Grazie parete posteriore del Cenacolo Vinciano



Particolare della restituzione vettoriale con la caratterizzazione degli elementi e la numerazione delle marche di riferimento. La parte centrale non disegnata corrisponde alla presenza di un cuscinetto di gomma



Padova – Cappella degli Scrovegni – Presbiterio ed abside



Direttore dei Lavori: Dott. Giuseppe Basile

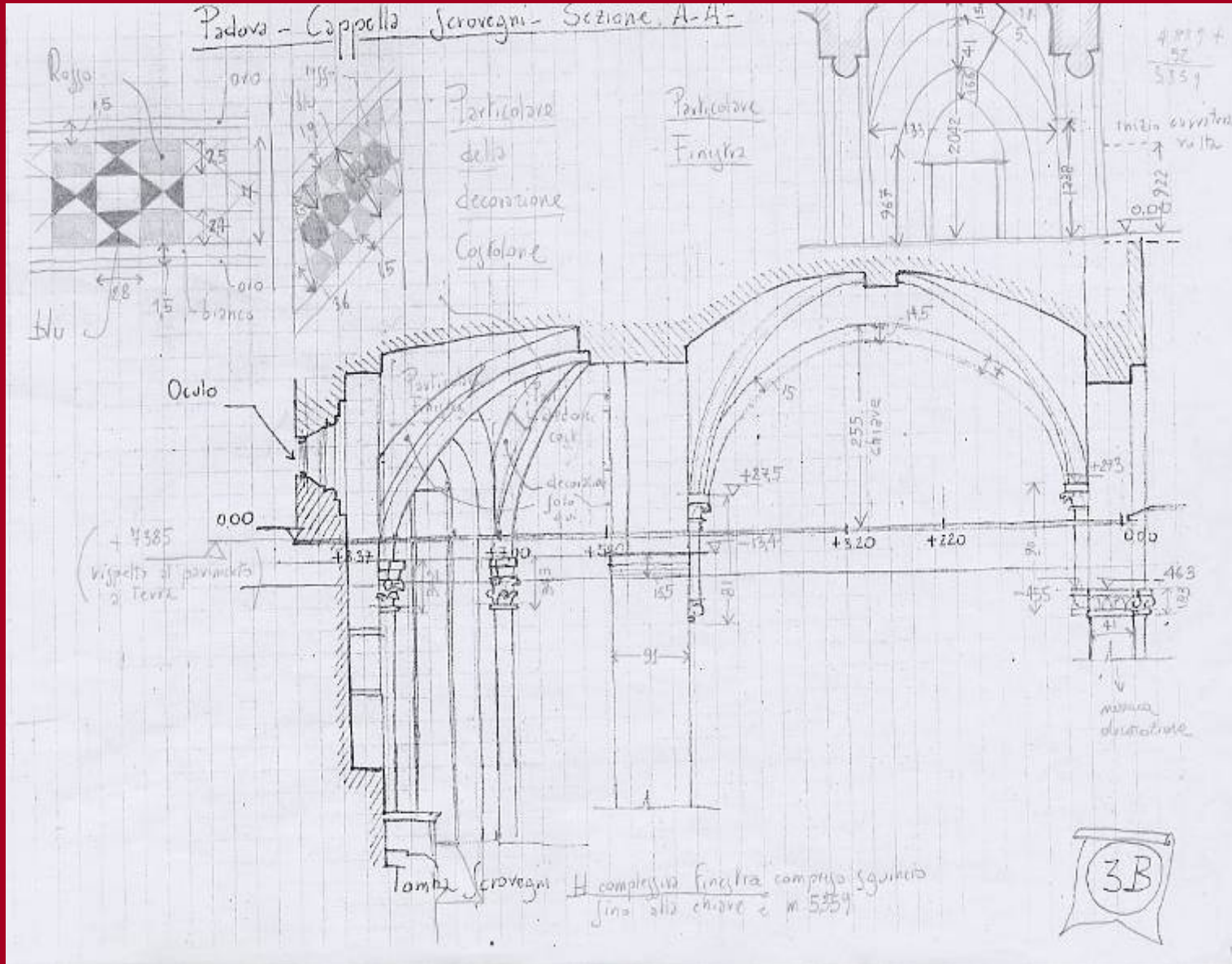
Anno di esecuzione: 2001

Metodologia adottata: metodo diretto ■

Collaboratori: Mara Bucci

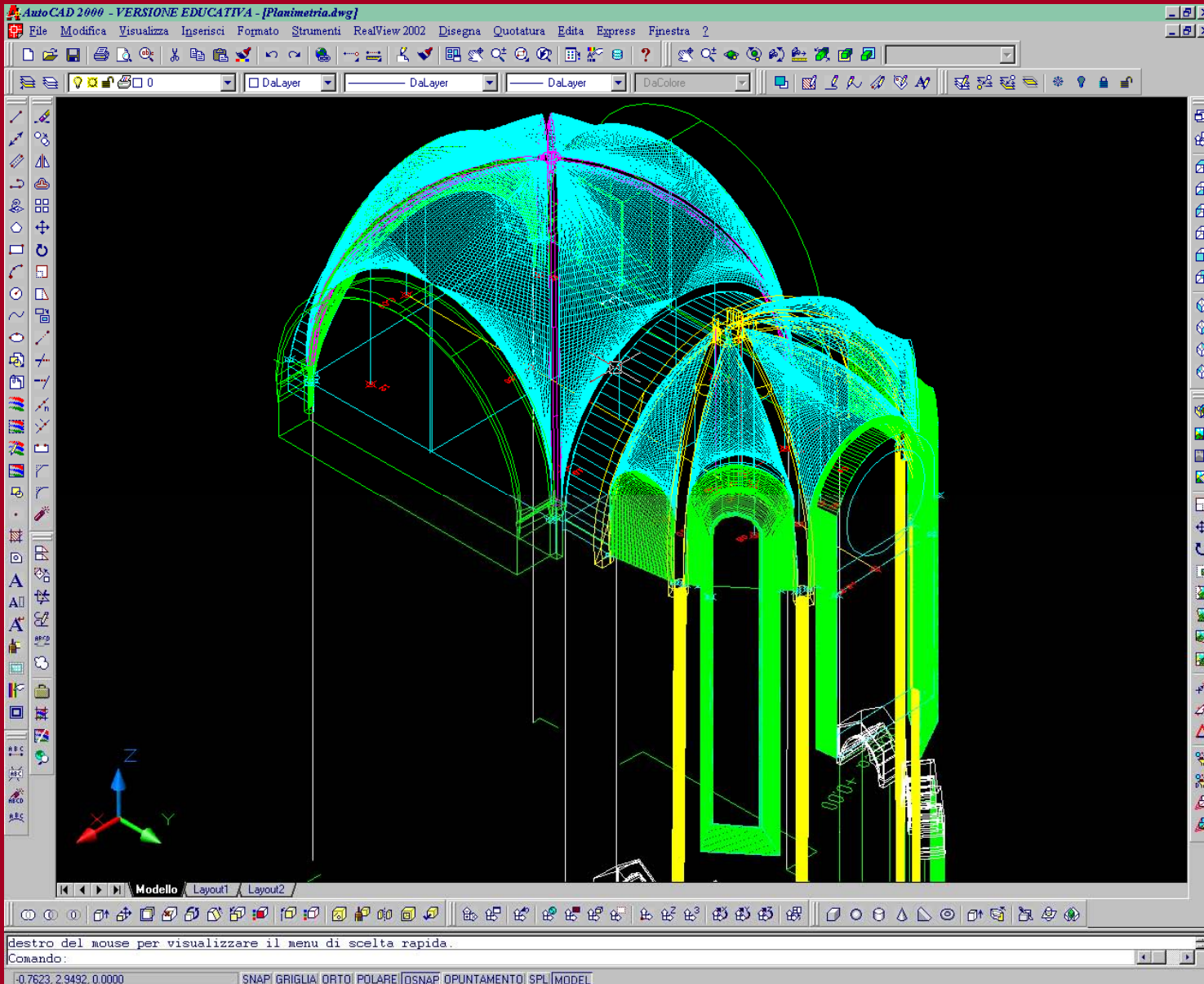
Finalità del rilievo: Il rilevamento è finalizzato ad una compiuta valutazione quantitativa delle superfici, sia decorate che non decorate, indispensabile per la redazione del progetto di restauro.

Padova – Cappella degli Scrovegni – Presbiterio ed abside





Padova – Cappella degli Scrovegni – Presbiterio ed abside



Modello
tridimensionale
CAD



CONCLUSIONI sul metodo diretto:



PRINCIPALI VANTAGGI:

- economicità e facile reperibilità degli strumenti e delle attrezzature
- maggiore frequentazione del sito, con conseguente miglior sua comprensione effettiva rispetto ad altre metodologie
- potenzialità di documentazione quasi illimitata
- relativa semplicità delle procedure, facilmente integrabili con altre ed adattabili a qualsiasi contesto ambientale ■

PRINCIPALI INCONVENIENTI:

- tempi lunghi di acquisizione sul campo e di successiva elaborazione
- difficoltà di applicazione su manufatti dalla morfologia o dal modellato particolarmente complessi (in particolare: statuaria)
- presenza, talvolta, di punti inaccessibili

B.A. 2.

RILEVAMENTO

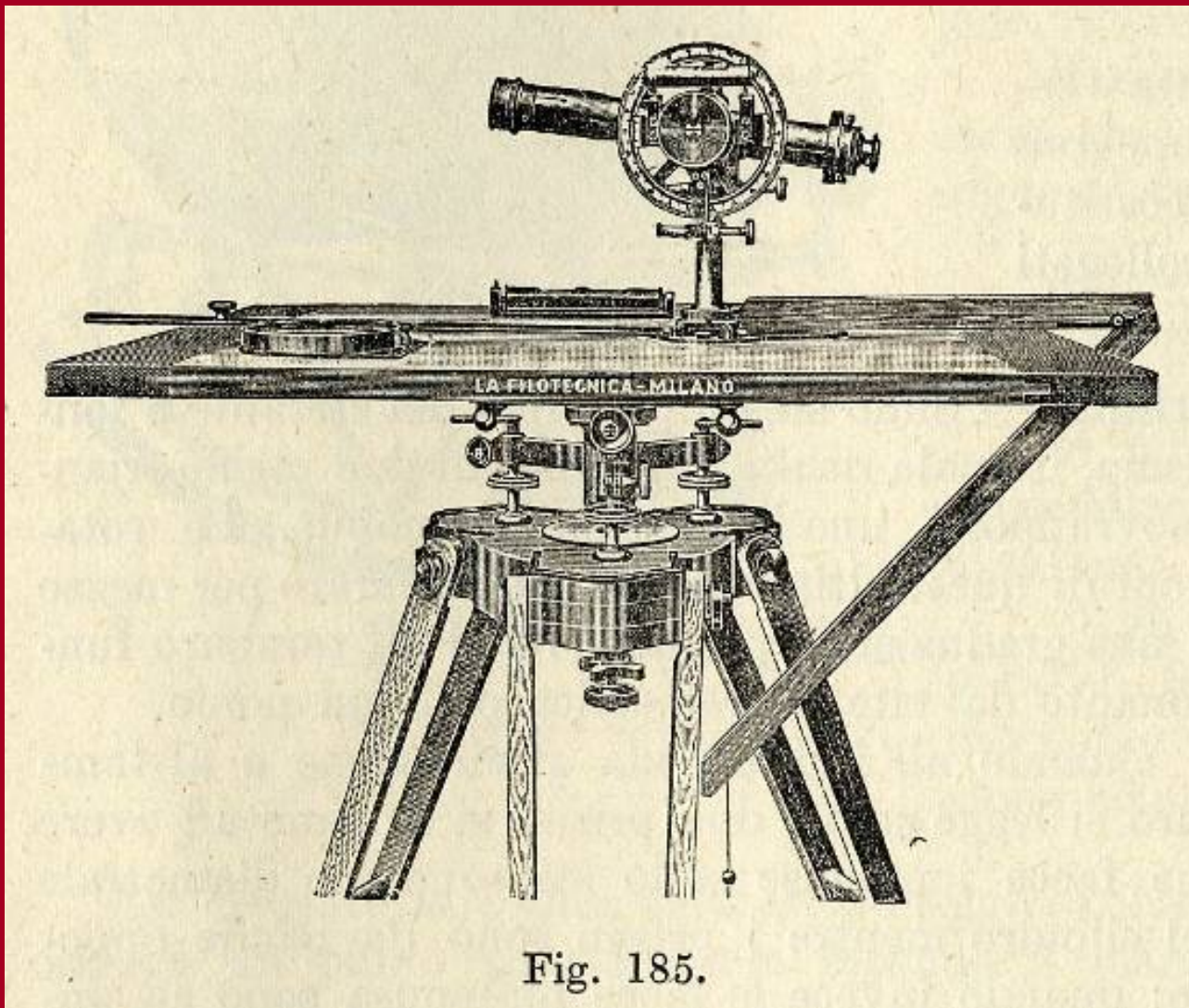
- Diretto
- Topografico ←
- Fotogrammetrico
- Stereofotogrammetrico
- Scansione laser 3D
- Sistemi di rappresentazione



Rilevamento topografico strumenti del passato: la tavoletta pretoriana



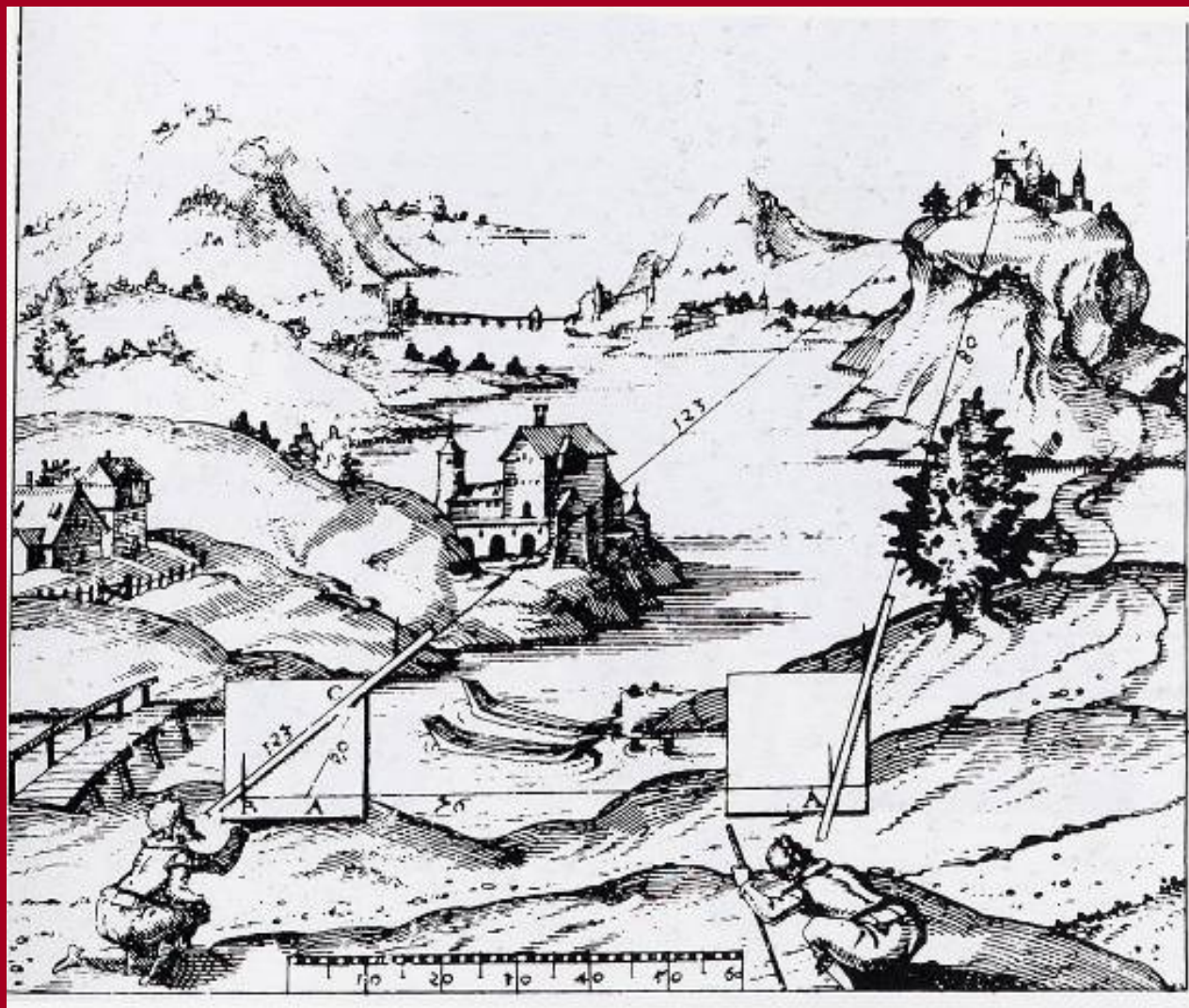
Si tratta di un *goniografo*, ovvero uno strumento in grado di disegnare angoli. Il nome deriva dal suo costruttore, il tedesco Giovanni Praetorius che la realizzò verso la fine del Secolo XVI. Già qualche decennio prima però il modenese Belli l'aveva inventata. E' servita fino al secolo scorso, tra l'altro, anche per i rilevamenti IGM al 25000 (le famose "tavolette")



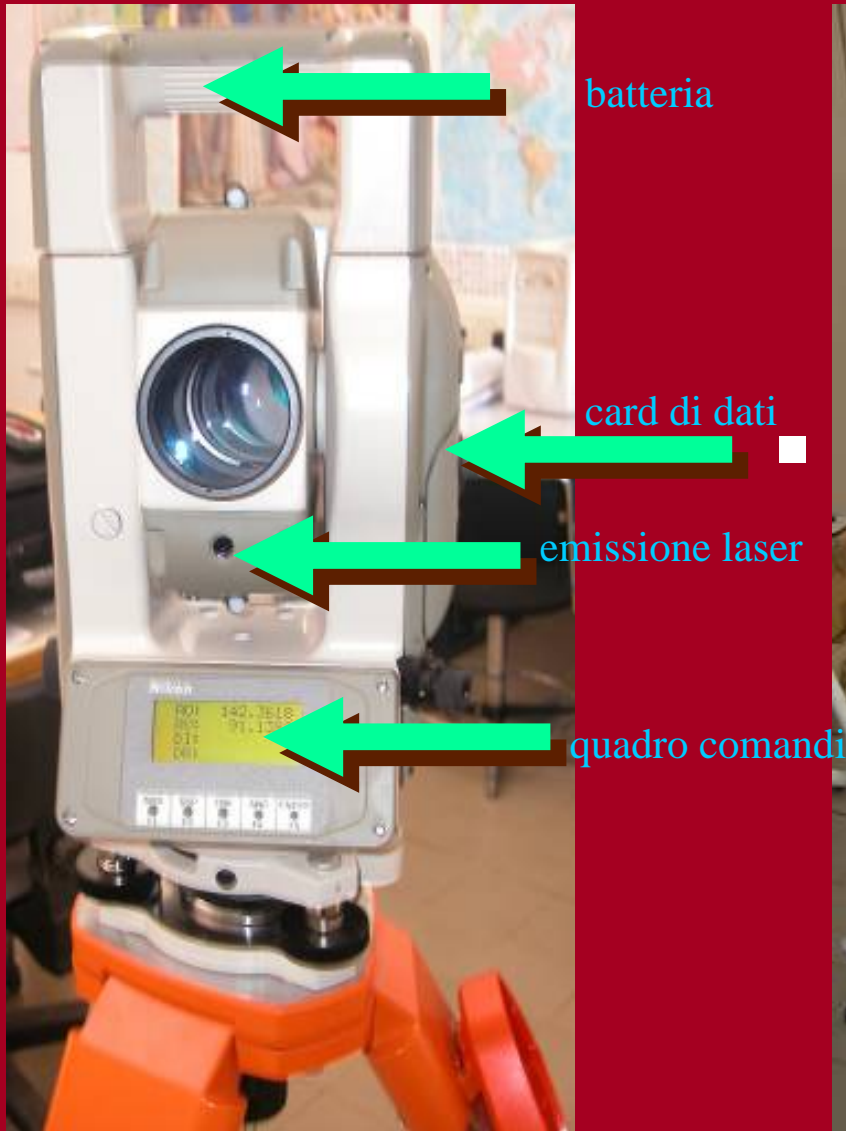
(da Bonfigli C, Solaini L., 1952)

Il rilievo con la
tavoletta pretoriana
o l'intersezione
topografica.

Léonhard Zubler,
*Novum
instrumentum
geometricum*, Bale,
1614



Rilevamento topografico strumenti di oggi: la stazione totale





Rilevamento topografico strumenti di oggi: la stazione totale



La messa in stazione dello strumento viene effettuata mediante l'ausilio delle 2 bolle ad esso correlate: la bolla sferica, qui rappresentata e la torica





Rilevamento topografico strumenti di oggi: la stazione totale; funzionamento



Memorizzazione dei dati relativi alla stazione



Rilevamento topografico strumenti di oggi: la stazione totale; funzionamento



Impostazione dell'angolo di orientamento per la definizione del piano verticale di riferimento



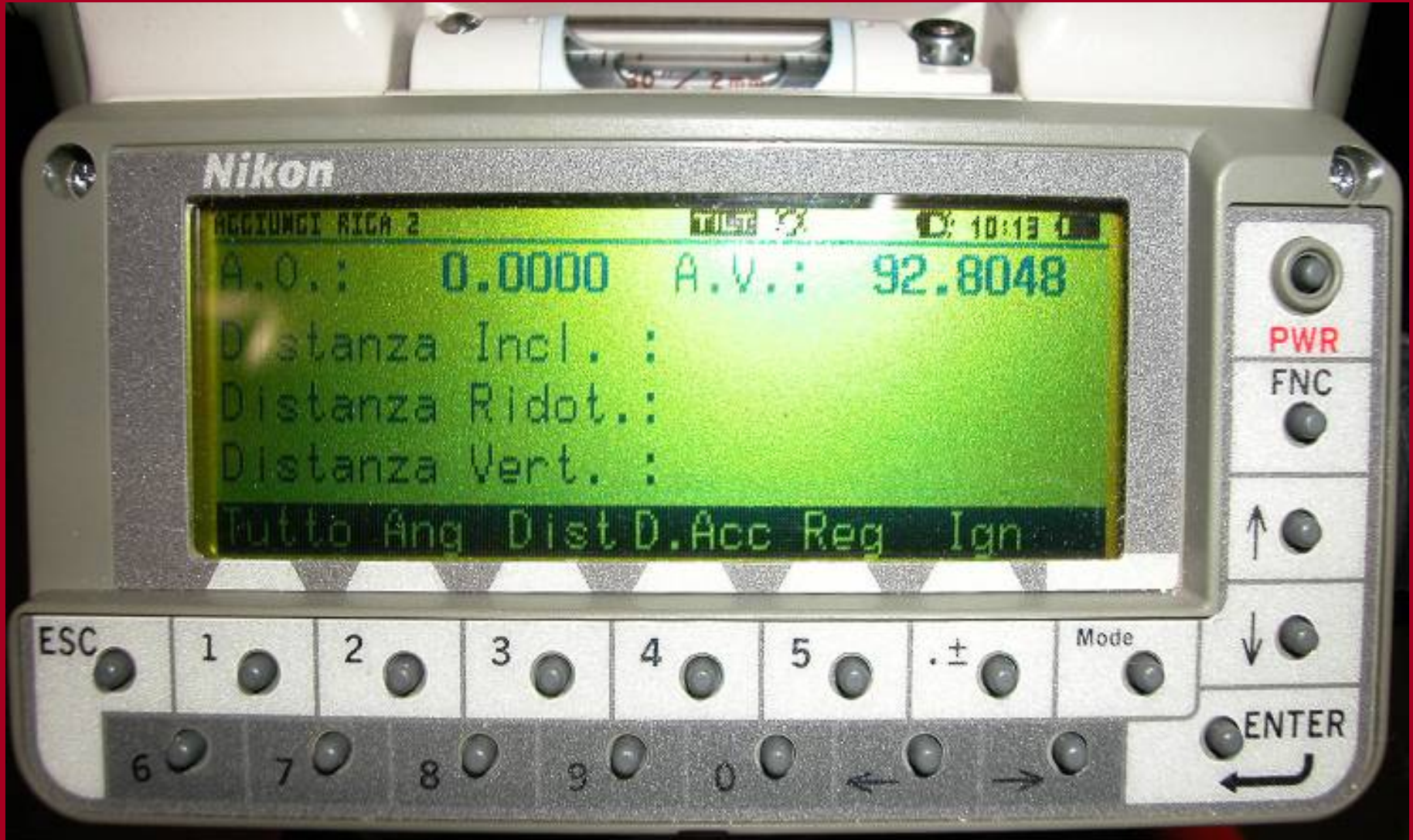
Rilevamento topografico strumenti di oggi: la stazione totale; funzionamento



Impostazione dell'angolo di orientamento per la definizione del piano verticale di riferimento



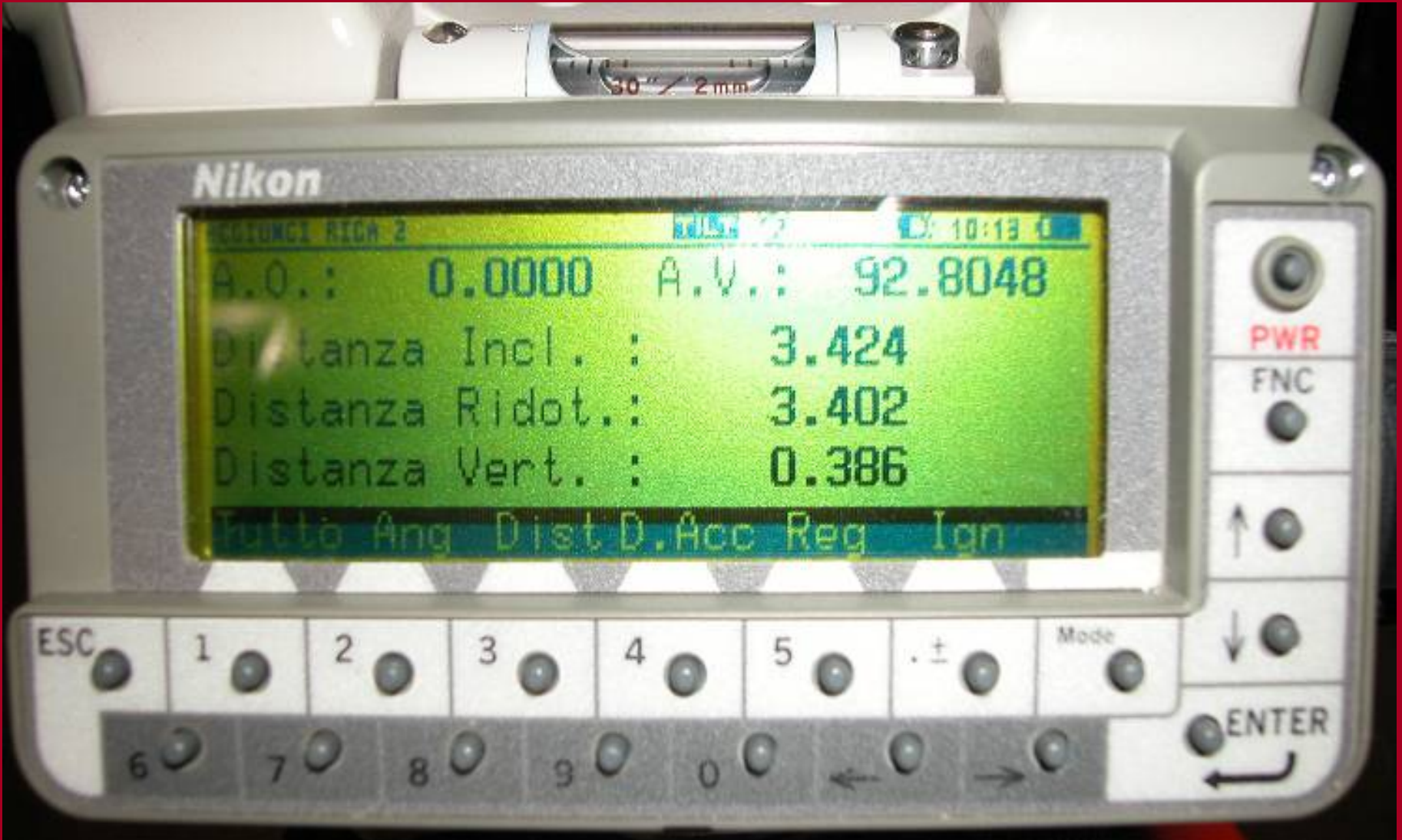
Rilevamento topografico strumenti di oggi: la stazione totale; funzionamento



La misurazione degli angoli azimutale (A.O.) e zenitale (A.V.)

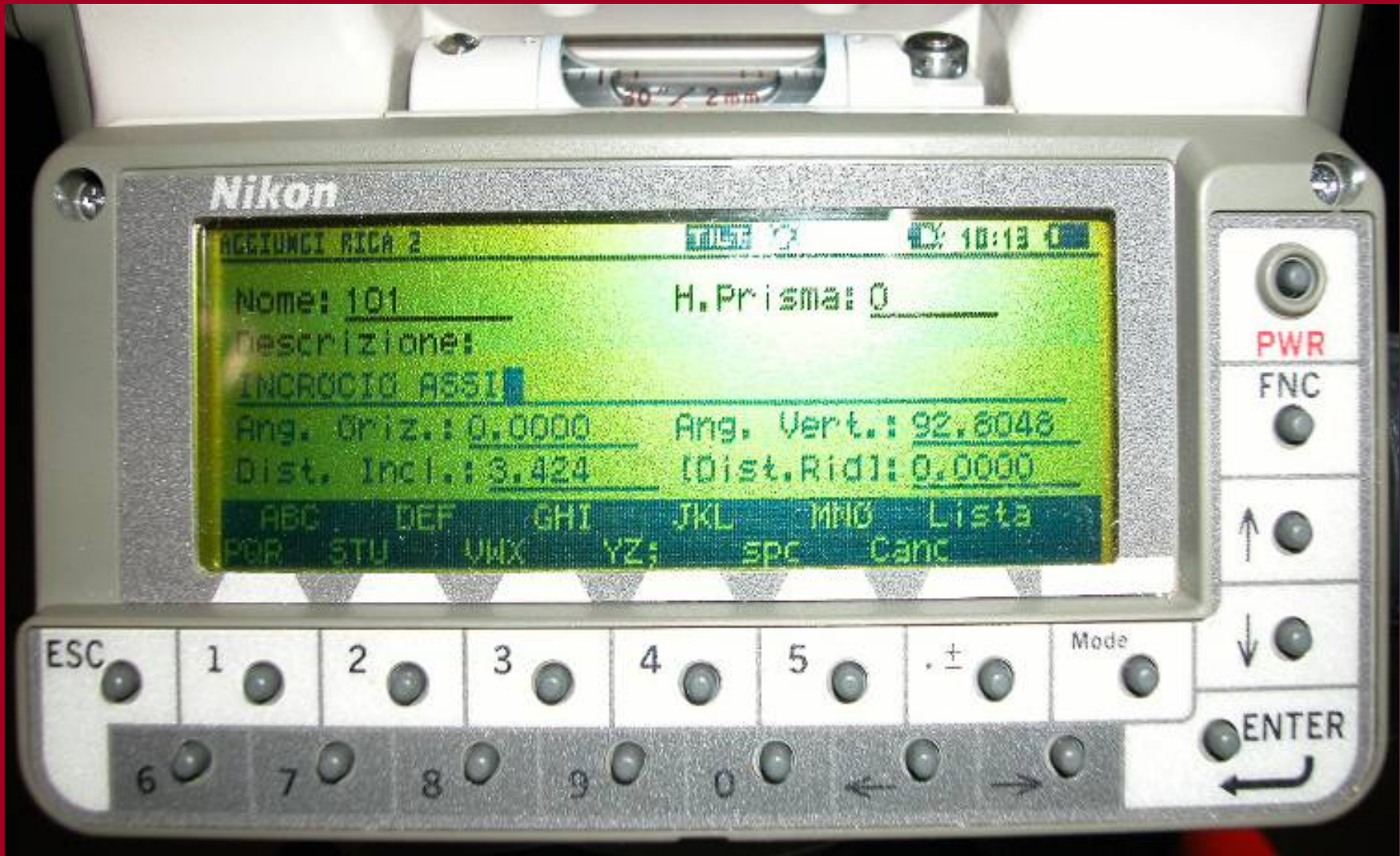


Rilevamento topografico strumenti di oggi: la stazione totale; funzionamento





Rilevamento topografico strumenti di oggi: la stazione totale; funzionamento



La memorizzazione del punto e sua descrizione



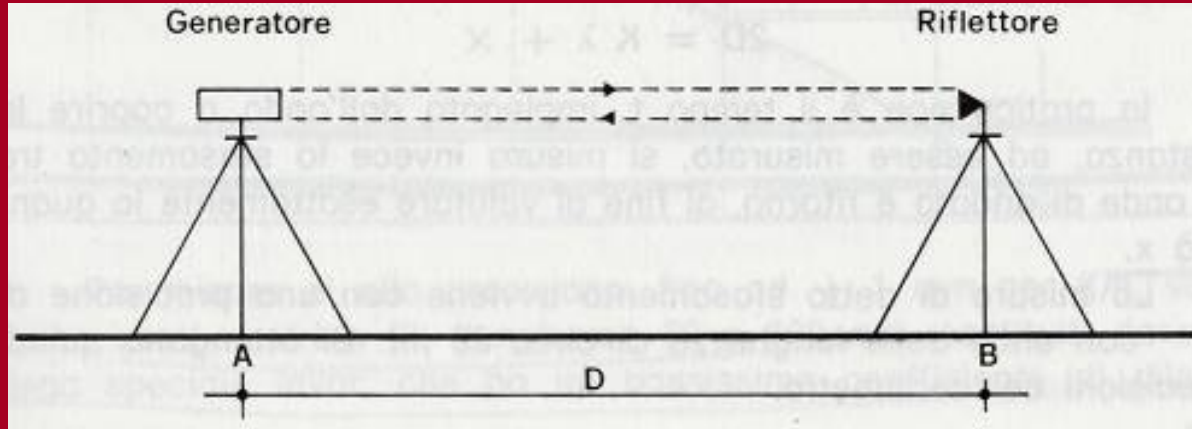
Rilevamento topografico strumenti di oggi: la stazione totale; funzionamento



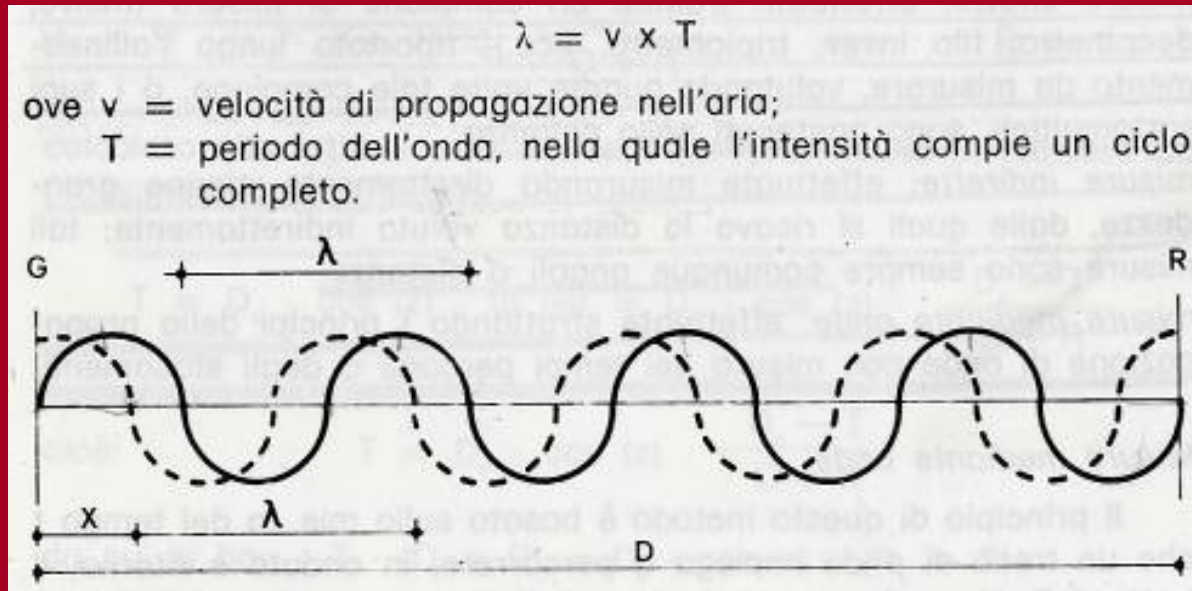
La memorizzazione del punto e sua descrizione nel libretto conclusivo del lavoro



Rilevamento topografico strumenti di oggi: la stazione totale; funzionamento



(da Carlucci, 1987)



La distanza $2D$ è data da un certo numero K di lunghezza d'onda più una porzione d'onda x : 68

$2D = K\lambda + X$ - in realtà si misura proprio lo sfasamento tra onda di andata e ritorno per valutare la quantità x



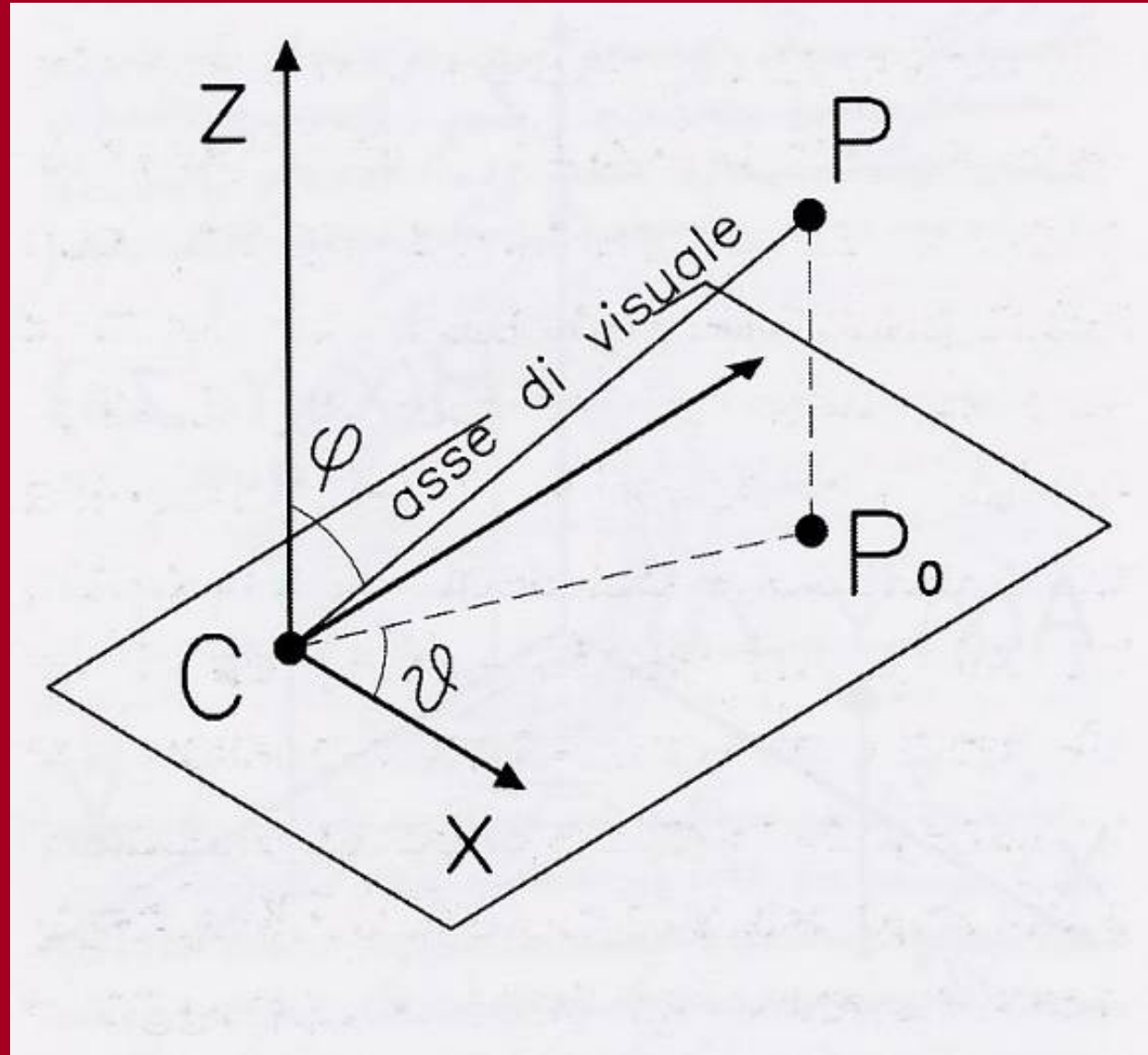
I componenti smontati: da sinistra:
Porta-prisma, prisma, perno di fissaggio,
base



I componenti montati sul treppiede



Rilevamento topografico strumenti di oggi: la stazione totale. Determinazione di un punto



Schema di funzionamento

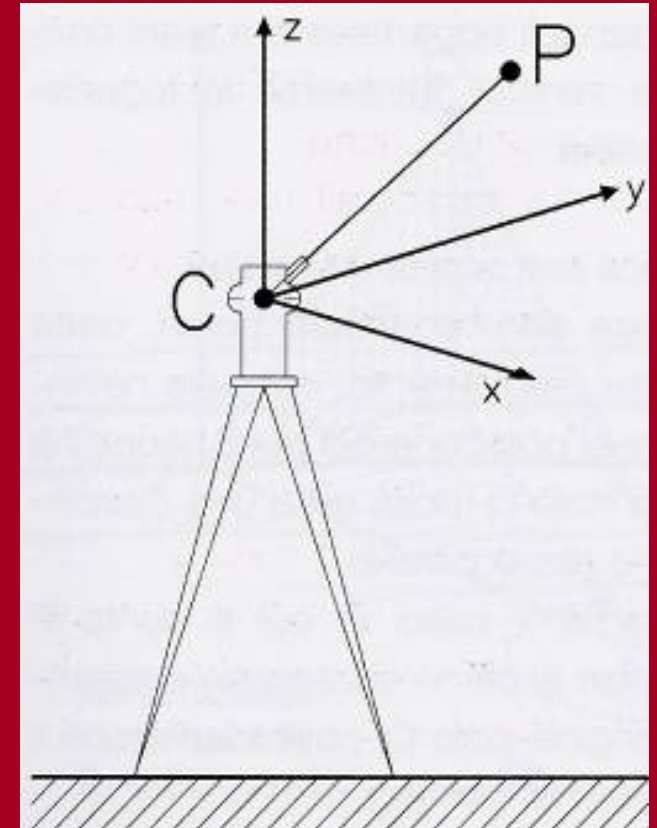
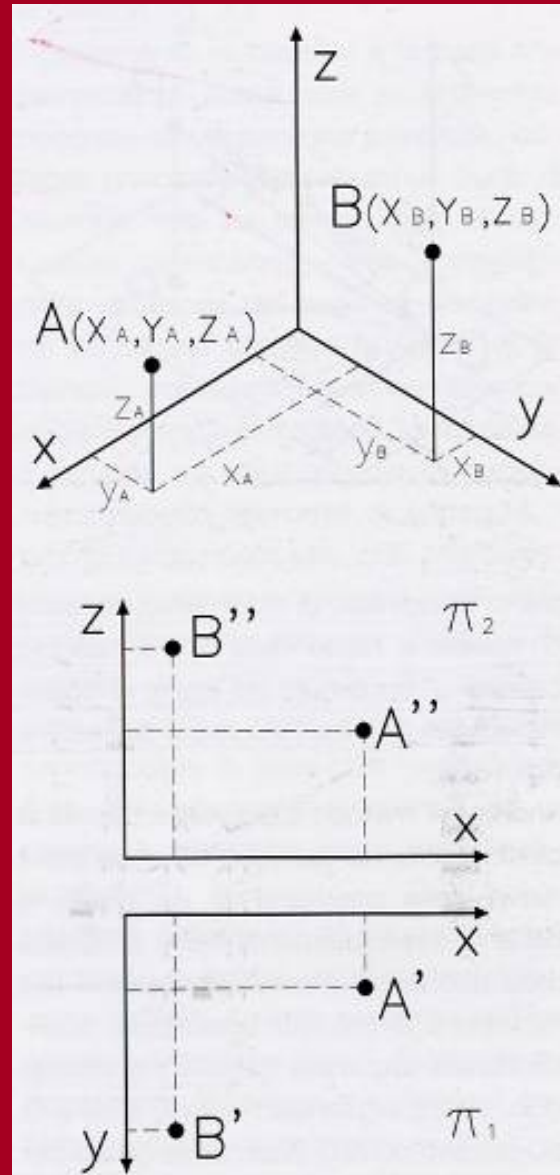


Rilevamento topografico

strumenti di oggi: la stazione totale. Determinazione di un punto



Il Porro (1801-1875) definì la *celerimensura* “**quel sistema di rilevamento mediante il quale si determina la posizione di un punto qualunque del terreno per mezzo delle sue tre coordinate, riferite ad una origine nota e perfettamente ubicata nello spazio, senza l'aiuto della misura diretta delle distanze**”



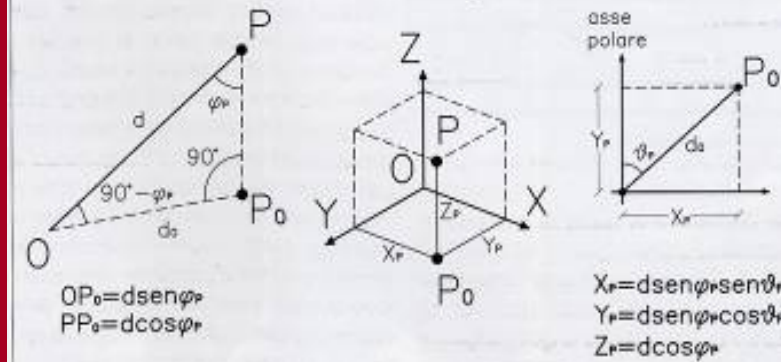
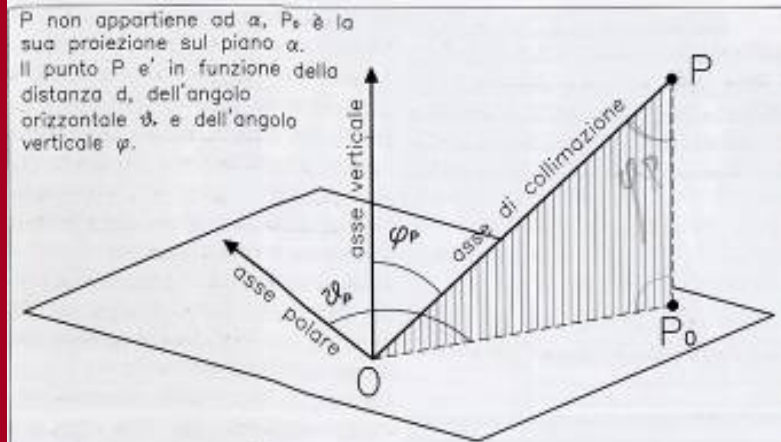
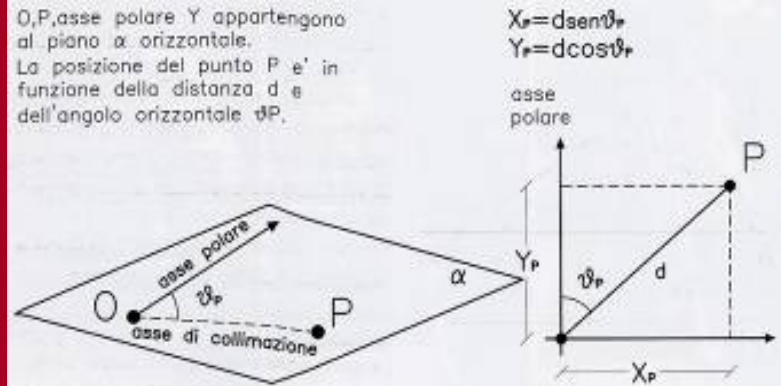


Rilevamento topografico

strumenti di oggi: la stazione totale. Determinazione di un punto



Primo metodo
 coordinate
 polari:
 la posizione
 del punto viene
 determinata
 attraverso
 una sola
 stazione



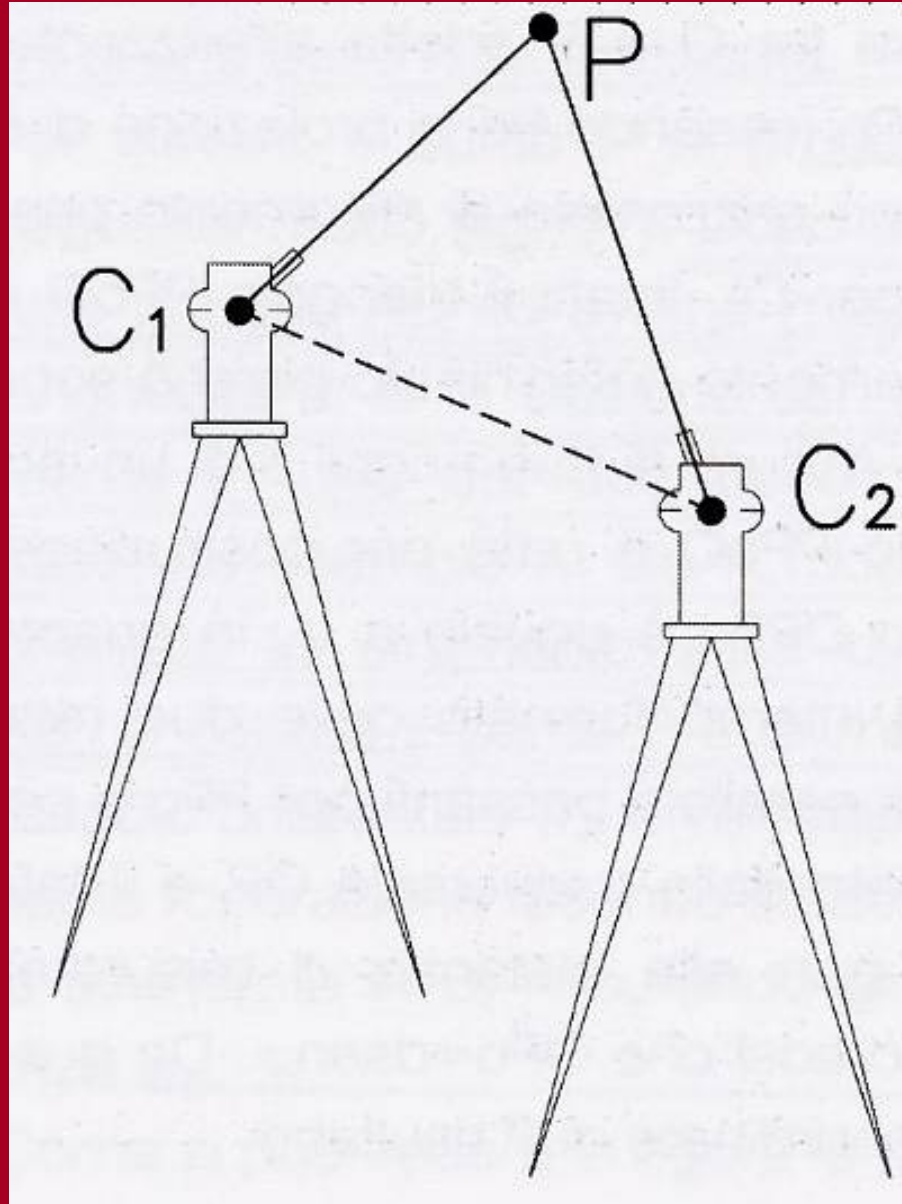


Rilevamento topografico

strumenti di oggi: la stazione totale. Determinazione di un punto



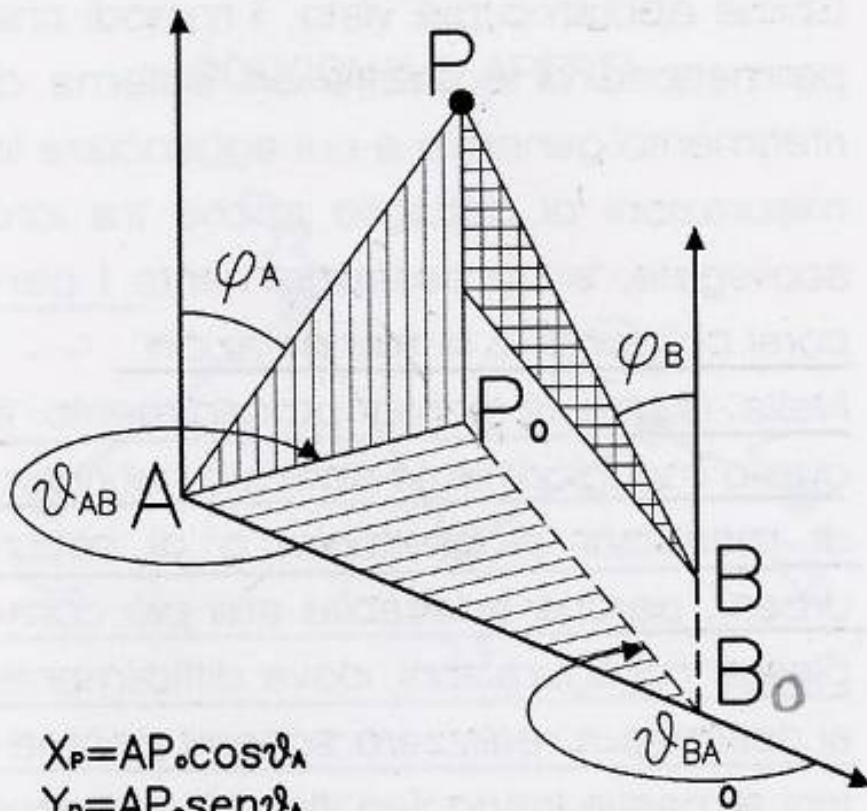
Secondo metodo
intersezione in
avanti:
la posizione
del punto viene
determinata
attraverso
l'uso combinato
di due stazioni



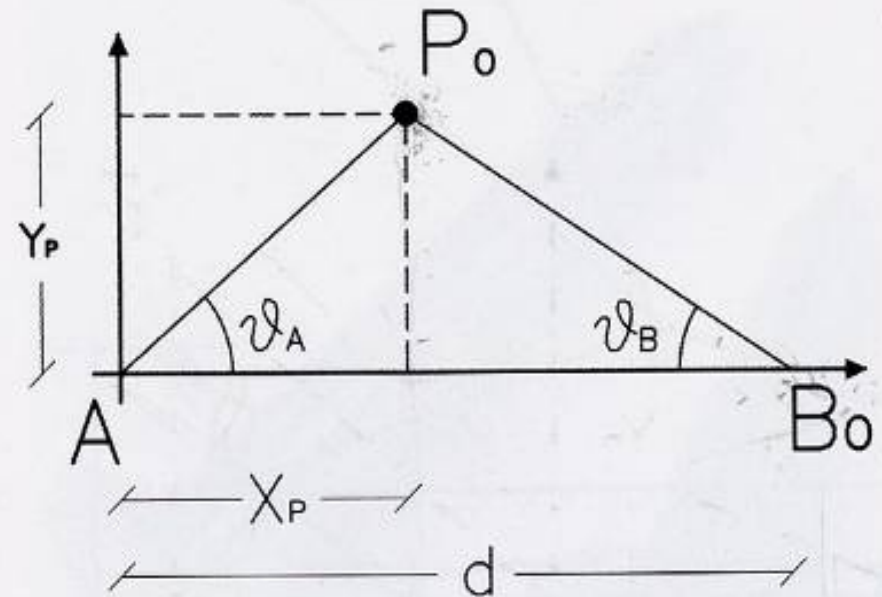
(da Ippoliti, 2000)



Rilevamento topografico strumenti di oggi: la stazione totale. Determinazione di un punto



$$\begin{aligned} X_P &= AP \cdot \cos \vartheta_A \\ Y_P &= AP \cdot \sin \vartheta_A \\ Z_P &= AP \cdot \operatorname{tg} \varphi_A = B_0P \cdot \operatorname{tg} \varphi_B + BB_0 \end{aligned}$$



(da Ippoliti, 2000)

Intersezione in avanti: determinazione delle coordinate X,Y,Z del punto traggardato



Rilevamento topografico

la necessità di correlare più punti ad un'unica origine: le poligonali



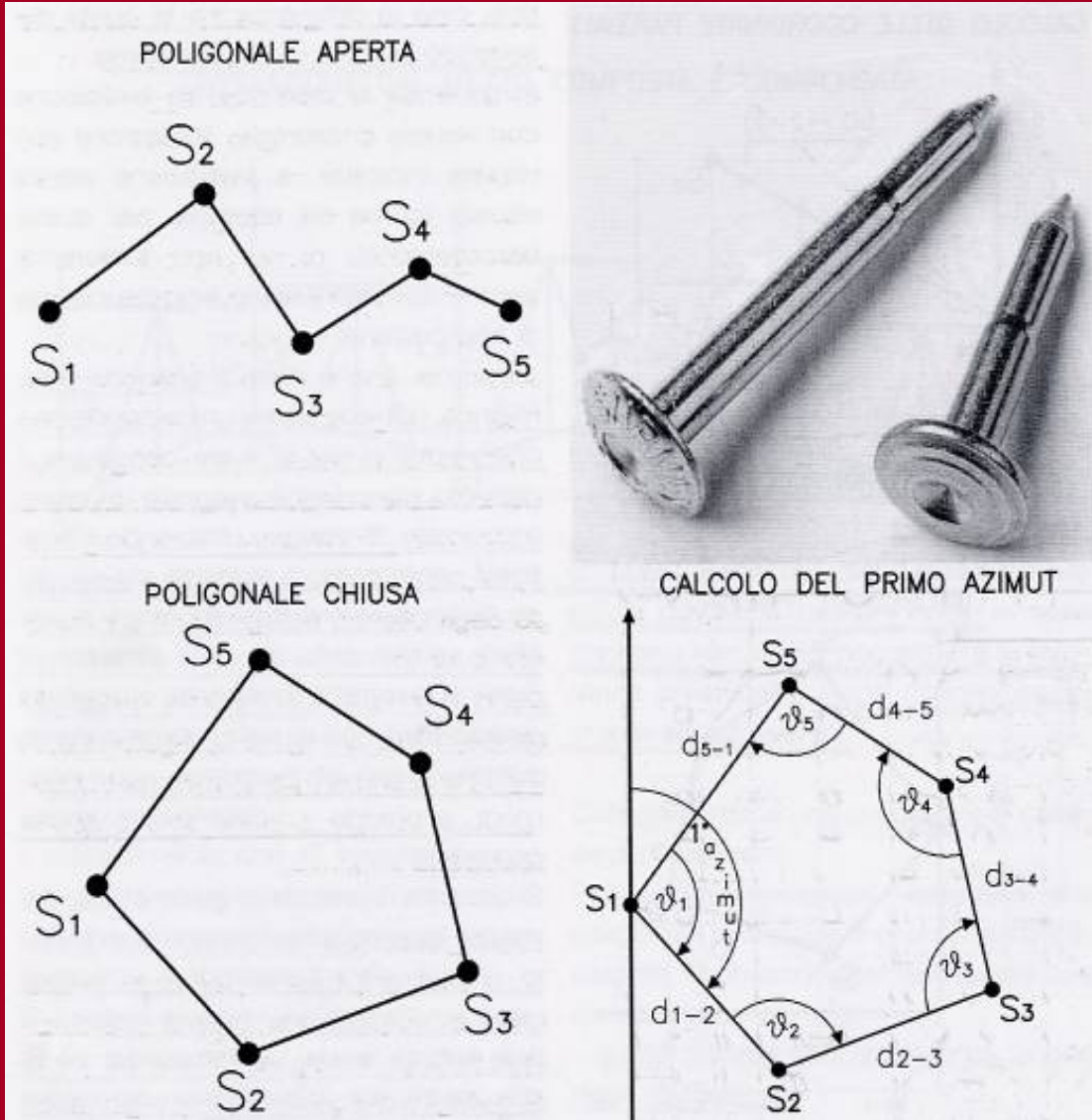
Nel caso di poligonali chiuse
la somma degli angoli interni della poligonale è data da:

$$S = (180^\circ \times n) - 360^\circ$$

con n pari al numero dei lati o dei vertici.

Nel caso di misura di angoli esterni:

$$S = (180^\circ \times n) + 360^\circ$$



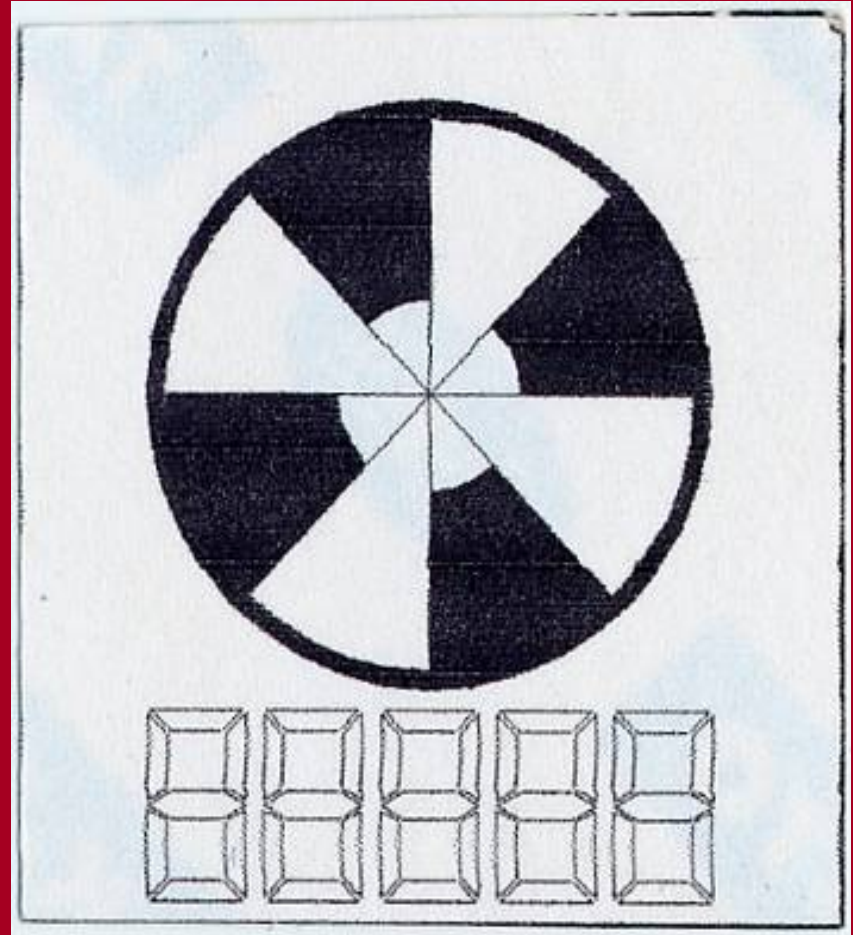
(da Ippoliti, 2000)

Rilevamento topografico la materializzazione dei punti collimati: la monografia



Rilevamento topografico

la materializzazione dei punti collimati: **le marche di mira**



esempi di marche: quella a destra, adesiva è in uso presso l'ISCR



Rilevamento topografico

Il trasferimento dei dati sul calcolatore per la loro elaborazione



trasferimento su PC portatile mediante cavo seriale dei dati raccolti sul campo

Rilevamento topografico

Il trasferimento dei dati sul calcolatore per la loro elaborazione



elaborazione dei dati trasferiti su PC con specifico software



Rilevamento topografico

L'elaborato finale: la stampa del libretto delle misure



Istituto Centrale per il Restauro

Stampa del 20/06/2002 Alle ore 12.52.07

LIBRETTO DELLE MISURE

REGISTRA by TOPOPROGRAM & Service. Tutti i diritti riservati. Contratto di licenza n.

GRUPPI DI RIGHE 1 - 2

Stazione	400	H.Strumento	1,607	Materializzazione	
Punto	H.P.	Direz.Orizz.	Direz.Vert.	Distanza	Materializzazione
200	1.628	0.004	99,4414	9,842	STAZIONE 200
401		327.551	100,9974	5,906	SPIGOLO SX BASSO VERDE-BIANCO
402		327.514	88,0480	6,010	SPIGOLO SX ALTO V-B
403		350.161	88,6332	6,415	SPIGOLO DX ALTO B-V
404		350.162	100,7146	6,310	SPIGOLO DX BASSO B-V
405		352.338	100,1114	6,398	FIDES SX BASSO
406		352.347	87,8912	6,517	FIDES SX ALTO ROSA-BIANCO
407		357.497	88,5550	6,755	FIDES DX ALTO
408		357.530	100,0434	6,648	FIDES DX BASSO
409		339.935	99,5052	6,022	RIQUADRO VERDE MEDIO BASSO
410		317.625	87,6604	6,077	IUSTIZIA SX ALTO
411		324.672	87,5226	6,019	IUSTIZIA DX ALTO
412		324.670	100,4444	5,909	IUSTIZIA DX BASSO ROSSO SCURO
413		317.630	100,4340	5,966	IUSTIZIA SX BASSO ROSSO SCURO



Rilevamento topografico

L'elaborato finale: la stampa del libretto delle coordinate



Istituto Centrale per il Restauro

Stampa del 20/06/2002 Alle ore 12.28.30

ELENCO COORDINATE CELERIMETRICO

REGISTRA by TOPOPROGRAM & Service. Tutti i diritti riservati. Contratto di licenza n

NOME	MATERIALIZZAZIONE	EST	NORD	QUOTA	SQME	SQMN	SQMQ
400		20.000,000	30.000,000	500,000	0.0001	0.0001	0.0034
500	STAZIONE 500	20.002,724	30.006,047	500,053	0.0008	0.0004	0.0031
600	STAZIONE 600	19.999,592	30.007,142	500,058	0.0003	0.0017	0.0106
700	STAZIONE 700	19.996,601	30.000,529	500,000	0.0021	0.0047	0.0095
800	STAZIONE 800	19.994,115	29.995,009	500,005	0.0001	0.0001	0.0079
900	STAZIONE 900	19.996,772	29.992,819	500,007	0.0001	0.0001	0.0079
2000	STAZIONE 2000	20.000,716	30.000,183	503,297	0.0007	0.0037	0.0106
606	SPIGOLO V-B SX ALTO	20.005,950	30.006,947	502,738	0.0011	0.0001	0.0004
200	STAZIONE 200	20.000,001	30.009,842	500,068	0.0002	0.0021	0.0034
401	SPIGOLO SX BASSO VERDE-BIANCO	19.994,639	30.002,477	501,517	0.0019	0.0010	0.0034
402	SPIGOLO SX ALTO V-B	19.994,639	30.002,473	502,731	0.0019	0.0010	0.0034



Alcuni esempi:





Assisi - Basilica superiore di San Francesco -
rilevamento volte e costoloni ricostruiti dopo il sisma del settembre 1997



Direttore dei Lavori: Dott. Giuseppe Basile

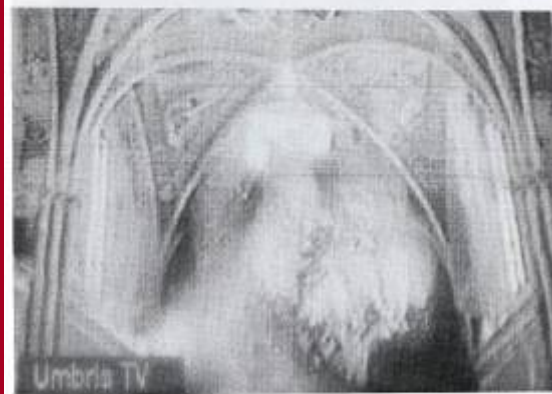
Anni di esecuzione: 2001-2006

Metodologia adottata: rilevamento topografico con sviluppo in CAD
(Stazione totale Nikon NPL 820)

Finalità del rilievo: realizzazione delle controforme lignee su cui sagomare i pannelli di supporto, poi rimontati in situ, dei frammenti riconosciuti e ricomposti nel “cantiere dell’utopia”.

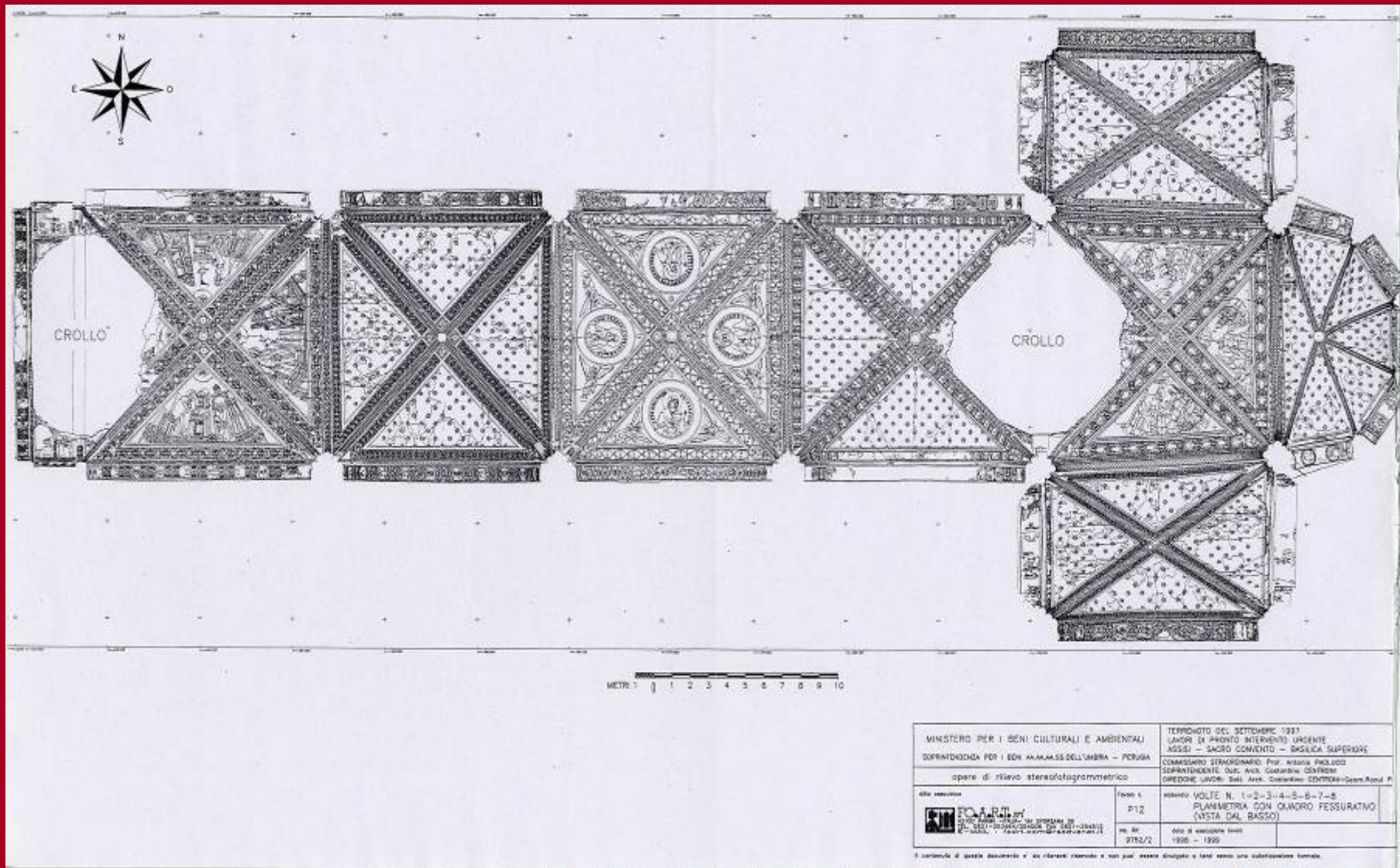


Assisi - Basilica superiore di San Francesco -
rilevamento volte e costoloni ricostruiti dopo il sisma del settembre 1997



(immagini di UMBRIA TV riportate
da Croci, 2001)

Assisi - Basilica superiore di San Francesco - rilevamento volte e costoloni ricostruiti dopo il sisma del settembre 1997

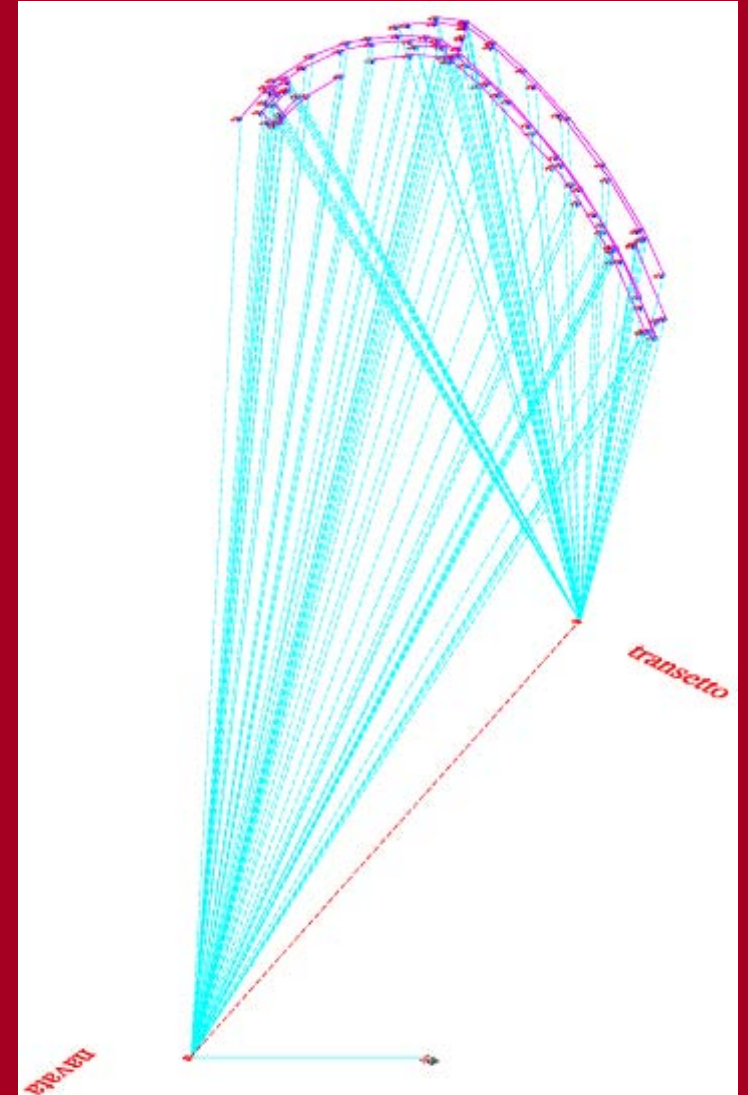
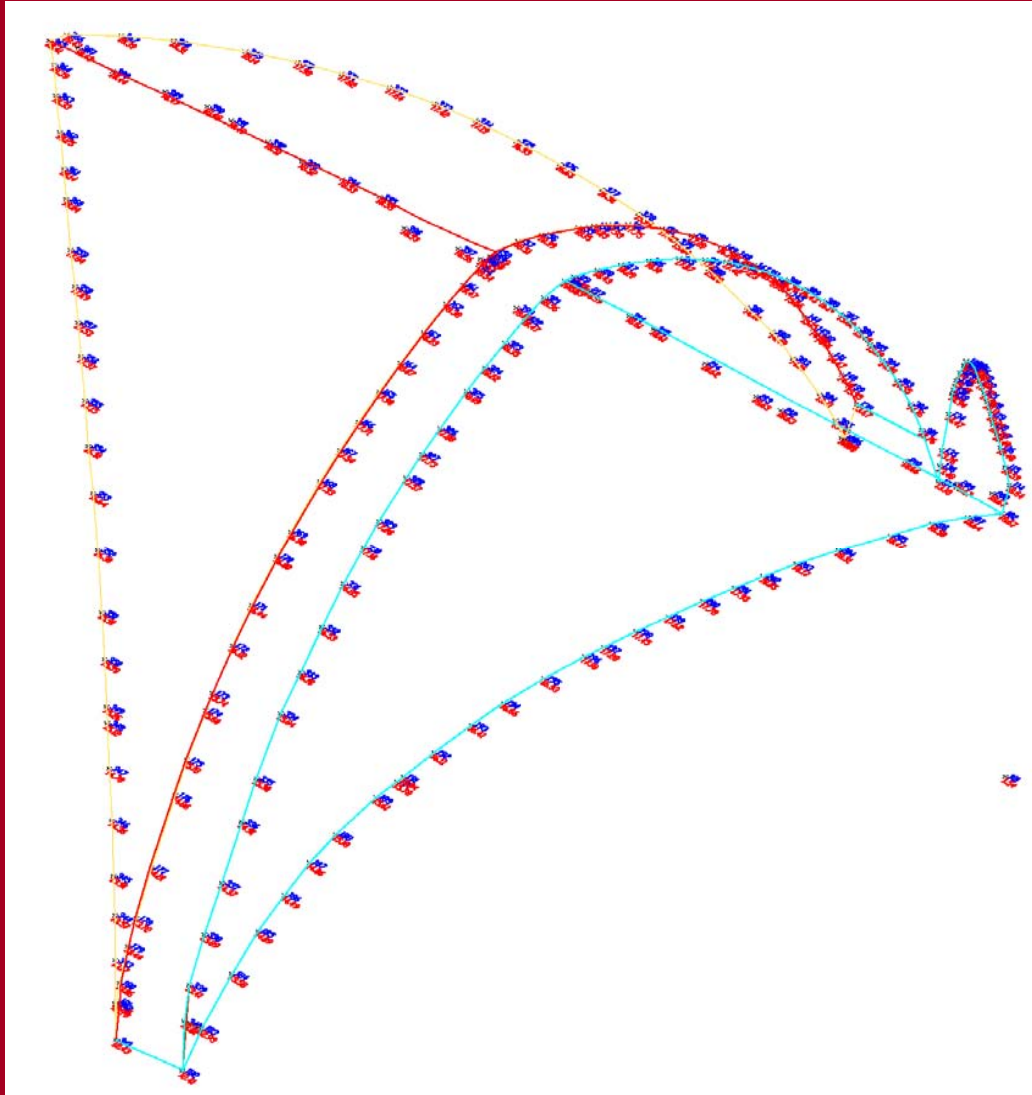




Gli effetti del sisma del 26 settembre 1997:
lesioni e distacco delle nervature delle vele



Assisi - Basilica superiore di San Francesco -
rilevamento volte e costoloni ricostruiti dopo il sisma del settembre 1997

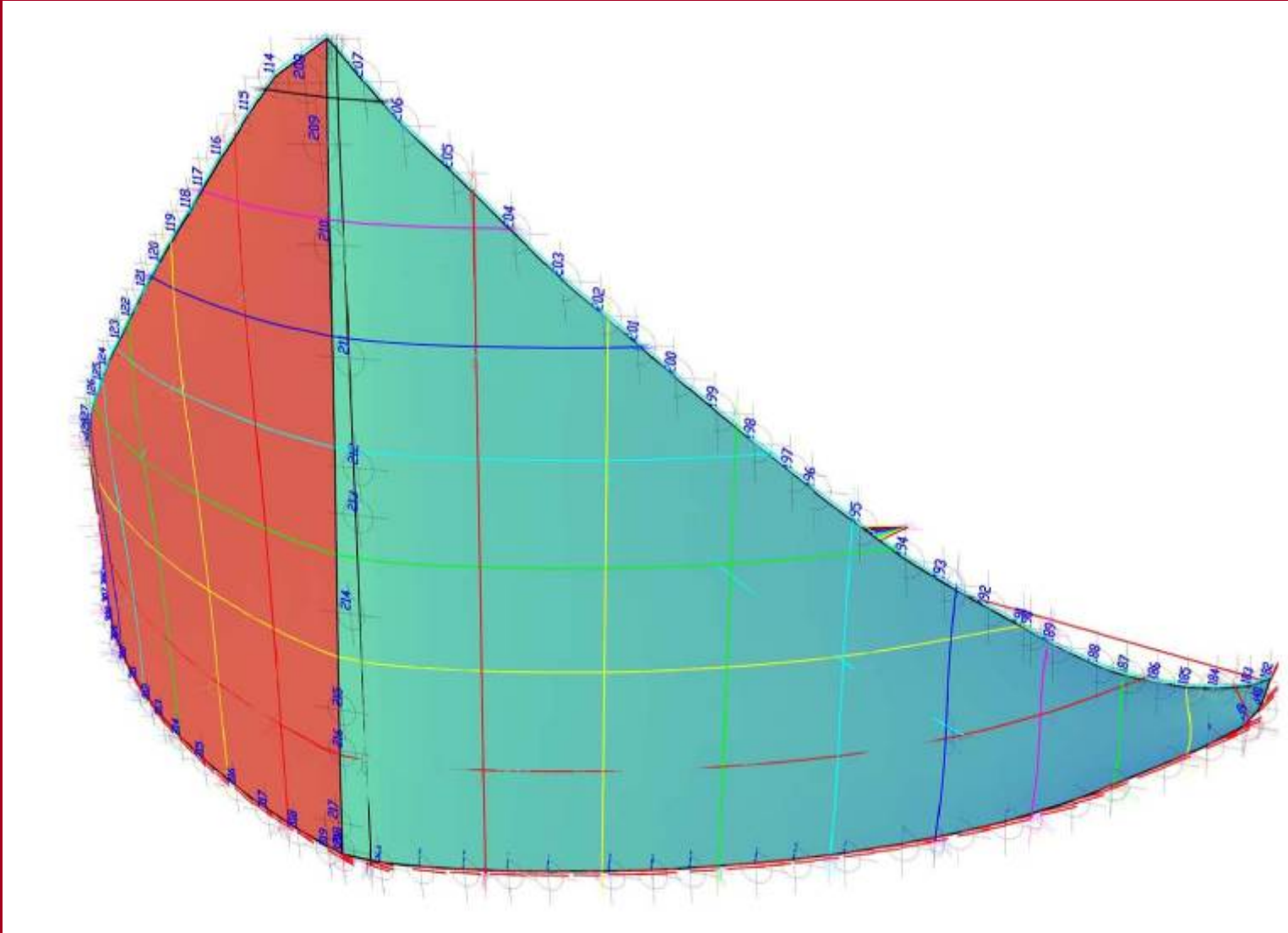


Volte di San Matteo (a sinistra) e del cielo stellato (a destra)

Costolone mediano



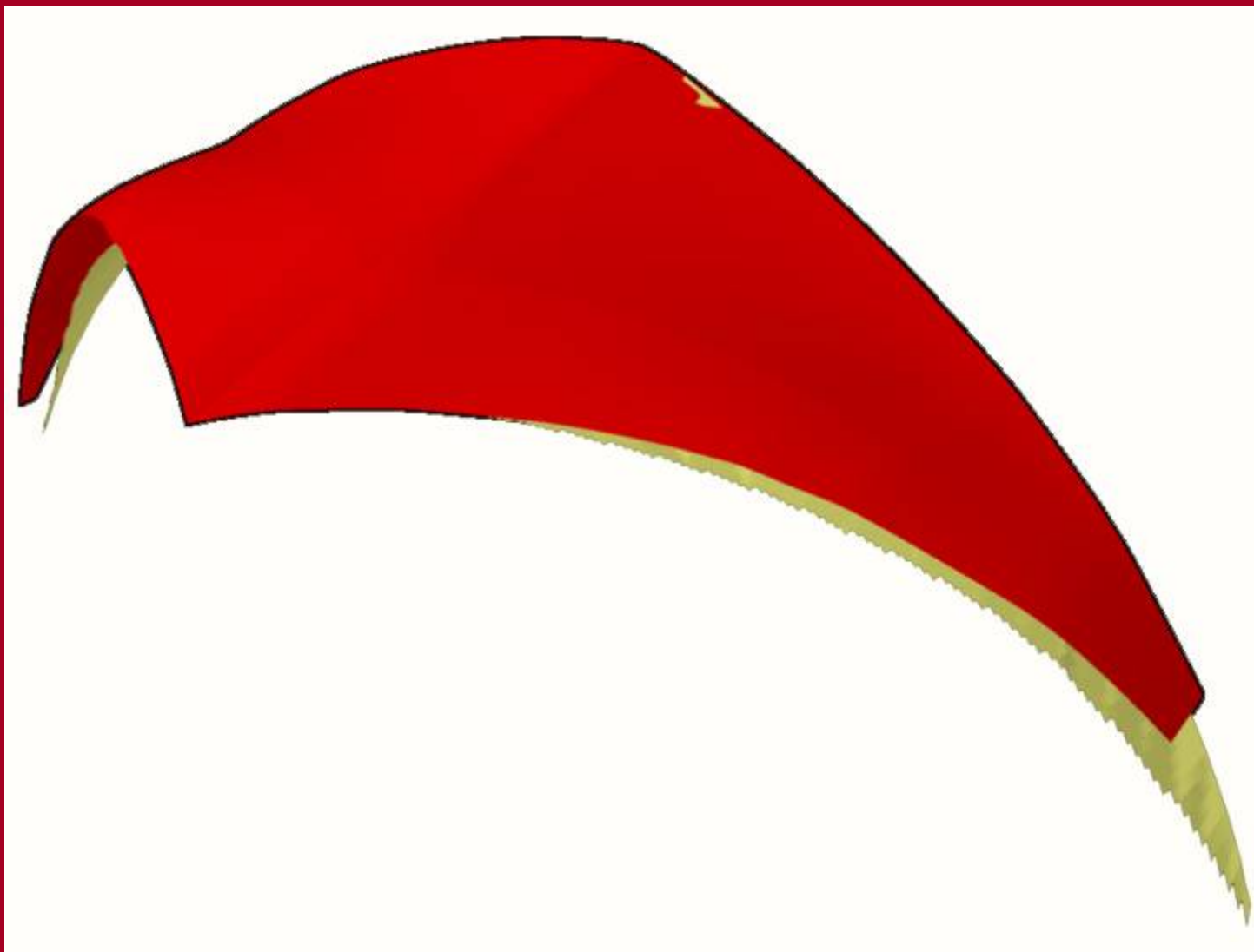
Assisi - Basilica superiore di San Francesco - rilevamento volte e costoloni ricostruiti dopo il sisma del settembre 1997



Volta del cielo stellato:
realizzazione
delle superfici e
dei profili
verticali ed
orizzontali
secondo passi
prefissati



Assisi - Basilica superiore di San Francesco -
rilevamento volte e costoloni ricostruiti dopo il sisma del settembre 1997



Confronto tra la
volta di San
Matteo (in rosso)
e quella del cielo
stellato (in beige)
che ne evidenzia
le differenti
morfologie



Assisi - Basilica superiore di San Francesco -
rilevamento volte e costoloni ricostruiti dopo il sisma del settembre 1997



La controforma del
cielo stellato in fase di
realizzazione sulla base
del rilevamento
effettuato
(esecuzione del
restauratore Antonio
Iaccarino Idelson con la
collaborazione di
Maurizio Berlini)





CONCLUSIONI

sul rilevamento topografico



PRINCIPALI VANTAGGI:

- possibilità di raggiungere quasi ogni punto posto nell'intorno dello strumento, senza dover necessariamente apporre prismi riflettenti o predisporre ponteggi
- versatilità
- maggiore precisione rispetto ad un rilevamento manuale diretto
- leggerezza dei files prodotti, con facile esportazione verso altri formati (es. DXF)
- facile memorizzazione dei dati

PRINCIPALI INCONVENIENTI:

- alto costo dello strumento
- necessità di una manutenzione periodica piuttosto frequente
- necessità di una formazione adeguata e di una esperienza specifica
- maggior rischio di errori sistematici rispetto ad un rilevamento diretto

B.A. 2.

RILEVAMENTO

- Diretto
- Topografico
- Fotogrammetrico 
- Stereofotogrammetrico
- Scansione laser 3D
- Sistemi di rappresentazione



Il rilevamento fotogrammetrico sfrutta le proprietà delle geometria descrittiva, trasformando una proiezione eminentemente centrale, quale l'immagine fotografica, in una proiezione ortogonale. Tale operazione è oggi eseguibile anche per via automatica grazie all'utilizzo di specifici programmi, ormai anche di ridotto costo.

Il risultato finale è pertanto un “**prospetto fotografico**” misurabile e correlato di tutta la notevole mole informativa che una un'immagine è in grado di offrire



Alcuni esempi:





Assisi – Basilica superiore di San Francesco -
Riproporzionamento basi fotografiche arcone e volte crollate a seguito del sisma
del settembre 1997.



Direttore dei Lavori: Dott. Giuseppe Basile

Anni di esecuzione: 2001-2006

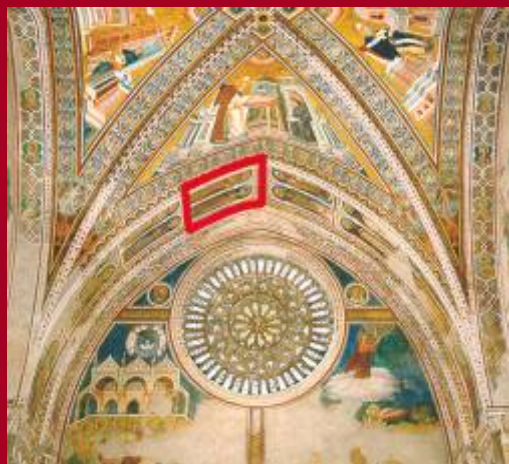
Metodologia adottata: raddrizzamento fotografico
(software: Realview – Vectar - Arezzo)

Collaboratori: Angelo Rubino

Finalità del rilievo: fornire ai restauratori impegnati nel “cantiere dell’utopia” una base fotografica in scala 1:1 che unisse ad un corretto dato colorimetrico anche dimensioni affidabili, così da facilitare il riconoscimento e la ricollocazione dei frammenti.



Assisi – Basilica superiore di San Francesco - Riproporzionamento basi fotografiche arcone e volte crollate a seguito del sisma del settembre 1997.



Messa in scala della foto digitale di partenza



Confronto tra
foto di
partenza e
foto
rielaborata del
San Francesco
sulla base
delle misure
prelevate sui
frammenti già
ricollocati

Mosaicatura
delle foto
rielaborate
dei Santi
Francesco e
Chiara

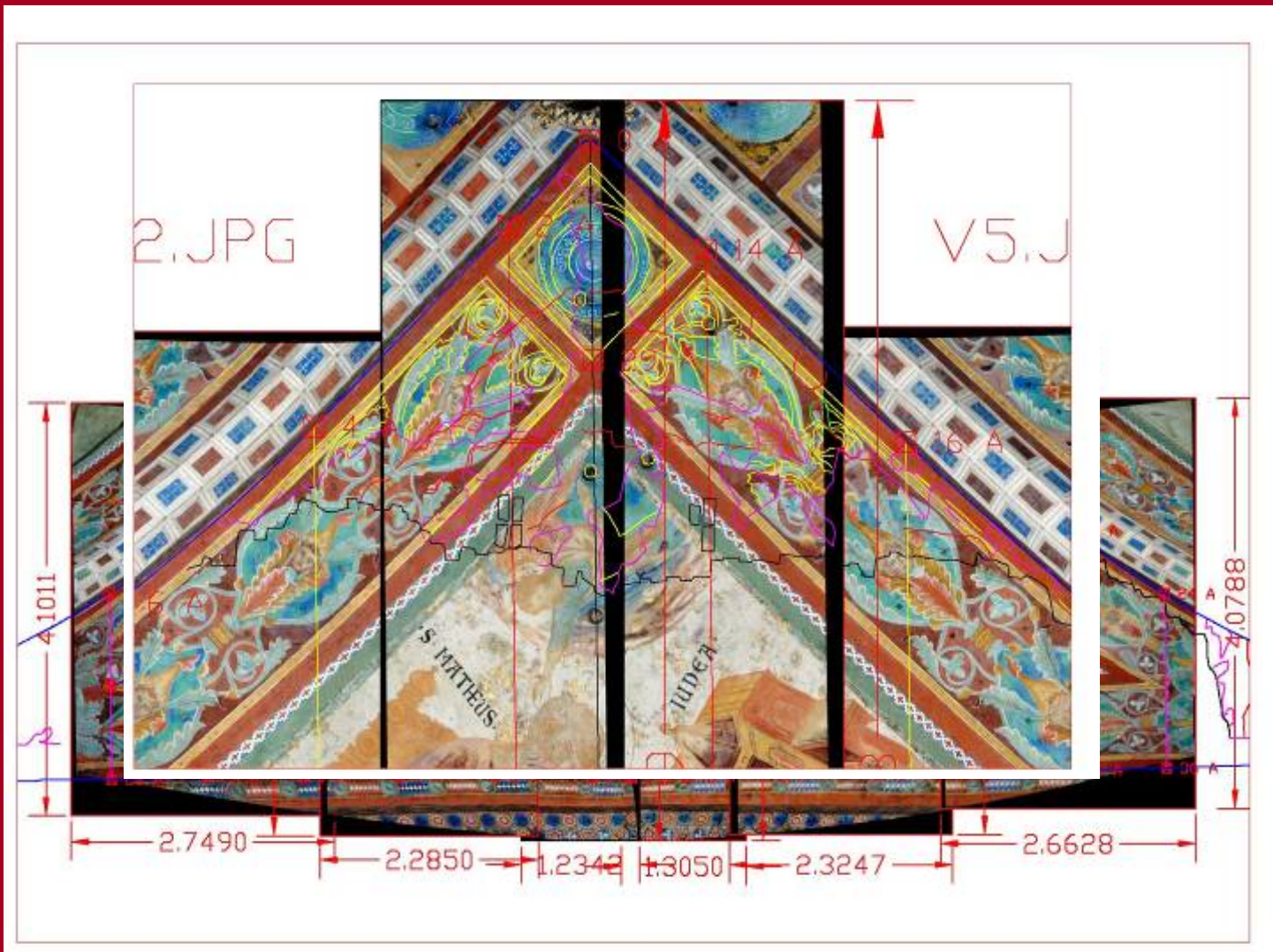




Assisi – Basilica superiore di San Francesco -
Riproporzionamento basi fotografiche arcone e volte crollate a seguito del sisma
del settembre 1997.



Raddrizzamento differenziale della volta del San Girolamo su sviluppo in piano CAD della FO.A.R.T srl – Parma e
suddivisione in 11 strisce per il successivo plottaggio su carta fotografica





Roma – Teatro Argentina – Fotomosaico controllato del velario



Committente: Comune di Roma – U.O. Monumenti Sovrintendenza di Roma
Direttore: Dott.ssa Luisa Cardilli

Anni di esecuzione: 2005



Metodologia adottata: raddrizzamento fotografico con appoggio topografico
(software: Realview – Vectar - Arezzo)

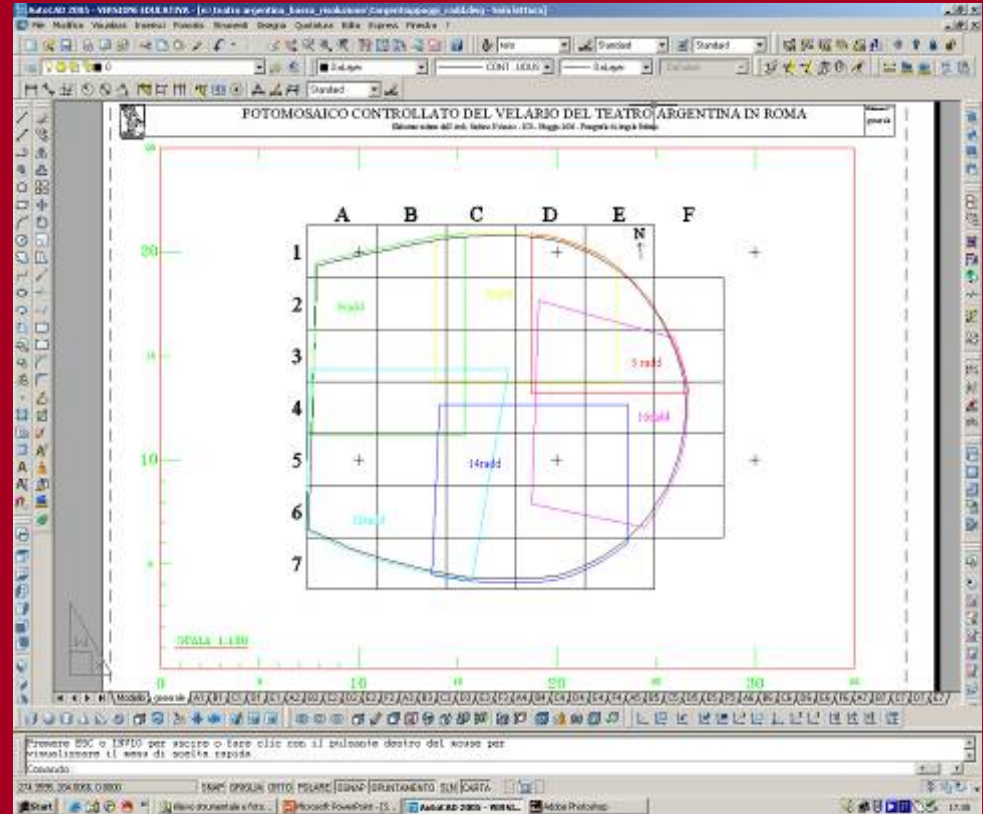
Collaboratori: Angelo Rubino

Finalità del rilievo: fornire una base fotografica metricamente affidabile per la documentazione dello stato di conservazione del manufatto e per il successivo intervento di restauro

Roma – Teatro Argentina – Fotomosaico controllato del velario

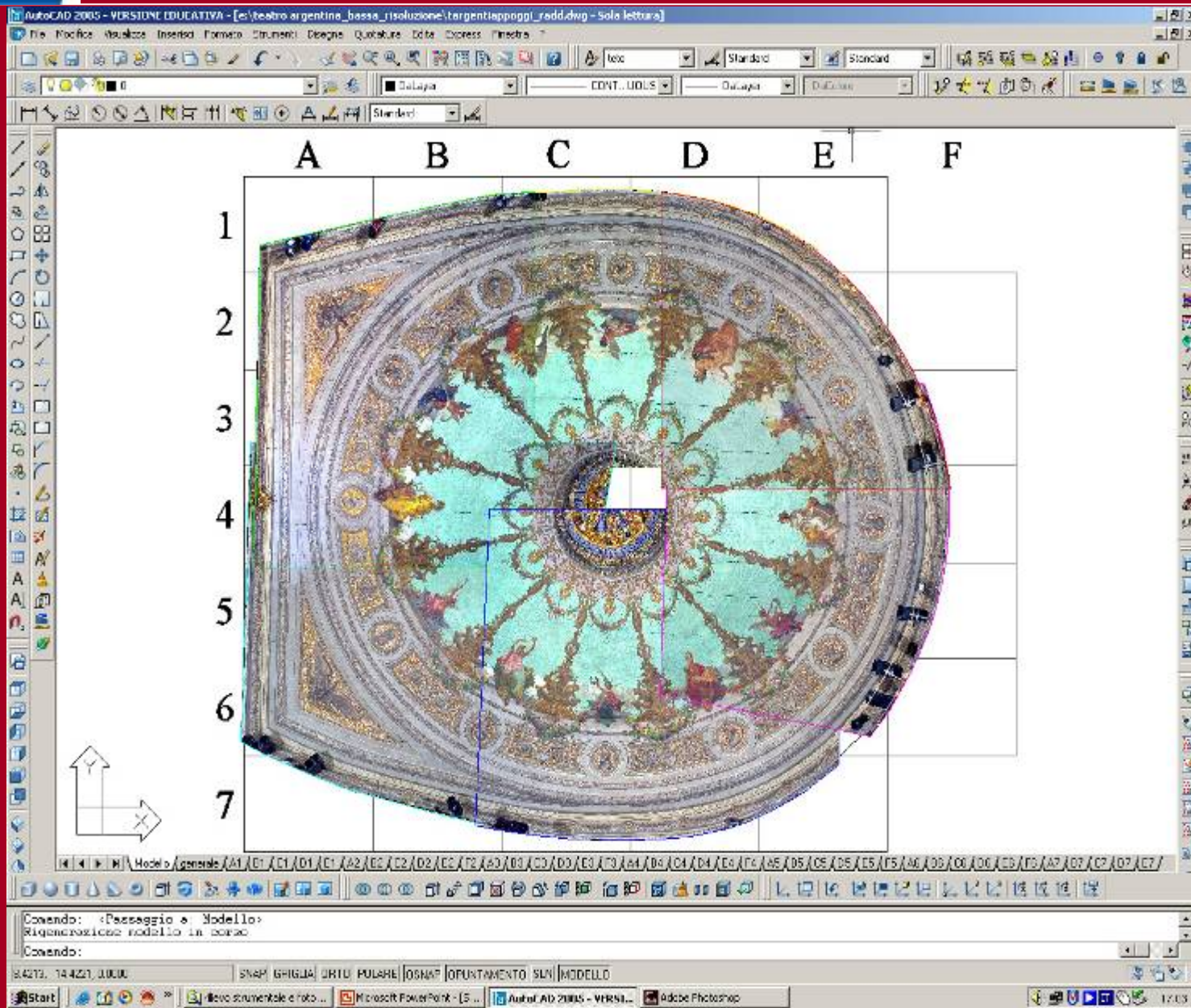


Vista assometrica dei punti di appoggio



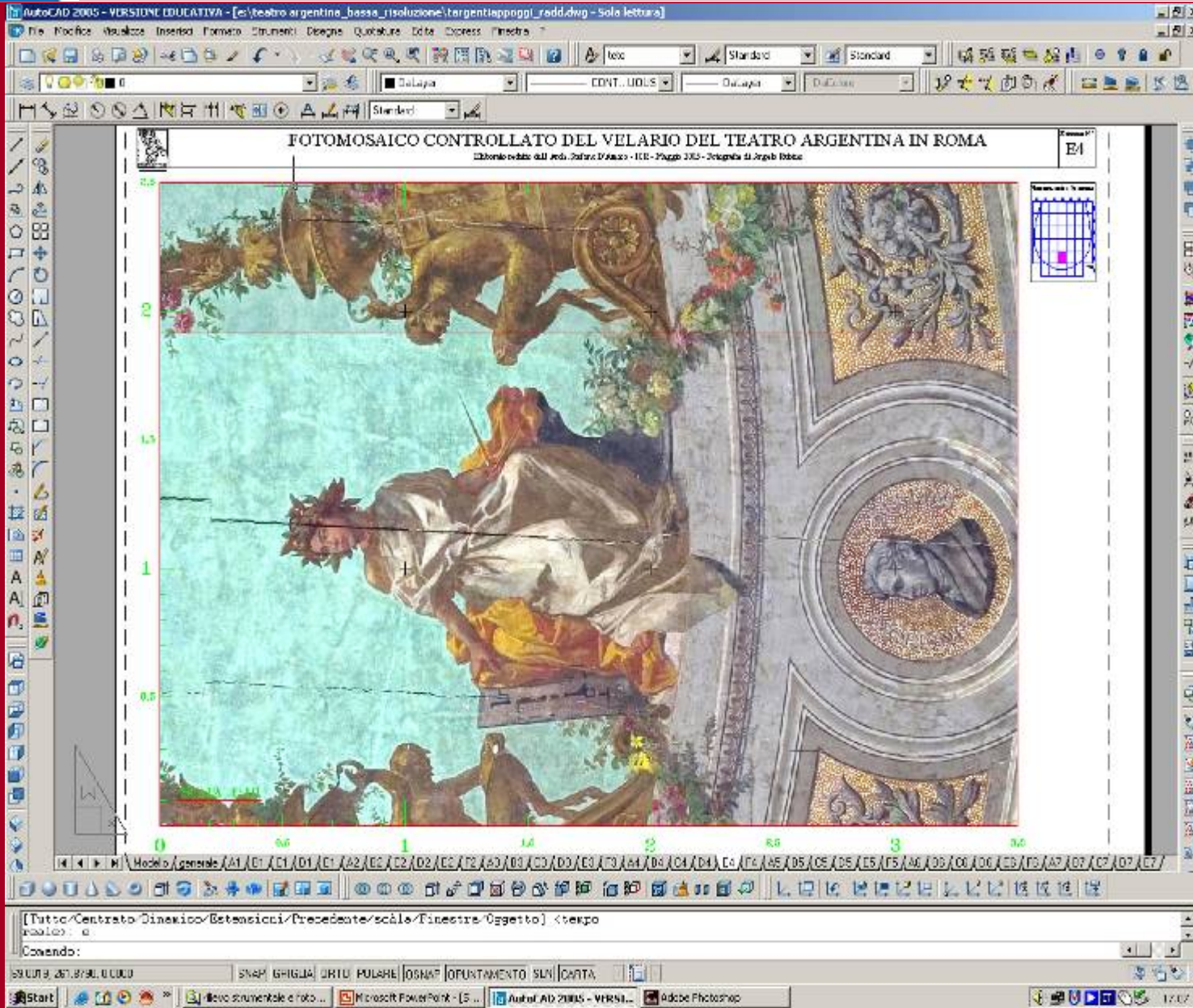
Suddivisione in settori della superficie e cornici delle foto raddrizzate

Roma – Teatro Argentina – Fotomosaico controllato del velario



Vista
generale
del velario
dal basso

Roma – Teatro Argentina – Fotomosaico controllato del velario



Particolare di
un settore



Padova – Cappella degli Scrovegni – Fotomosaico controllato delle pareti della navata



Direttore dei Lavori: Dott. Giuseppe Basile

Anni di esecuzione: 2001-2002

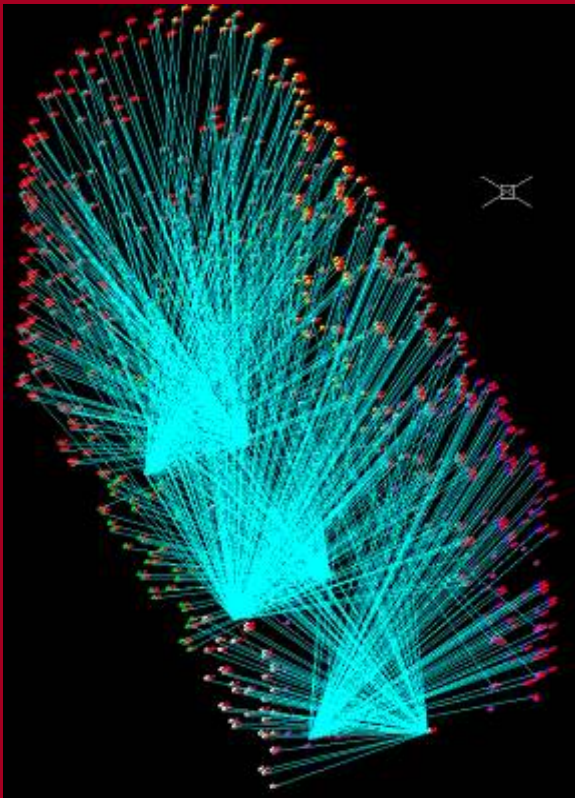
Metodologia adottata: raddrizzamento fotografico con appoggio topografico
(softwares: Realview – Vectar- Arezzo / GDL2000 Alphaconsult – Roma – Ing. F.P. DI Giacomo)

Collaboratori: Mara Bucci, Angelo Rubino

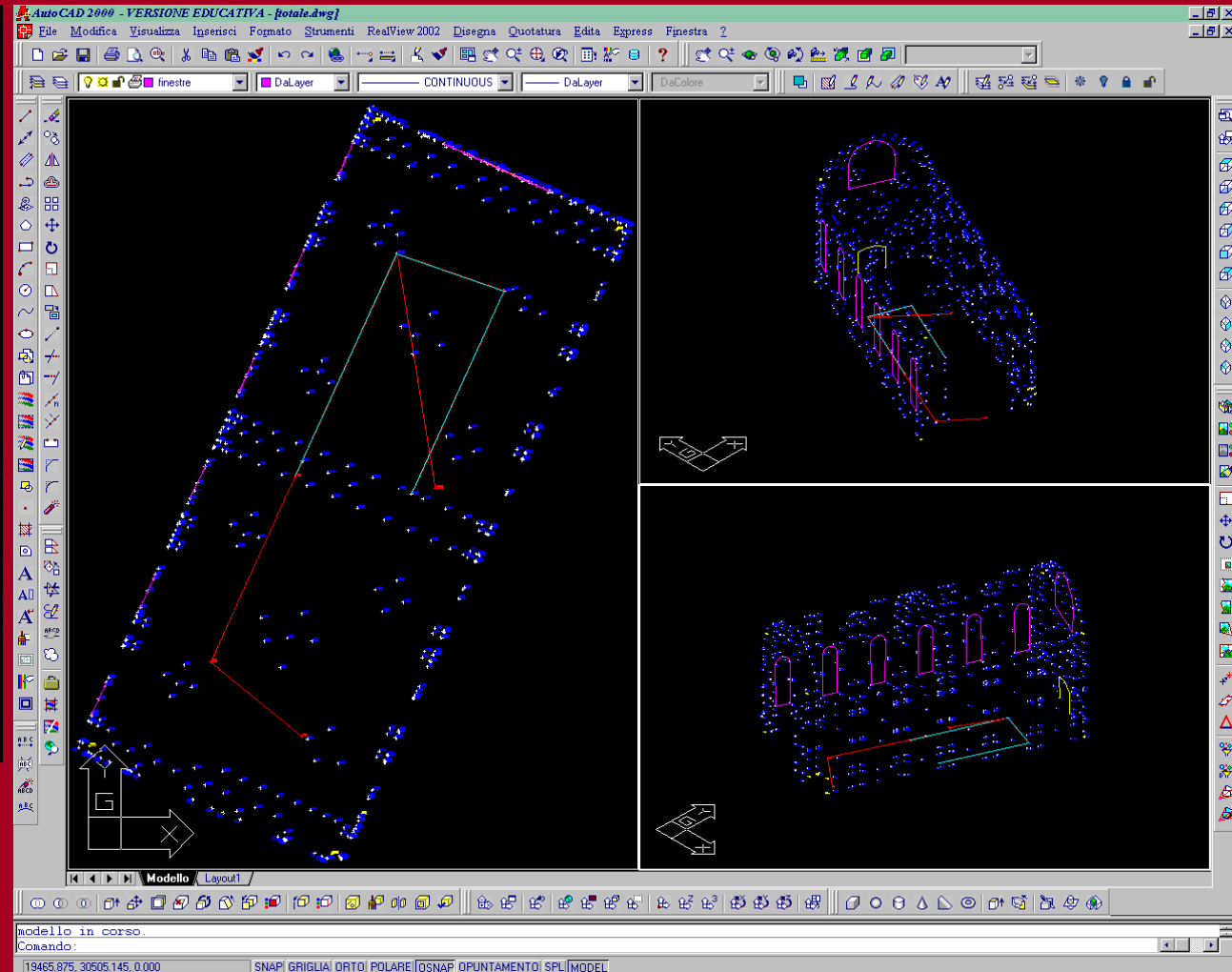
Finalità del rilievo: fornire una base fotografica metricamente affidabile per la documentazione dello stato di conservazione del manufatto e per il successivo intervento di restauro



Padova – Cappella degli Scrovegni – Fotomosaico controllato delle pareti della navata



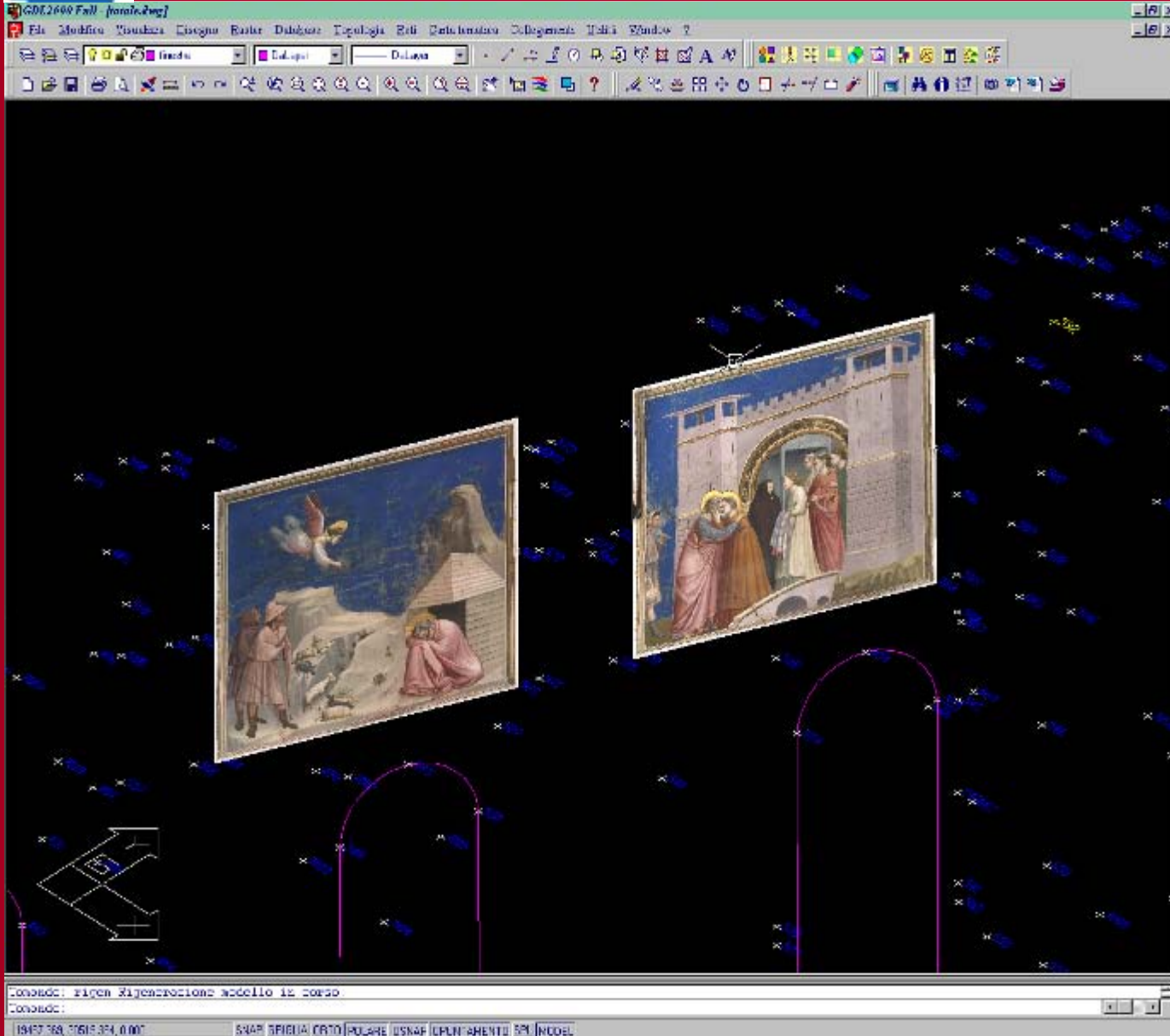
Rilievo topografico della navata - resa grafica dei punti battuti



Rilievo topografico della navata: viste in pianta e assonometria



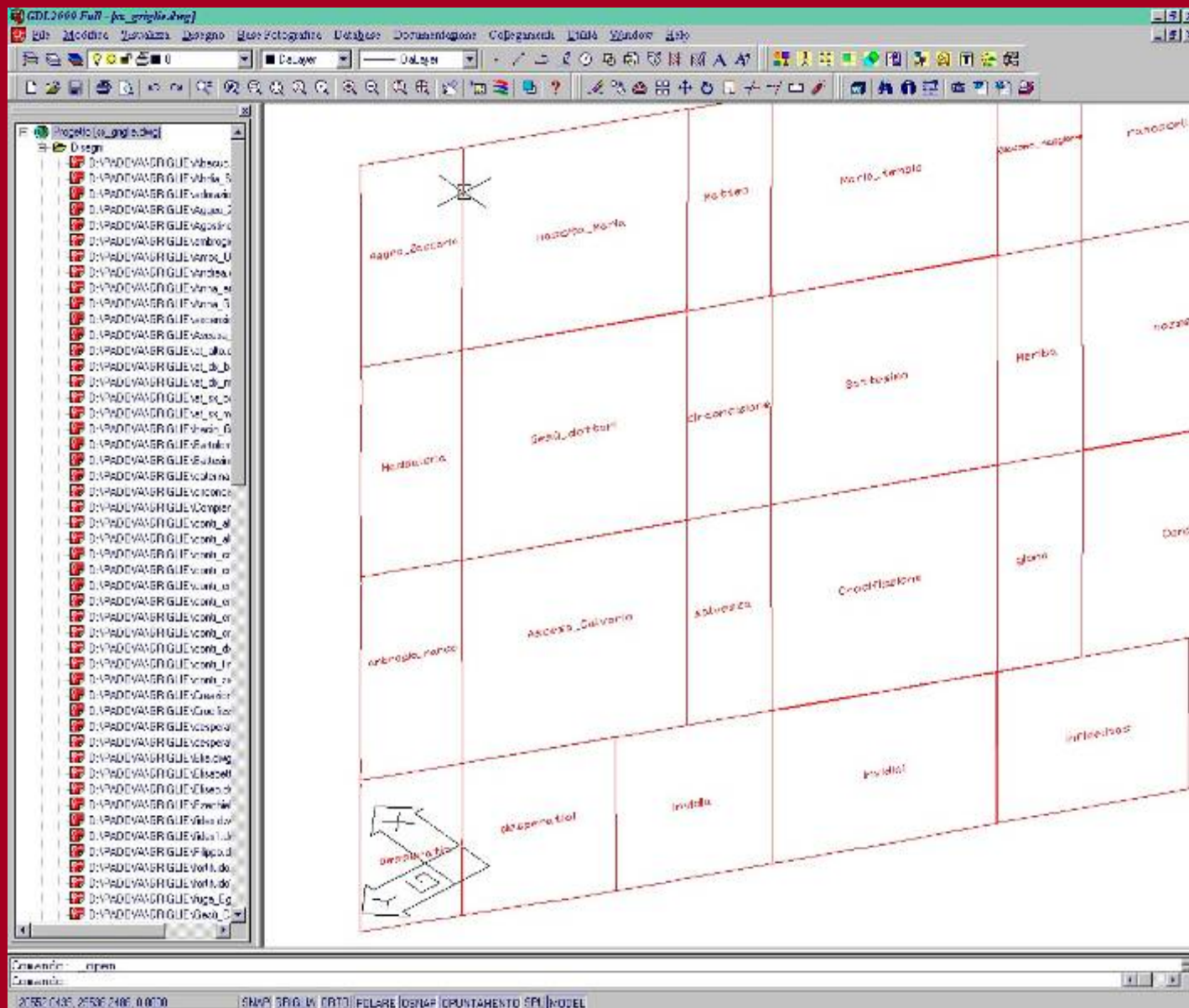
Padova – Cappella degli Scrovegni – Fotomosaico controllato delle pareti della navata



Sogno di
Gioacchino ed
incontro alla
porta aurea:
raddrizzamento
georeferenziato



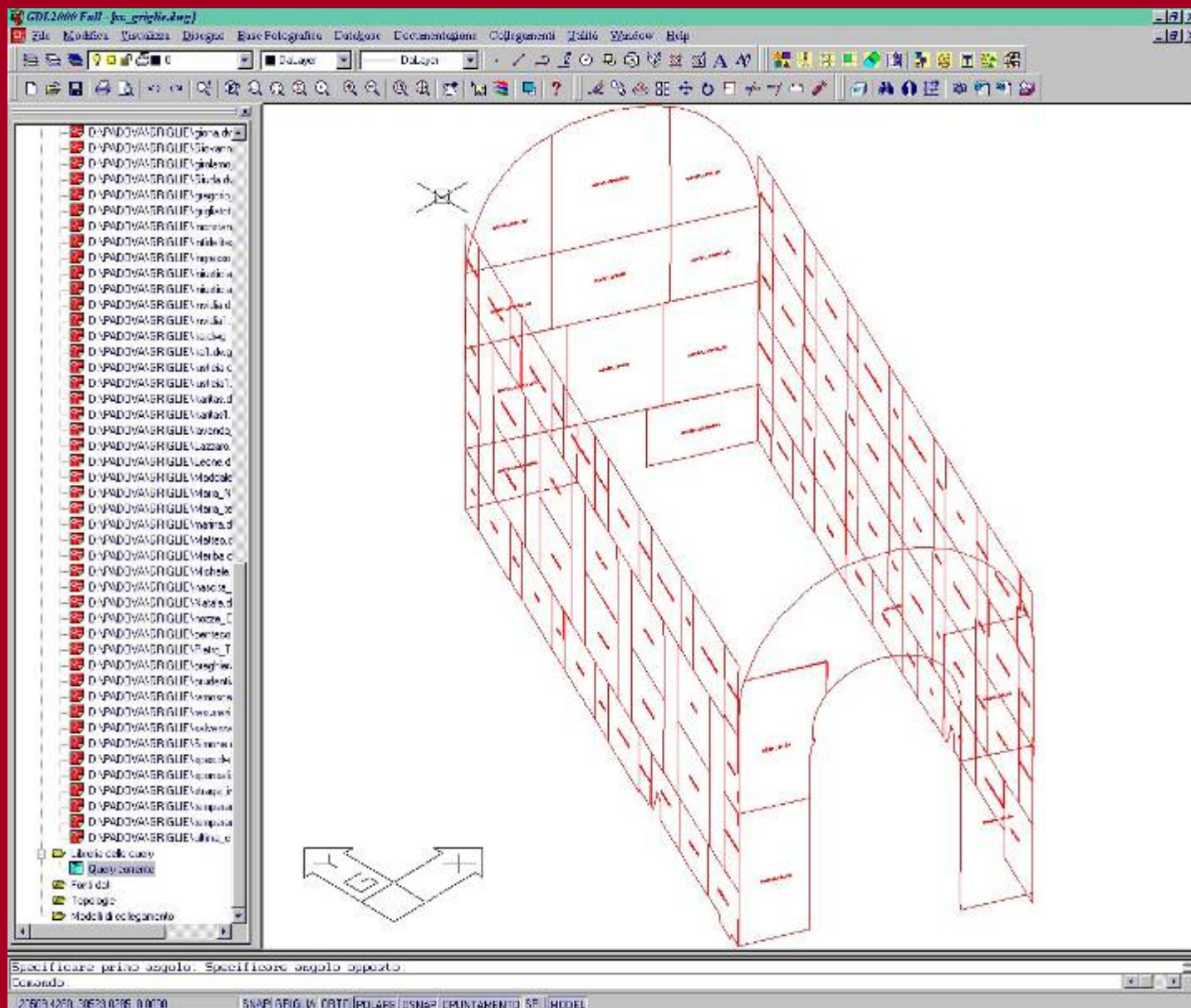
Padova – Cappella degli Scrovegni – Fotomosaico controllato delle pareti della navata



Costruzione di
una griglia per
l'inserimento
geo-referenziato
delle foto
raddrizzate



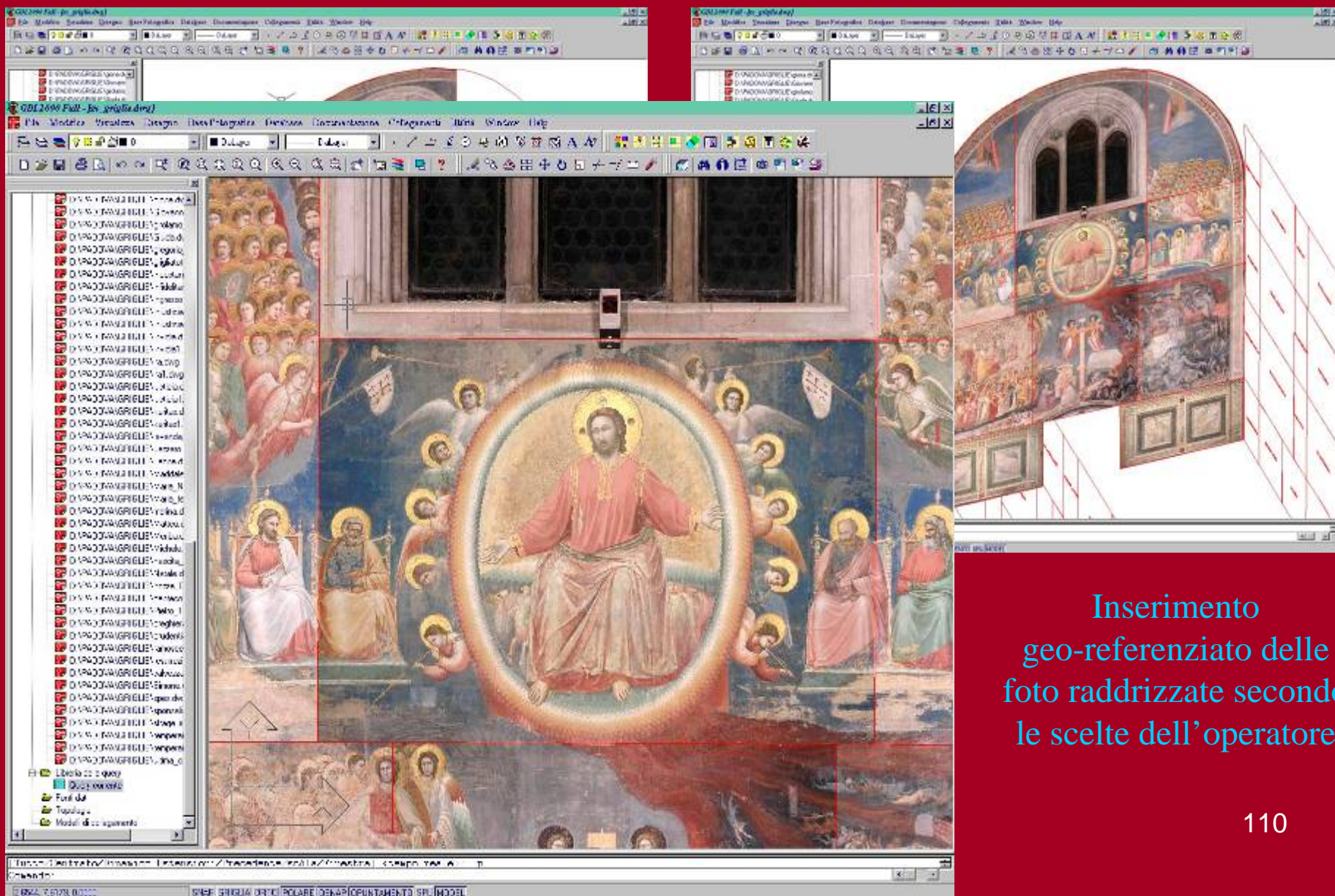
Padova – Cappella degli Scrovegni – Fotomosaico controllato delle pareti della navata



Costruzione di
una griglia per
l'inserimento
geo-referenziato
delle foto
raddrizzate:
l'intera navata

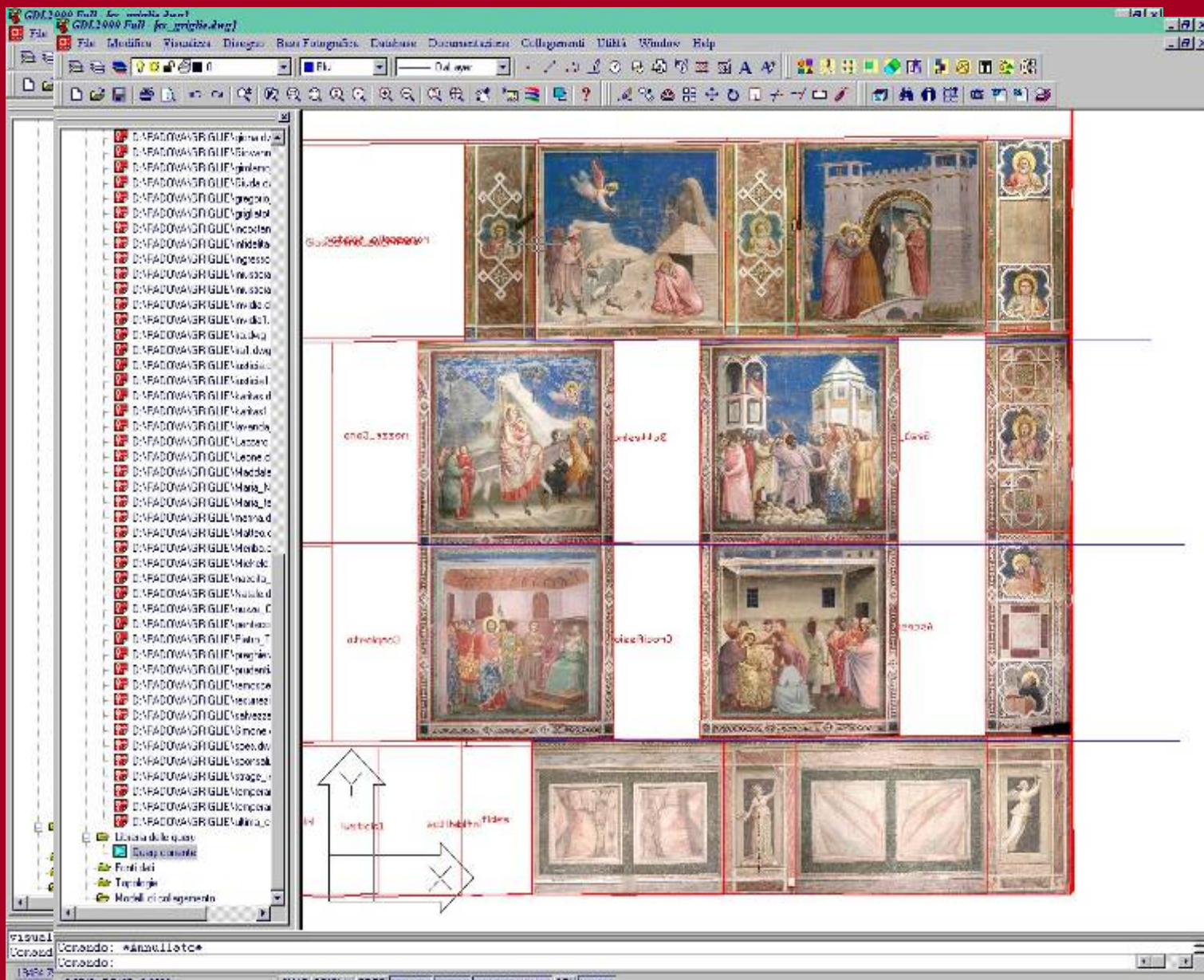


Padova – Cappella degli Scrovegni – Fotomosaico controllato delle pareti della navata



Inserimento
geo-referenziato delle
foto raddrizzate secondo
le scelte dell'operatore

Padova – Cappella degli Scrovegni – Fotomosaico controllato delle pareti della navata



Inserimento
geo-
referenziato
delle foto
raddrizzate
secondo le
scelte
del'operatore:
parete destra



CONCLUSIONI sul rilevamento fotogrammetrico



PRINCIPALI VANTAGGI:

- facile d'impiego
- costi ridotti
- ampia gamma di informazioni disponibili
- facile memorizzazione dei dati
- facile interfaccia verso altri programmi o verso sistemi di banche dati



PRINCIPALI INCONVENIENTI:

- applicazioni solo su superfici piane o con assenza di modellati complessi

B.A. 2.

RILEVAMENTO

- Diretto
- Topografico
- Fotogrammetrico
- Stereofotogrammetrico
- Scansione laser 3D
- Sistemi di rappresentazione





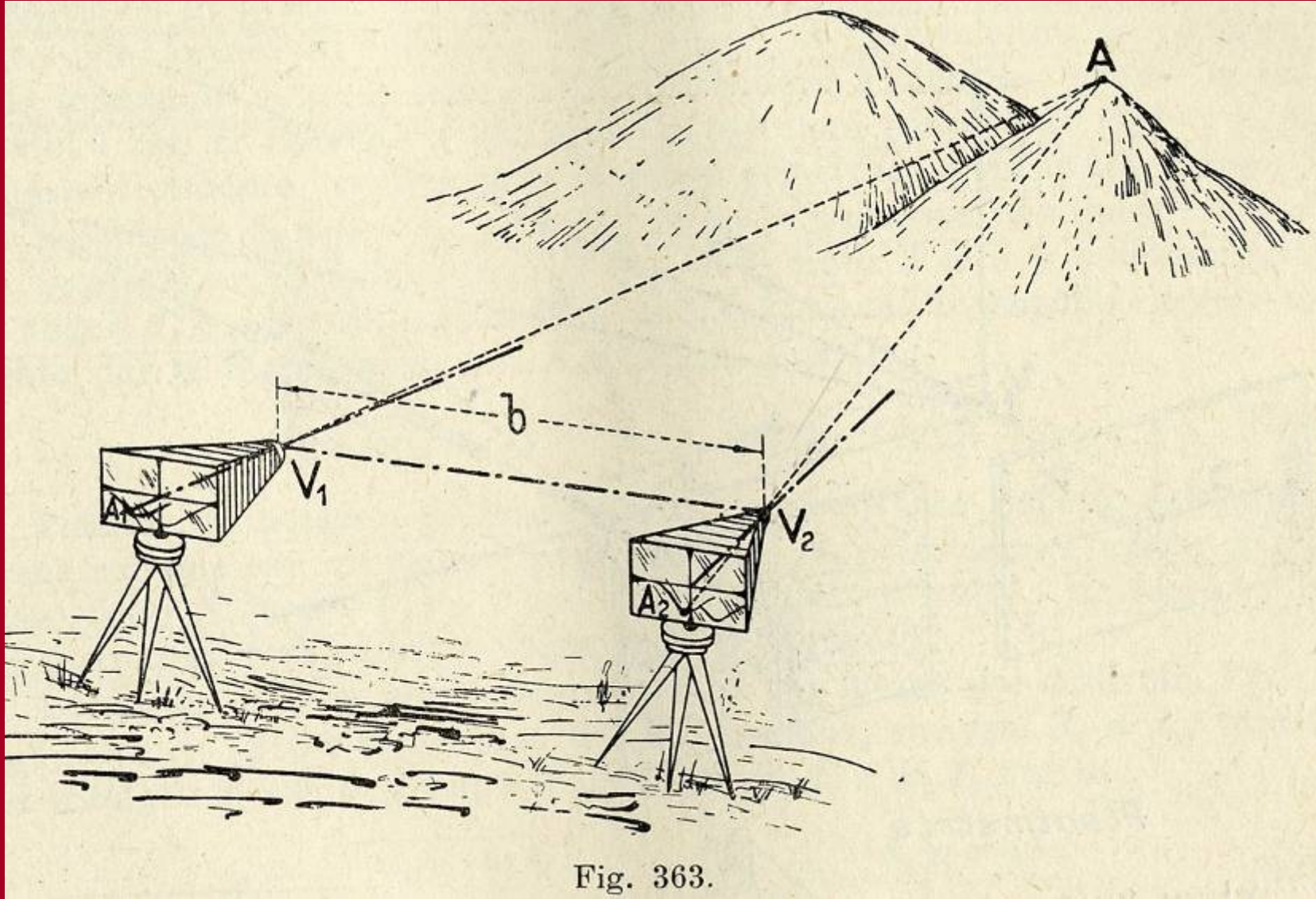
Rilevamento stereo-fotogrammetrico



Il rilevamento stereo-fotogrammetrico utilizza una o più coppie di fotografie del medesimo oggetto, scattate da diversi punti di vista, ricostruendo il meccanismo della visione umana.

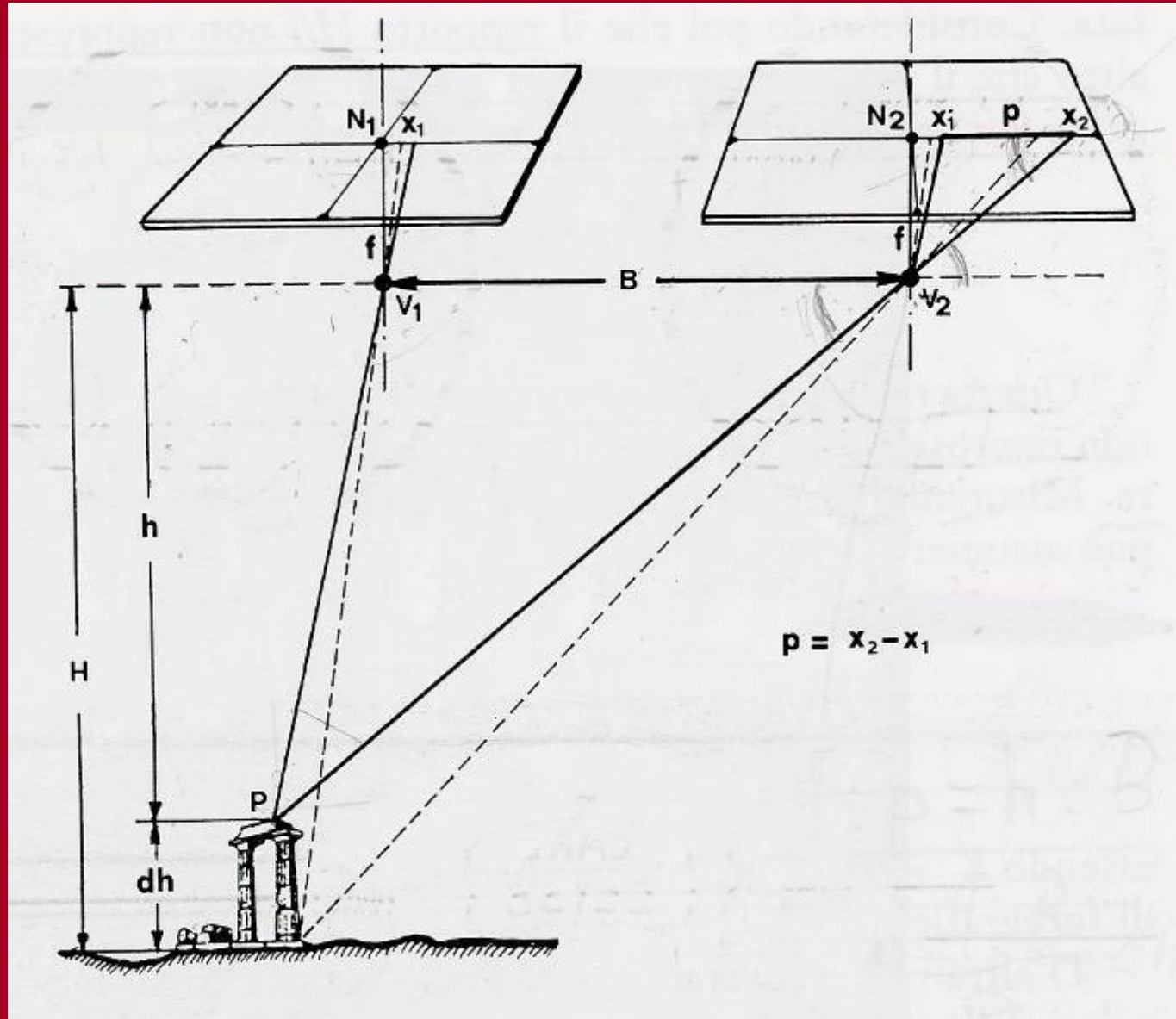
Ciò permette, attraverso una serie di passaggi congruenti detti: “orientamenti” (interno, relativo, ed assoluto) di riprodurre il modello tridimensionale dell’oggetto, collocandolo opportunamente nello spazio.

Tale modello viene poi “restituito”, ovvero ridisegnato, nelle tre dimensioni, ottenendo un rilievo effettivamente tridimensionale. Le suddette operazioni, gravose e complesse, sono oggi interamente automatizzate attraverso specifici software, rendendo anche tale metodologia gestibile attraverso un PC.





La stereoscopia: cenni di funzionamento



La quota h è ricavabile dalla similitudine dei due triangoli V_1V_2P e $x_1x_2V_2$.

Si può pertanto scrivere:

$$f : p = h : B$$

da cui è possibile ricavare h .

Infatti

$$h = f \times B/p$$

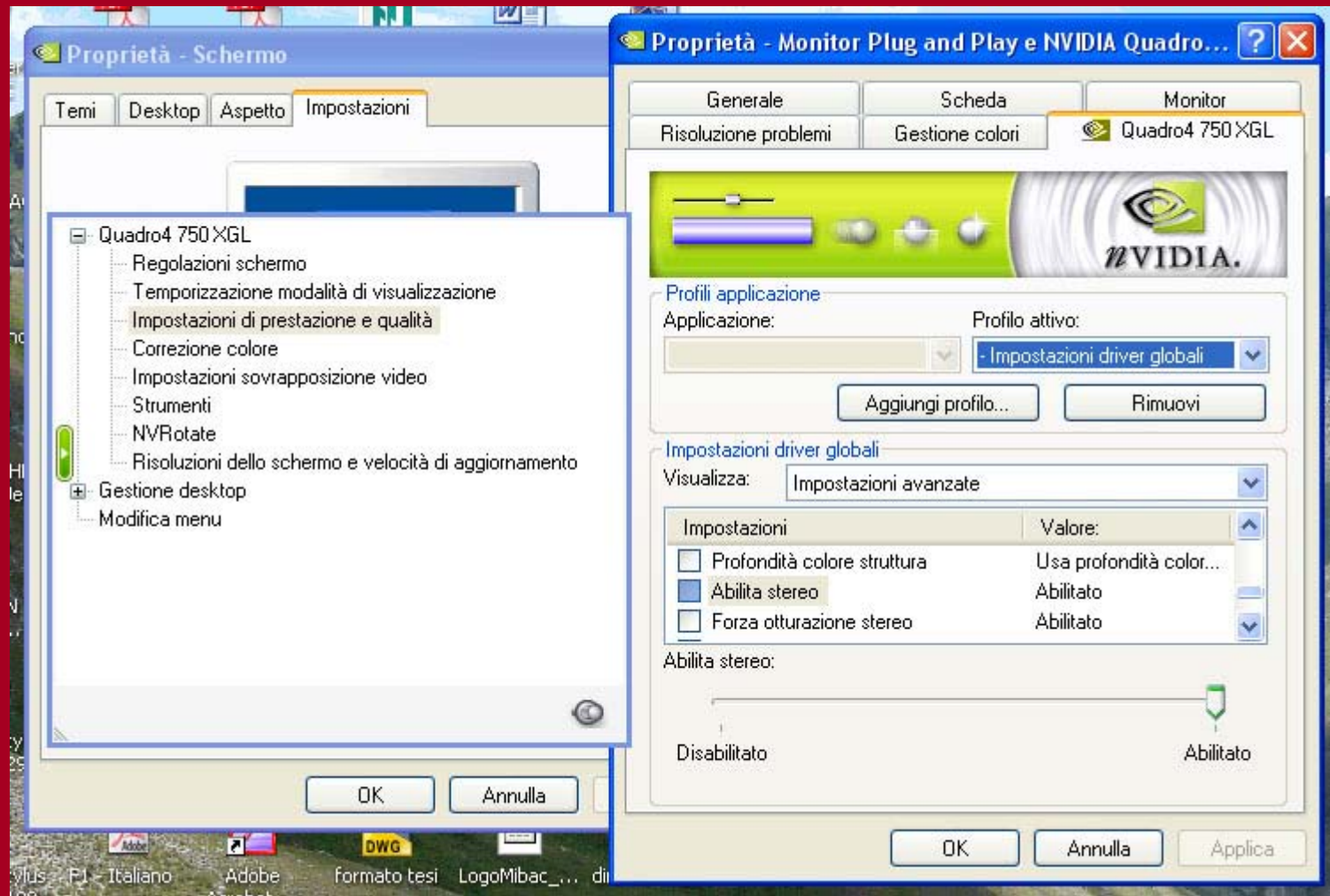
(da Fondelli, 1992)



La visualizzazione stereoscopica digitale: impostazioni della scheda grafica



L'impostazione
della scheda
grafica
per la
visualizzazione
in stereoscopia
sullo schermo
del computer





La visualizzazione stereoscopica digitale: la stazione fotogrammetrica digitale



Lo schermo presenta un polarizzatore attivo attivabile dalla consolle alla sinistra della tastiera, mentre sul tavolo a destra sono posizionati gli occhiali passivi; a sinistra sono visibili invece gli occhiali attivi.

La scheda grafica permette di presentare in maniera alternata e ad una frequenza di almeno 80-100 Hz i due fotogrammi che compongono lo stereogramma.

Con la presentazione del fotogramma sinistro lo schermo polarizzatore si attiva in modo da impedire la visione con l'occhio destro; analoga operazione viene effettuata per l'altro occhio. Ogni occhio riceve quindi l'immagine di sua competenza ed il cervello provvede alla ricostruzione tridimensionale del modello.





La presa dei fotogrammi: barra di posizionamento con camera montata





L'orientamento interno: definizione

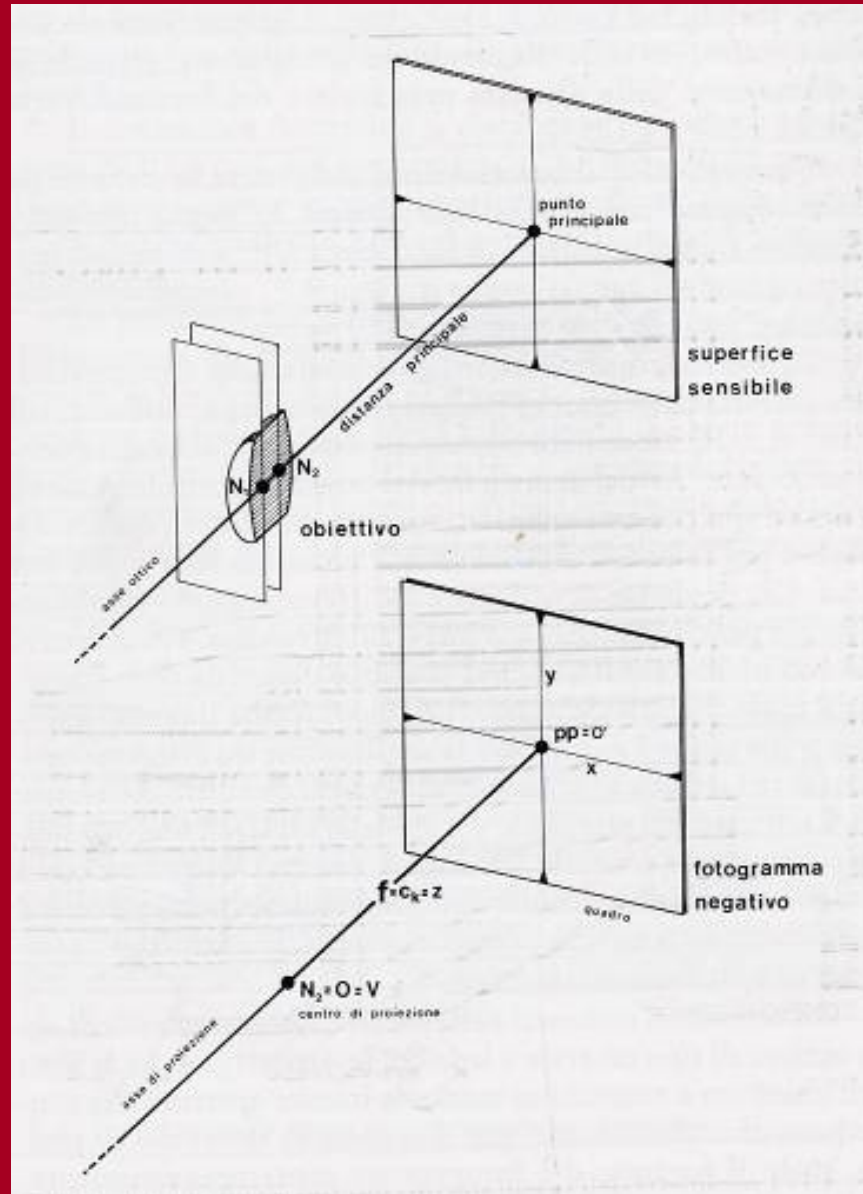


Gli elementi principali dell'orientamento interno sono:

Distanza principale e coordinate immagine del punto principale della fotografia.

Il punto principale è costituito dal piede della perpendicolare abbassata dal centro di proiezione O .

La distanza intercorrente tra il centro di proiezione O ed il punto principale è detta appunto *distanza principale*





La determinazione dell'orientamento interno per via digitale: il certificato di calibrazione



KODAK_DCS460A.mcc

Camera Identification

ID NAME: Calibration Date: c = PRINC. DISTANCE (mm):

Producer: Model: PPS (mm) X: Y:

Lens Type: Lens Number: PPA (mm) X: Y:

Digital Camera Pixel Size (mm): Image Size in Pixel Width: Height: Principal Point in Pixel X: Y:

Fiducial Marks (mm)

ID	X(mm)	Y(mm)
<input checked="" type="checkbox"/> LEFTTOP	-13.8321	9.1610
<input checked="" type="checkbox"/> RIGHTTOP	13.7720	9.1610
<input checked="" type="checkbox"/> RIGHTBOTTOM	13.7720	-9.2040
<input checked="" type="checkbox"/> LEFTBOTTOM	-13.8321	-9.2040

ID: X: Y:

Radial Symmetric Distortion

R(mm)	DR(um)
<input checked="" type="checkbox"/> 12.0000	-247.6000
<input checked="" type="checkbox"/> 13.0000	-329.2000
<input checked="" type="checkbox"/> 14.0000	-403.0000
<input checked="" type="checkbox"/> 15.0000	-475.0000

R(mm): DR(um):

Use Formula (ISP)

A1: A2: R0 (mm):

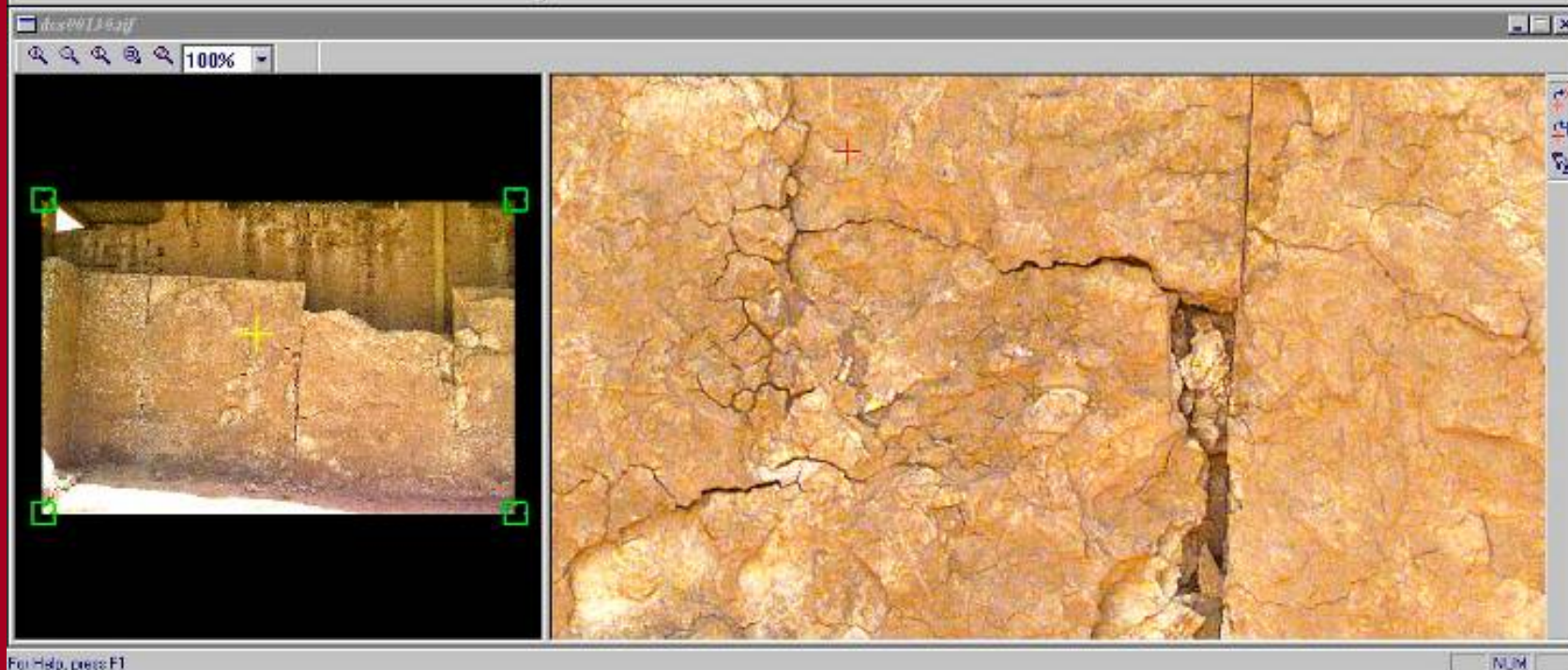
La determinazione dell'orientamento interno per via digitale: il risultato finale

33_34_35.wmf

D:\Vraq\MinireAmbiente_A12\33_34_35\33_34_35.wmf

- KODAK DCS460
 - DC500130.tif
 - DC500150.tif

ID	X0[mm]	Y0[mm]	Align X Res...	Align Y Res...	Homographic...	Homographic...	X[px]	Y[px]
LEFTTOP	-13,832	9,161	516,3	-341,10	516,3	-341,10	0,00	0,00
RIGHTT...	13,772	9,161	-512,6	-341,1	-512,6	-341,1	3060,00	0,00
RIGHTB...	13,772	-9,204	-513,4	343,1	-513,4	343,1	3060,00	2036,00
LEFTBO...	-13,832	-9,204	516,9	343,10	516,9	343,10	0,00	2036,00



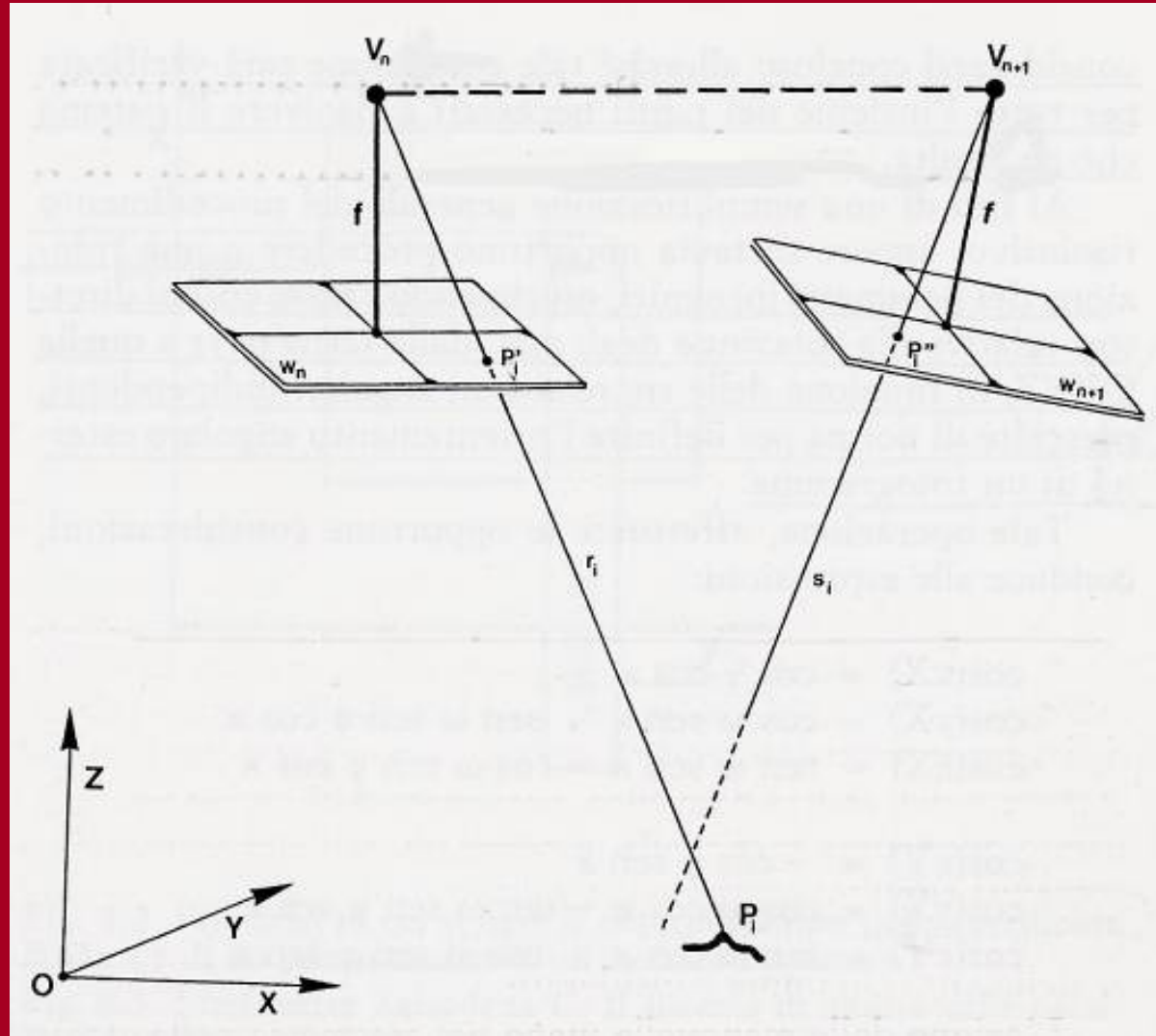


L'orientamento relativo: definizione



L'orientamento relativo consente la realizzazione di un modello stereoscopico virtuale attraverso l'intersezione di raggi omologhi di punti riconosciuti sui due fotogrammi. Si chiama relativo in quanto non si fa riferimento al sistema assoluto.

L'orientamento può dirsi concluso quando il segmento di retta che definisce la base di presa ($V_n - V_{n+1}$) definisce con i due raggi visuali omologhi f_i e s_i un piano, detto *piano nucleale*



(da Fondelli, 1992)

The screenshot displays a software interface for digital relative orientation. On the left, a file explorer shows the following structure:

- D:\Viac\Nirive\Ambiente_A\2\33_34_35\33_34_35.mwx
 - Images Collection
 - 33_34_35
 - dcs00150.tif
 - dcs00130.tif
 - RelAbs Data Collection
 - a) Relative Orientation Points:
 - dcs00130_001
 - dcs00130_002

ID	xc(mm)	yc(mm)
▲ 334	13.1567	-7.4914
▲ 336	3.9726	0.4236
▲ 337	1.0076	-3.3707
■ dcs00150_001	-8.6501	4.8518
■ dcs00150_002	-5.4504	-1.7932
▲ 339	-4.9984	1.9570
■ dcs00150_003	5.5546	-3.8690
■ dcs00130_001	7.0270	1.8672
▲ 329	3.9746	-3.4804
■ dcs00130_002	12.6396	-1.7427
■ dcs00130_003	13.1687	-7.4963
▲ 330	6.2882	2.4524
▲ 341	-6.1635	-2.0232
▲ 343	-5.2966	4.3794

Selezione del punto (in rosso) sul fotogramma di sinistra

ID	xc(mm)	yc(mm)
▲ 334	10.3074	-7.4225
▲ 336	1.2223	0.4528
▲ 337	-1.7255	-3.3368
■ dca00150_001	-11.3251	4.8786
■ dca00150_002	-8.1580	-1.7681
▲ 339	-7.7115	1.9821
■ dca00130_001	4.2657	1.8933
■ dca00150_003	8.2660	-3.8437
▲ 329	1.2252	-3.4422
■ dca00130_002	9.7770	-1.7000
■ dca00130_003	10.3102	-7.4273
▲ 330	3.5296	2.4769
▲ 341	-8.8686	-1.9988
▲ 343	-7.9637	4.4041

Selezione del punto omologo (in rosso) sul fotogramma di destra

L'orientamento relativo per via digitale: risultato e calcolo dei residui

33 34 35.mwr

Relative Orientation Results

Image	Nx (mm)	Ny (mm)	Nz (mm)	Om (rad)	Phi (rad)	Ka (rad)
Left Image	0,000	0,000	0,000	-0,000	0,018	0,009
Right Image	12,156	0,000	0,000	-0,000	0,013	0,009
Base:	12,156					

Relative Orientation - Residuals in m...

ID	Res. (micro-m)
dcs00150_001	-0,0
dcs00150_002	0,1
dcs00150_003	-0,0
dcs00130_001	0,0
dcs00130_002	-0,0
dcs00130_003	0,0

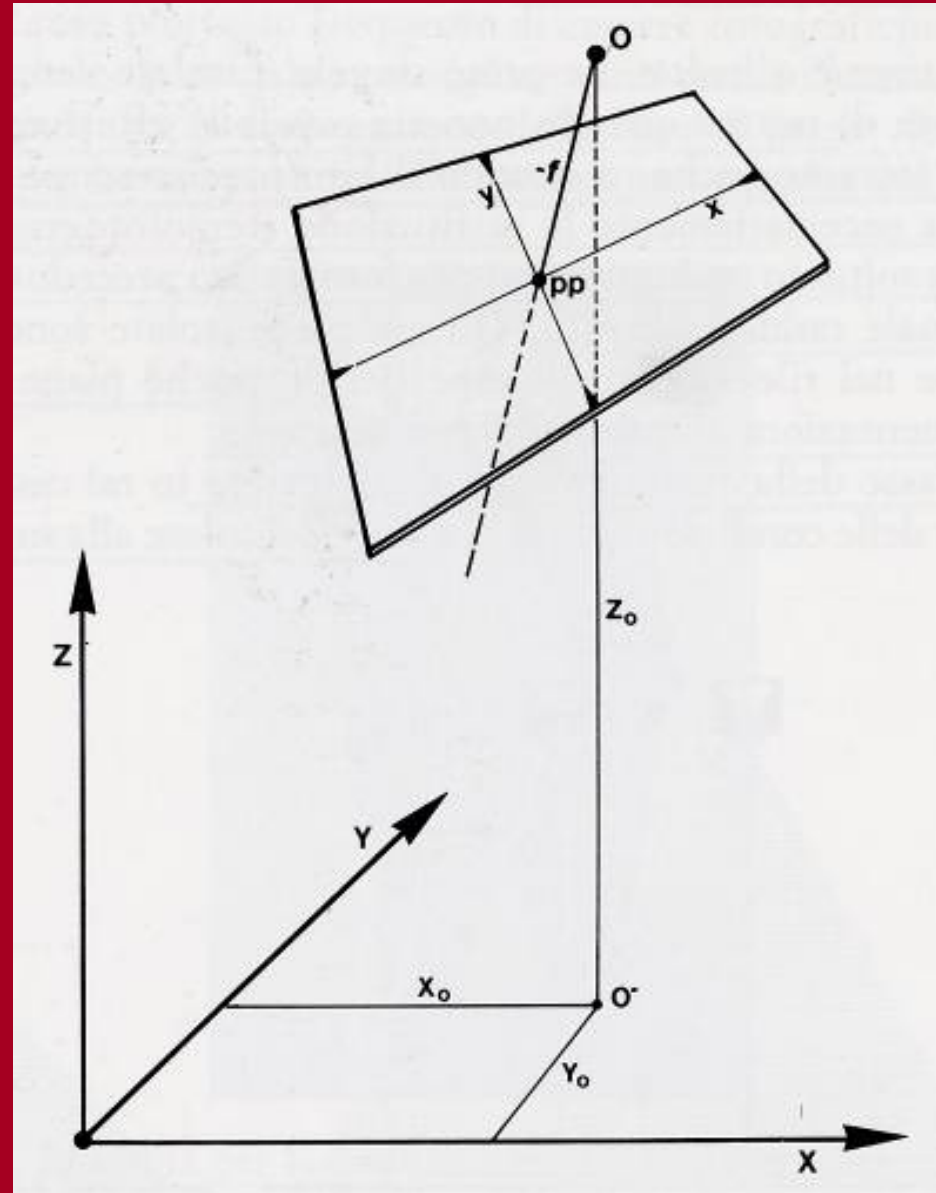
ID	xc[mm]	yc[mm]
▲ 334	10.3074	-7.4225
▲ 336	1.2223	0.4528
▲ 337	-1.7255	-3.3368
■ dcs00150_001	-11.3251	4.8786
■ dcs00150_002	-8.1580	-1.7681
▲ 339	-7.7115	1.9821
■ dcs00130_001	4.2657	1.8933
■ dcs00150_003	-8.2660	-3.8437
▲ 329	1.2252	-3.4422
■ dcs00130_002	9.7770	-1.7000
■ dcs00130_003	10.3102	-7.4273
▲ 330	3.5296	2.4769
▲ 341	-8.8686	-1.9988
▲ 343	-7.9637	4.4041

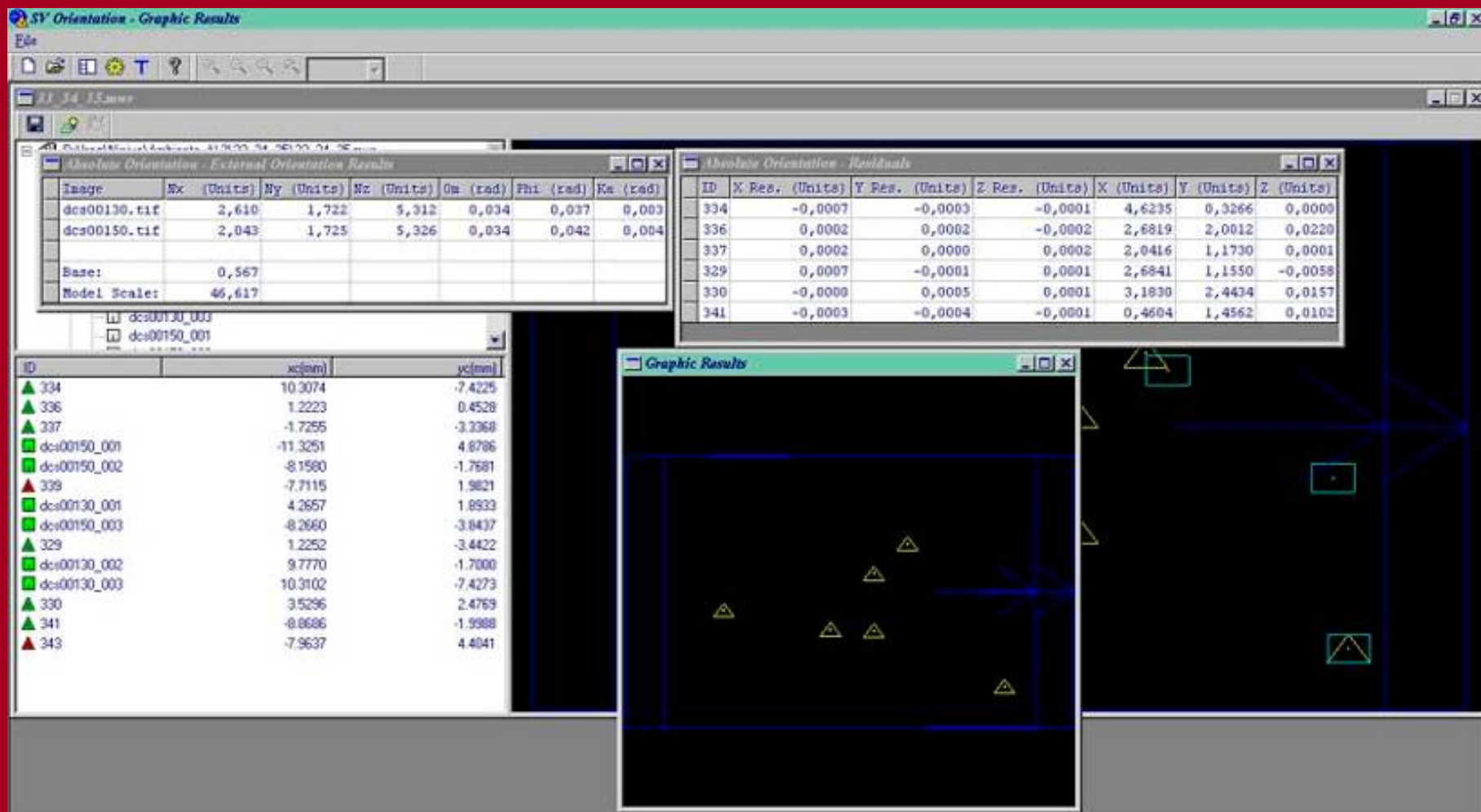


L'orientamento assoluto: premessa per la restituzione (ridisegno) del modello



Per poter realizzare l'orientamento assoluto è necessario disporre delle coordinate X, Y e Z di alcuni punti prelevati **per via topografica** sull'oggetto e ben distinguibili sui fotogrammi; tali punti prendono il nome di **punti di controllo**. Combinando tali coordinate con quelle corrispondenti nel sistema immagine si ottiene il **corretto posizionamento nello spazio del modello stereoscopico e la sua conseguente messa in scala**





i risultati: in alto a sinistra le coordinate dei punti di presa (N_x, N_y, N_z) e gli angoli di rotazione dei fotogrammi (O_m, Φ, K_a), in alto a destra i residui



un esempio:





Iraq – Ninive (Mosul)

Ortostati del Palazzo di Sennacherib (704-681 a.C.)



Coordinamento operativo: Mibac - Direzione Generale per i beni archeologici – Direttore generale: Dott. Giuseppe Proietti

Anno di esecuzione: 2002



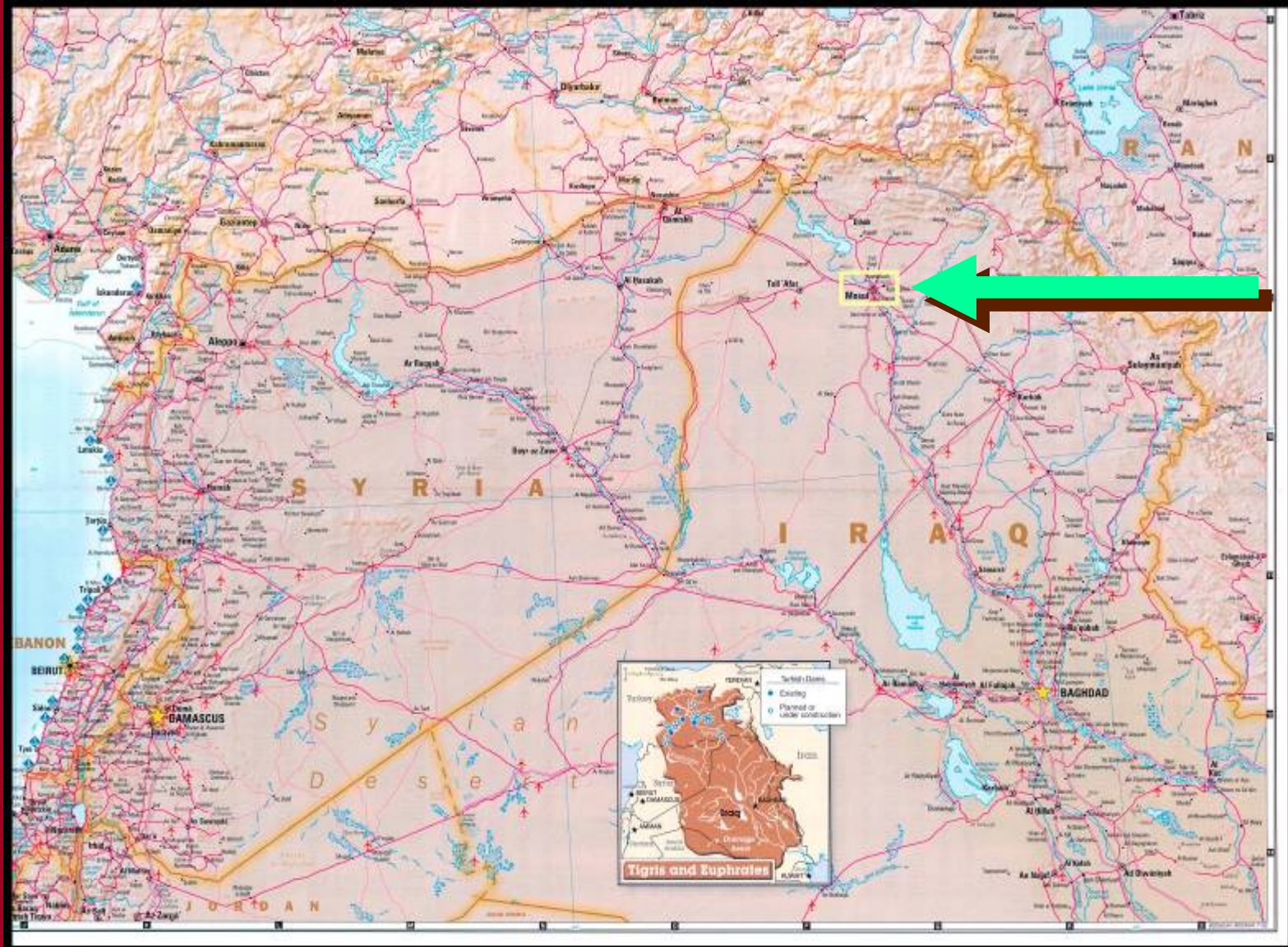
Metodologia adottata: stereofotogrammetria
(software: Stereroview – Menci Software - Arezzo)

Collaboratori: Angelo Rubino

Finalità del rilievo: documentazione scientifica di un patrimonio a forte rischio; base metrica per la documentazione sullo stato di conservazione e per il progetto di restauro.

Iraq – Ninive (Mosul)

Ortostati del Palazzo di Sennacherib (704-681 a.C.)



Iraq – Ninive (Mosul)

Ortostati del Palazzo di Sennacherib (704-681 a.C.)

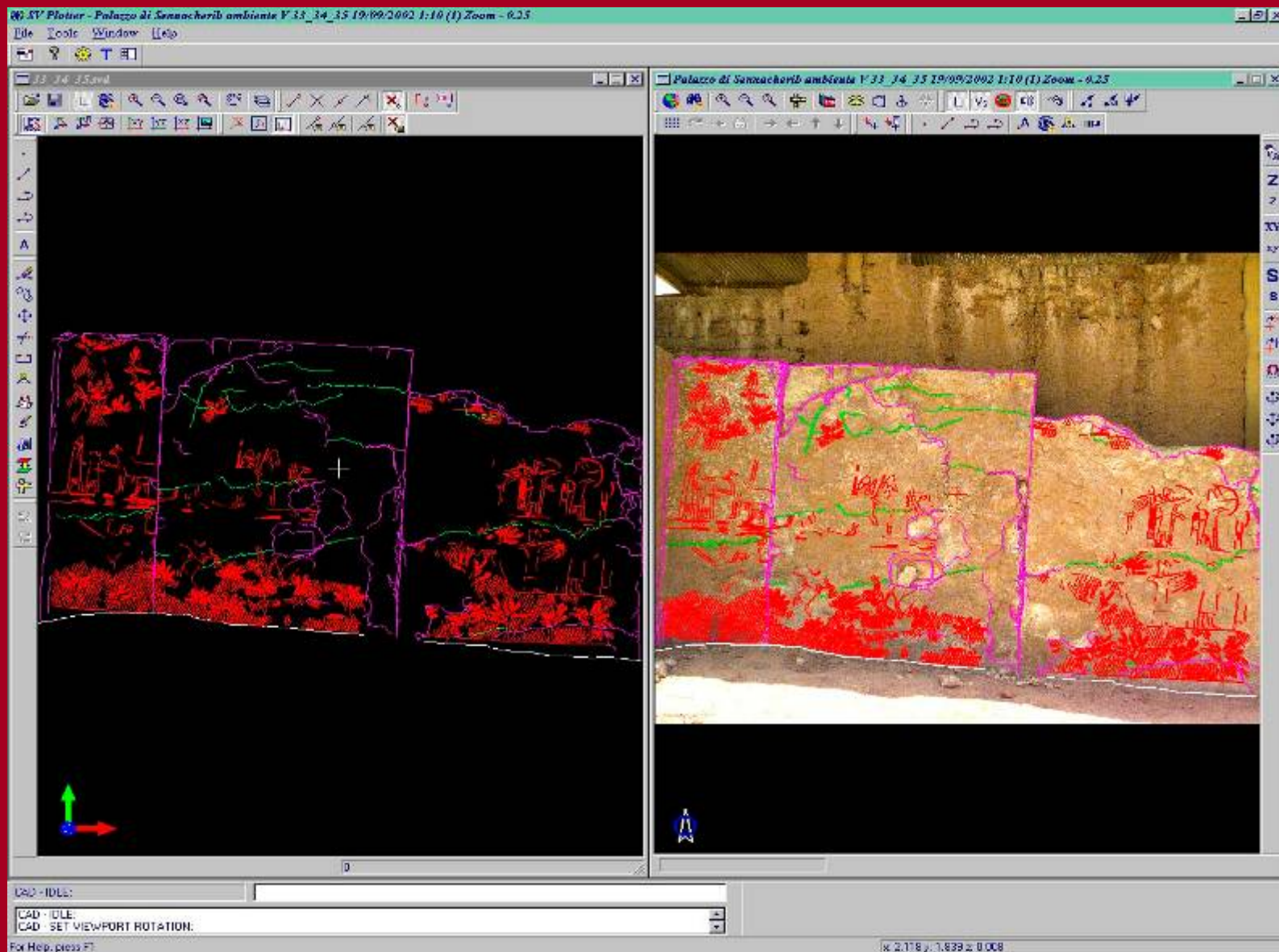


Immagini del sito
(foto: Angelo Rubino)



Iraq – Ninive (Mosul)

Ortostati del Palazzo di Sennacherib (704-681 a.C.)

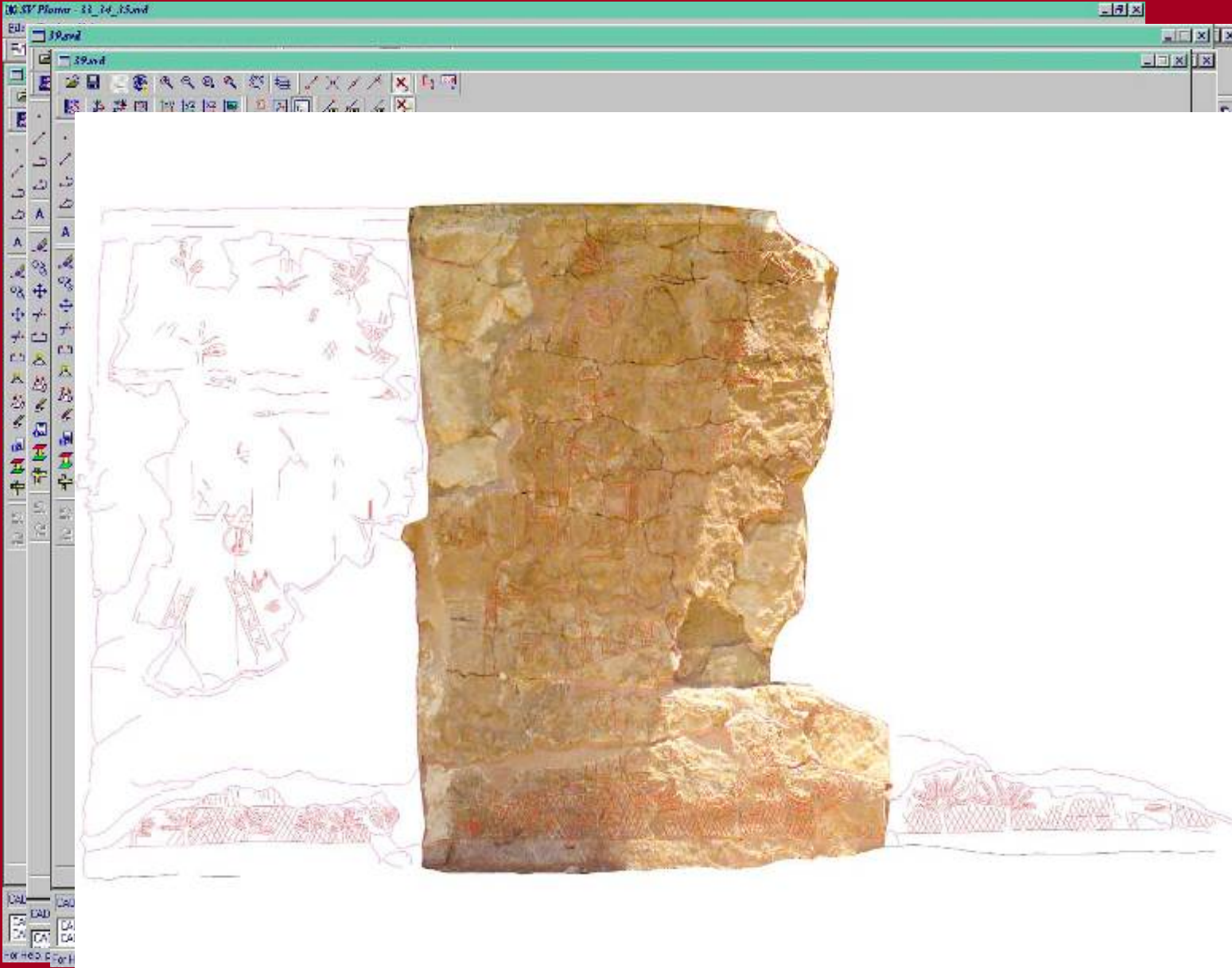


Schermata
video del
software di
restituzione



Iraq – Ninive (Mosul)

Ortostati del Palazzo di Sennacherib (704-681 a.C.)

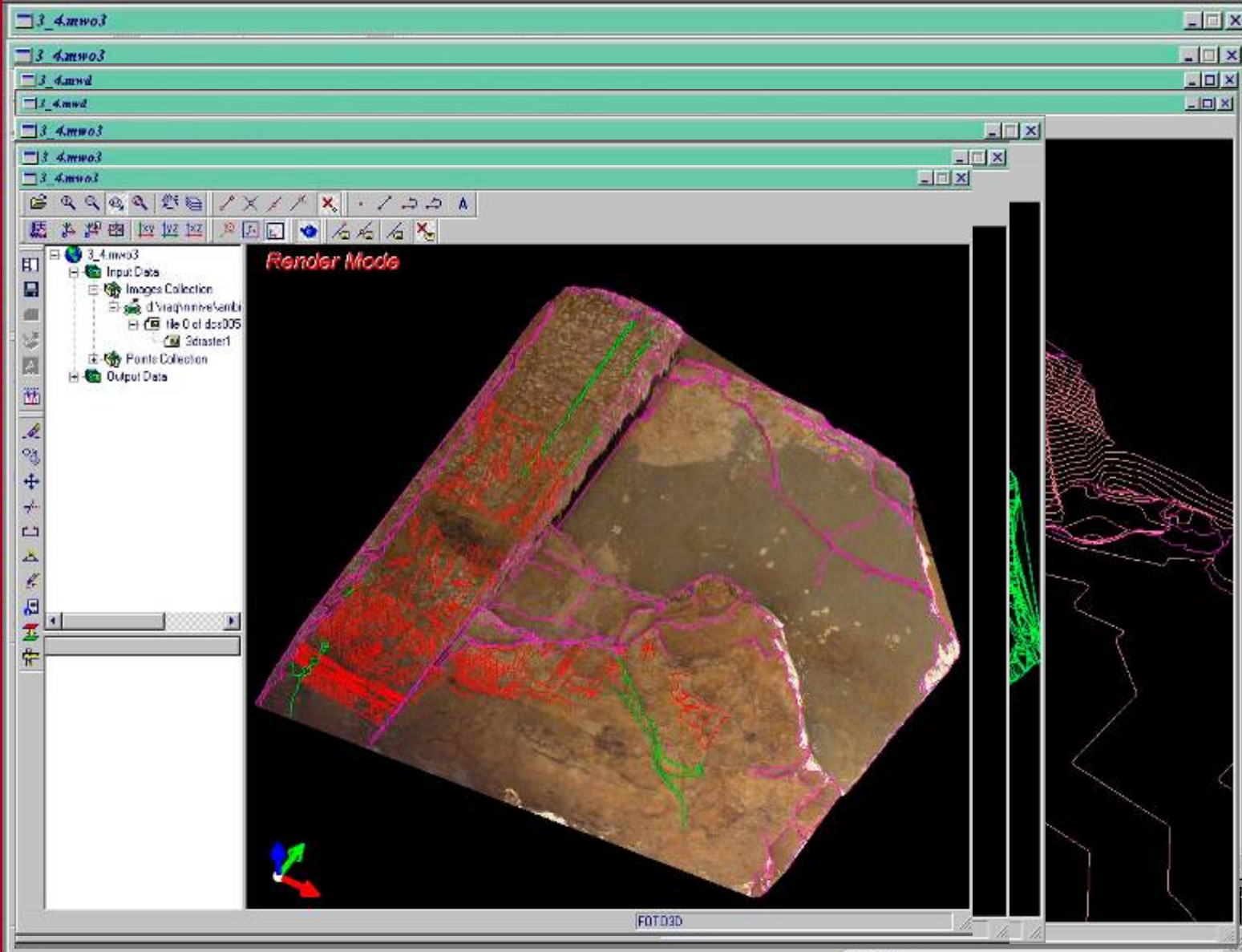


Schermata video del software di restituzione e possibili elaborazioni successive del dato restituito



Iraq – Ninive (Mosul)

Ortostati del Palazzo di Sennacherib (704-681 a.C.)

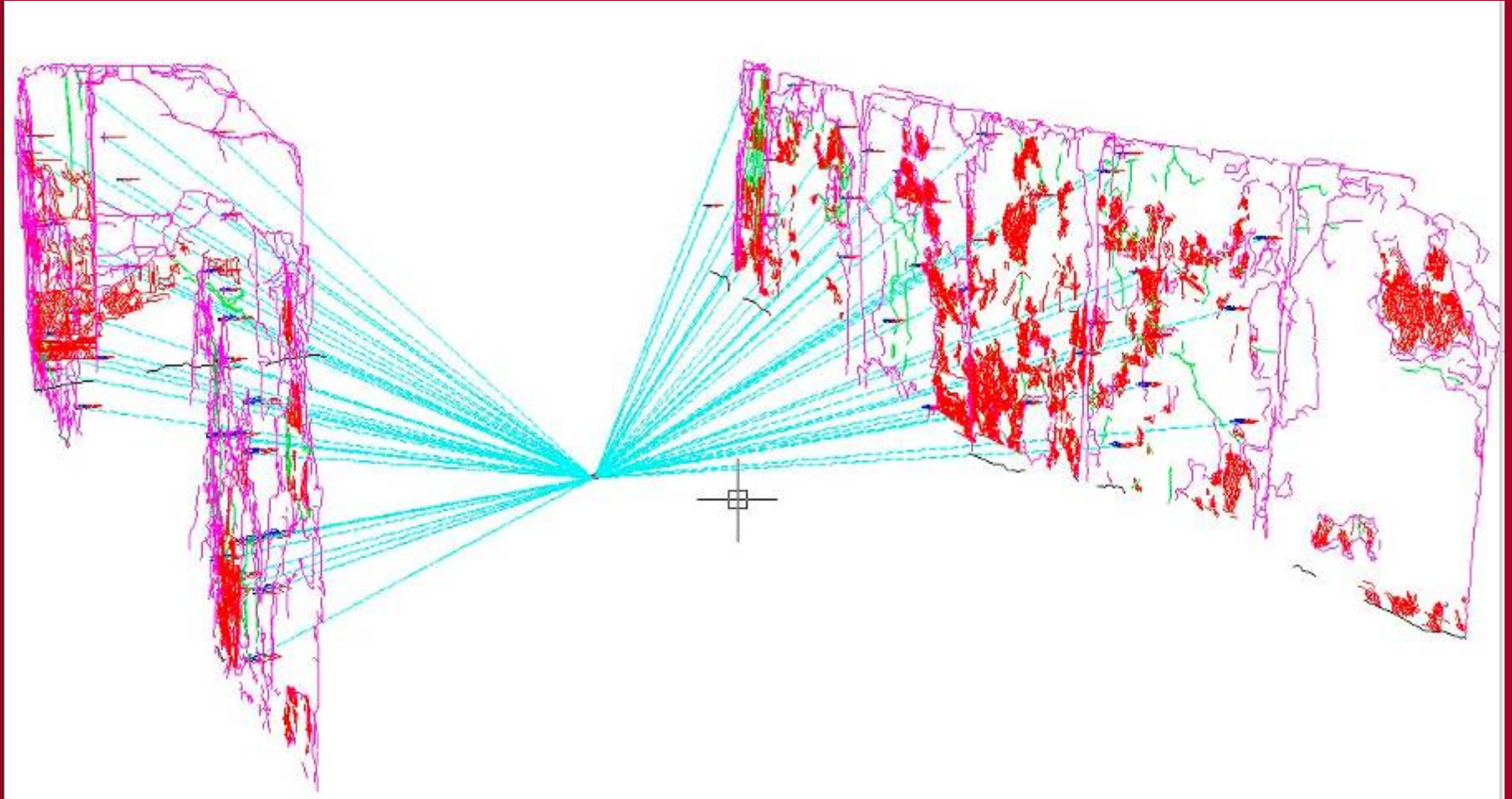


Sala V
Ortostati 3 e 4.
Elaborazione
dei dati di
restituzione



Iraq – Ninive (Mosul)

Ortostati del Palazzo di Sennacherib (704-681 a.C.)



Sala V - Vista prospettica dei vari ortostati



CONCLUSIONI

sul rilevamento stereo-fotogrammetrico



PRINCIPALI VANTAGGI:

- possibilità di raggiungere grandi precisioni non conseguibili con un rilevamento manuale diretto
- ridotti tempi sul campo
- possibilità di acquisire anche modellati complessi
- possibilità di effettuare la restituzione anche in seguito, se necessario
- facile memorizzazione e archiviazione dei dati (fotogrammi e restituzioni)

PRINCIPALI INCONVENIENTI:

- alti costi delle attrezzature e dei programmi
- formazione adeguata ed alta specializzazione degli operatori
- tempi elevati di restituzione

B.A. 2.

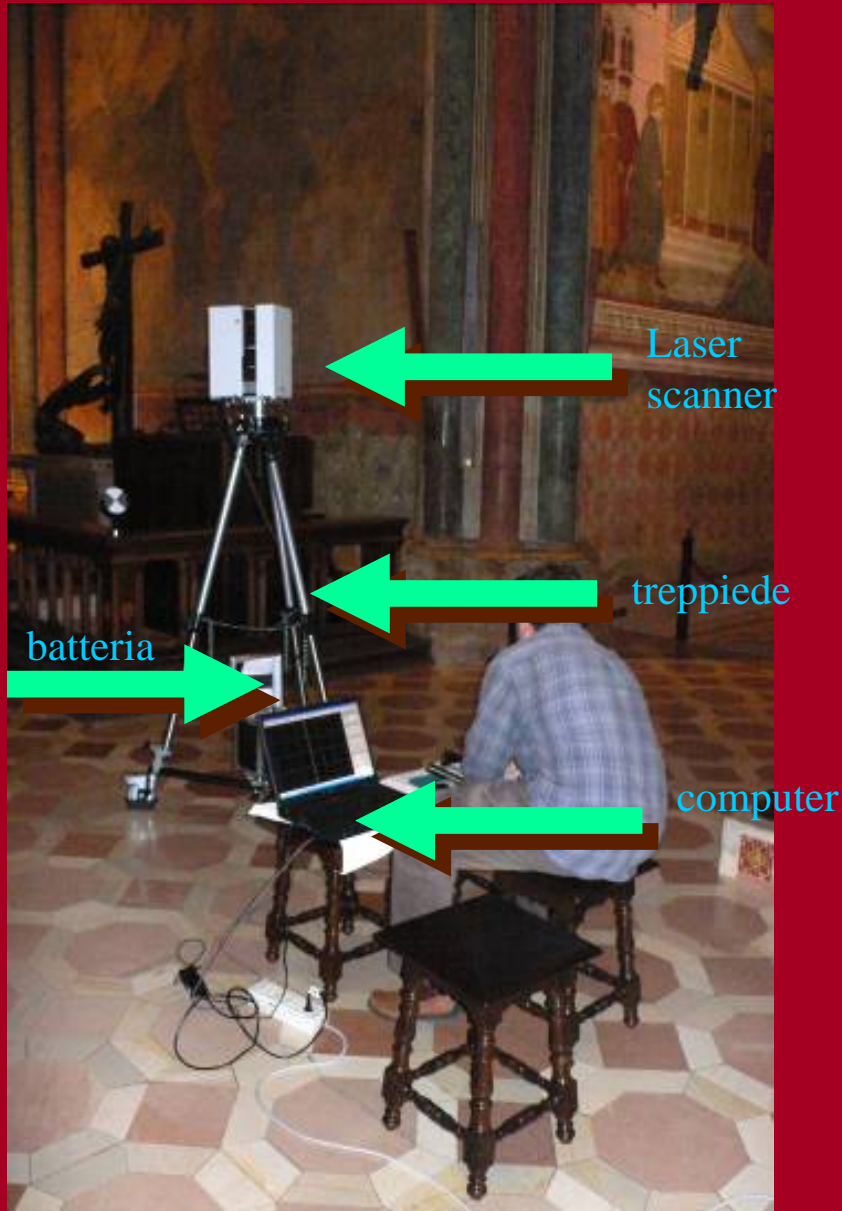
RILEVAMENTO

- Diretto
 - Topografico
 - Fotogrammetrico
 - Stereofotogrammetrico
 - Scansione laser 3D
- Sistemi di rappresentazione





Il laser scanner 3D per l'architettura: lo strumento



target utilizzato per la fusione (registrazione)
delle diverse scansioni

Il laser scanner 3D per l'architettura: caratteristiche principali

Leica H
Product

GENERAL

INSTRUMENT TYPE
USER INTERFACE
SCANNER DRIVE

SYSTEM PERFORMANCE

SINGLE POINT IN POSITION
20% reflectivity (d) 100% reflectivity (e)
DISTANCE
20% reflectivity (d) 100% reflectivity (e)
ANGLE
Horizontal
Vertical
MODELED SURFACE
20% reflectivity (d) 100% reflectivity (e)
TARGET ACQUISITION
* PPM value equals d
** Data acquired in d
*** at 125 KHz data rate
Algorithmic fit to HDS

SYSTEM PERFORMANCE

SINGLE POINT IN POSITION
20% reflectivity (d) 100% reflectivity (e)
DISTANCE
20% reflectivity (d) 100% reflectivity (e)
ANGLE
Horizontal
Vertical
MODELED SURFACE
20% reflectivity (d) 100% reflectivity (e)
TARGET ACQUISITION
* PPM value equals d
** Data acquired in d
*** at 125 KHz data rate
Algorithmic fit to HDS

LASER SCANNING

TYPE
COLOR
LASER CLASS
RANGE (optimal effective)
MINIMAL RANGE
MAXIMUM RANGE (25M MODEL)
MAXIMUM RANGE (53M MODEL)
SCAN RATE
SCAN DENSITY (R)
Spot size

LASER SCANNING

- TYPE**
- COLOR**
- LASER CLASS**
- RANGE** (optimal effective)
- MINIMAL RANGE**
- MAXIMUM RANGE (25M MODEL)**
- MAXIMUM RANGE (53M MODEL)**
- SCAN RATE**
- SCAN DENSITY (R)**
- Spot size

SYSTEM PERFORMANCE (53M AMBIGUITY RANGE MODEL)

- Selectability/Point Spacing Selection of preset resolution settings †
- Scan row (horizontal) 20,000 points/row, maximum †
- Scan column (vertical) 20,000 points/column, maximum †
- FIELD-OF-VIEW (PER SCAN)**
- Horizontal 360° (maximum) †
- Vertical 310° (maximum) †
- COMMUNICATIONS** IEEE 1394 "FireWire" / "I-link"
- STATUS INDICATORS** 3 LEDs indicate laser status, system power and system status

* Maximum scan rate dependent on scan resolution

MODELED SURFACE PRECISION**	AT 10M	AT 25M
20% reflectivity (dark grey)	≤ 1.6mm	≤ 4.4mm
100% reflectivity (white)	≤ 1.0mm	≤ 1.8mm
TARGET ACQUISITION ACCURACYϕ	≤ 2mm	≤ 3.5mm

* PPM value equals the range noise standard deviation
 ** Data acquired in default mode, subject to modeling methodology
 *** at 125 KHz data rate
 ϕ Algorithmic fit to black and white HDS targets



Il laser scanner 3D per l'architettura: la schermata del computer



The screenshot displays the HDS4500 Scan Control software interface. The main window shows a 3D scan field with a grid and a central vertical line. The status bar at the bottom indicates "Scanne Status: Not connected".

Two configuration windows are overlaid on the right side of the main window:

- Field-of-View**: This window shows a dropdown menu for "Presets" with the following options: Rectangular - 40x40, Rectangular - 60x60, Rectangular - 80x80, Rectangular - 90x90, Panoramic - 360x40, Panoramic - 360x60, Panoramic - 360x80, and Panoramic - 360x90. The "Resolution" section is also visible, with options: Target All and Custom. The "Range" is set to 10.000 m.
- Resolution**: This window shows the "Range" set to 10.000 m. The "Resolution" dropdown is set to "Highest". The "Sample Spacing" dropdown is set to "High". The "Number of Points" is set to 2222 for both Horizontal and Vertical directions.



Alcuni esempi:





Roma – Domus Aurea – Ambienti 112, 113, 114, 115, 131



Commissario delegato: Direttore regionale Dott. Ing. Luciano Marchetti
Soprintendente per i beni archeologici: Dott. Angelo Bottini
Direttori dei Lavori cantiere ISCR: Arch. Donatella Cavezzali

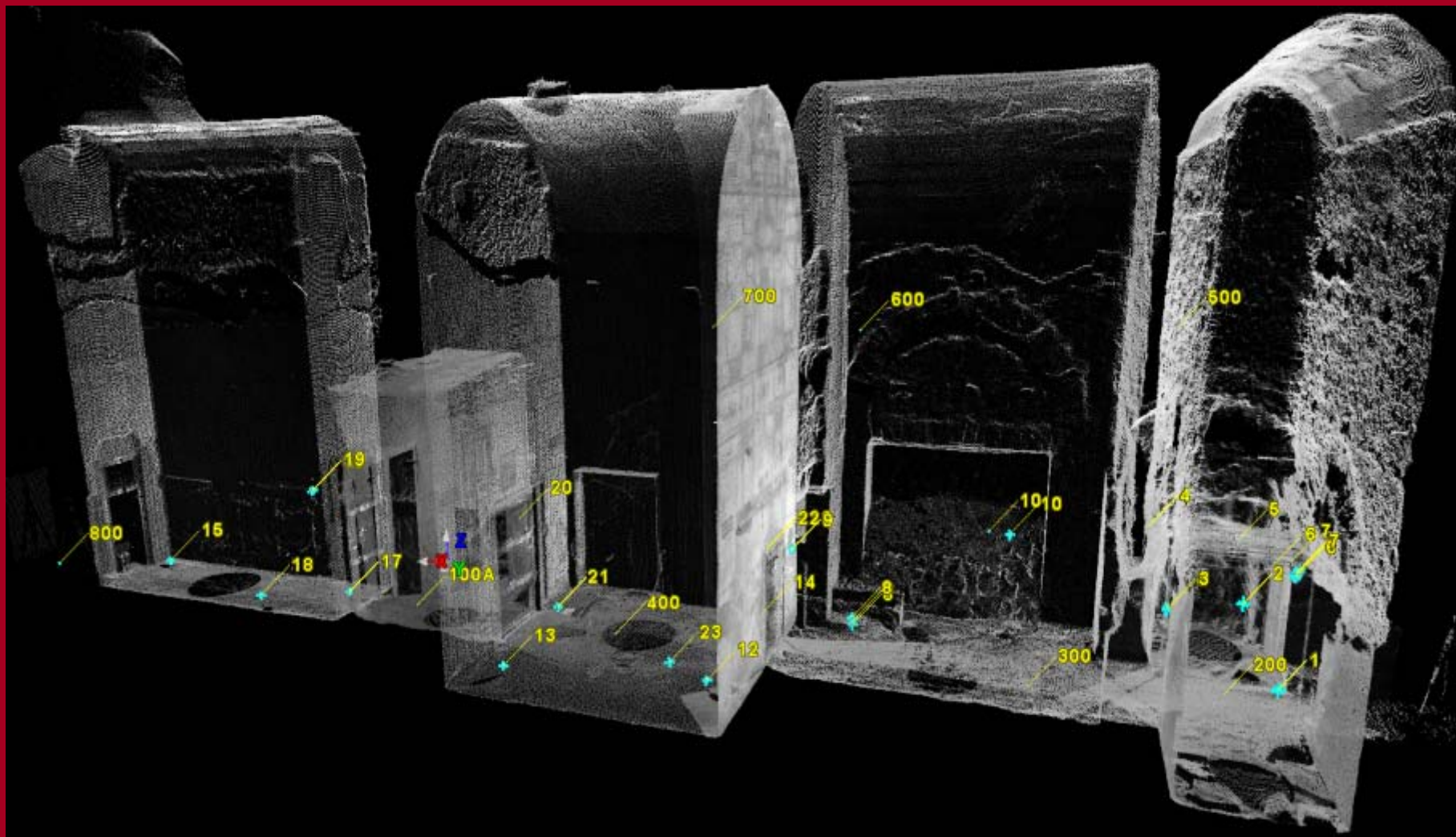
Anno di esecuzione: 2006



Collaboratori: Mara Bucci, Angelo Rubino,

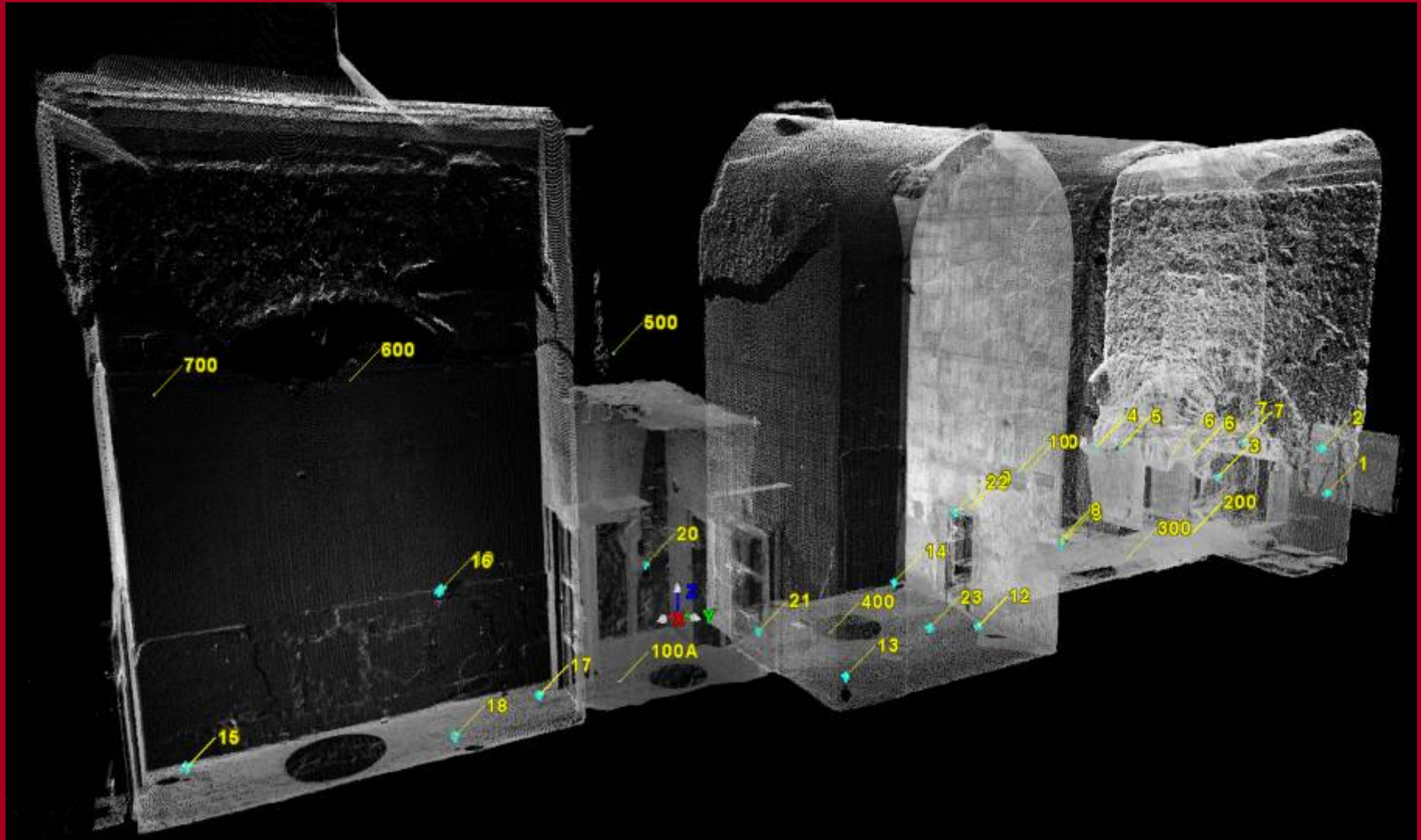
Metodologia adottata: scansione laser 3D
(Scanner Leica HDS 4500 / software Leica HDS Cyclone)

Finalità del rilievo: completamento rilievo della Direzione regionale Lazio;
documentazione per cantiere di restauro dei dipinti murali svolto dall'ISCR



vista prospettica degli ambienti

Roma – Domus Aurea – Ambienti 112, 113, 114, 115, 131



vista prospettica degli ambienti



Paestum – Tempio di Cerere



Direttori dei Lavori: Arch. Gisella Capponi, Dott.ssa Giovanna De Palma
(Consulenza strutturale: Prof. Ing. Salvatore D'Agostino)

Anno di esecuzione: 2007

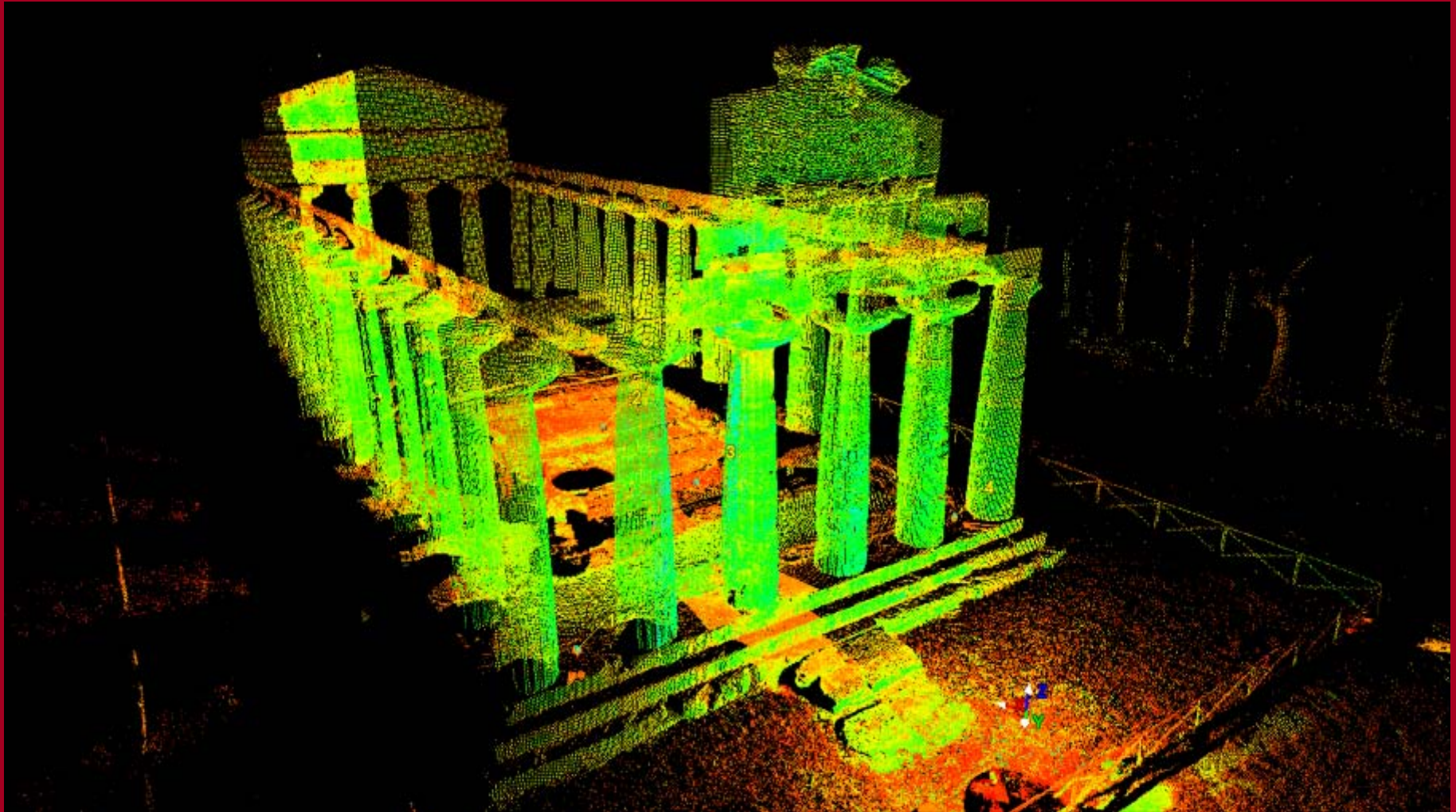


Metodologia adottata: scansione laser 3D
(Scanner Leica HDS 4500 / software Leica HDS Cyclone)

Finalità del rilievo: realizzazione di una banca dati di rilievo per la manutenzione del fronte principale del Tempio ed in particolare della sua terza colonna da sinistra ricomposta dopo essere stata colpita da un fulmine

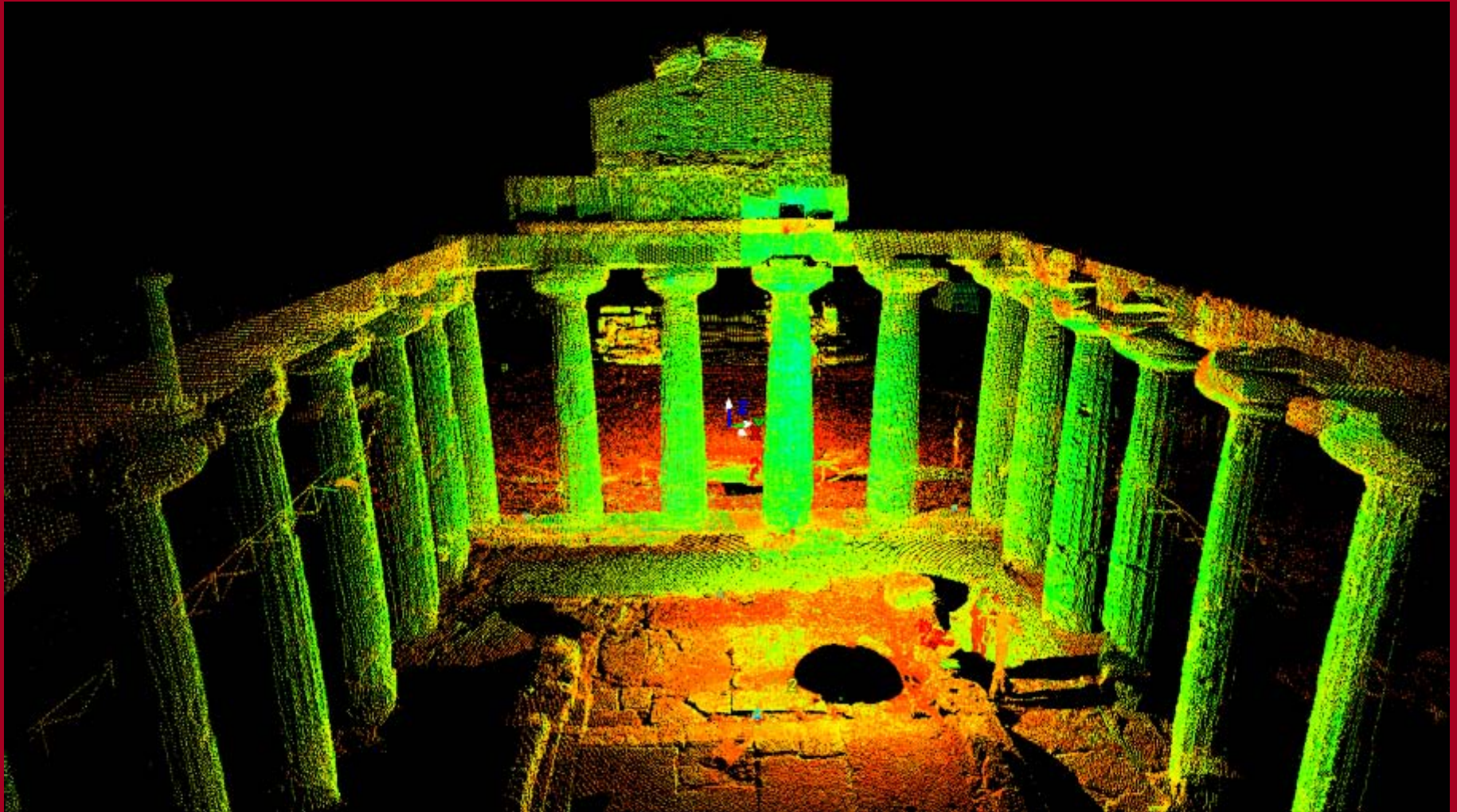


Paestum – Tempio di Cerere





Paestum – Tempio di Cerere





Roma – Fontana dei Quattro Fiumi in piazza Navona



Direttori dei Lavori e R.U.P.: Arch. Anna Maria Pandolfi

Anno di esecuzione: 2008

Collaboratori: Angelo Rubino



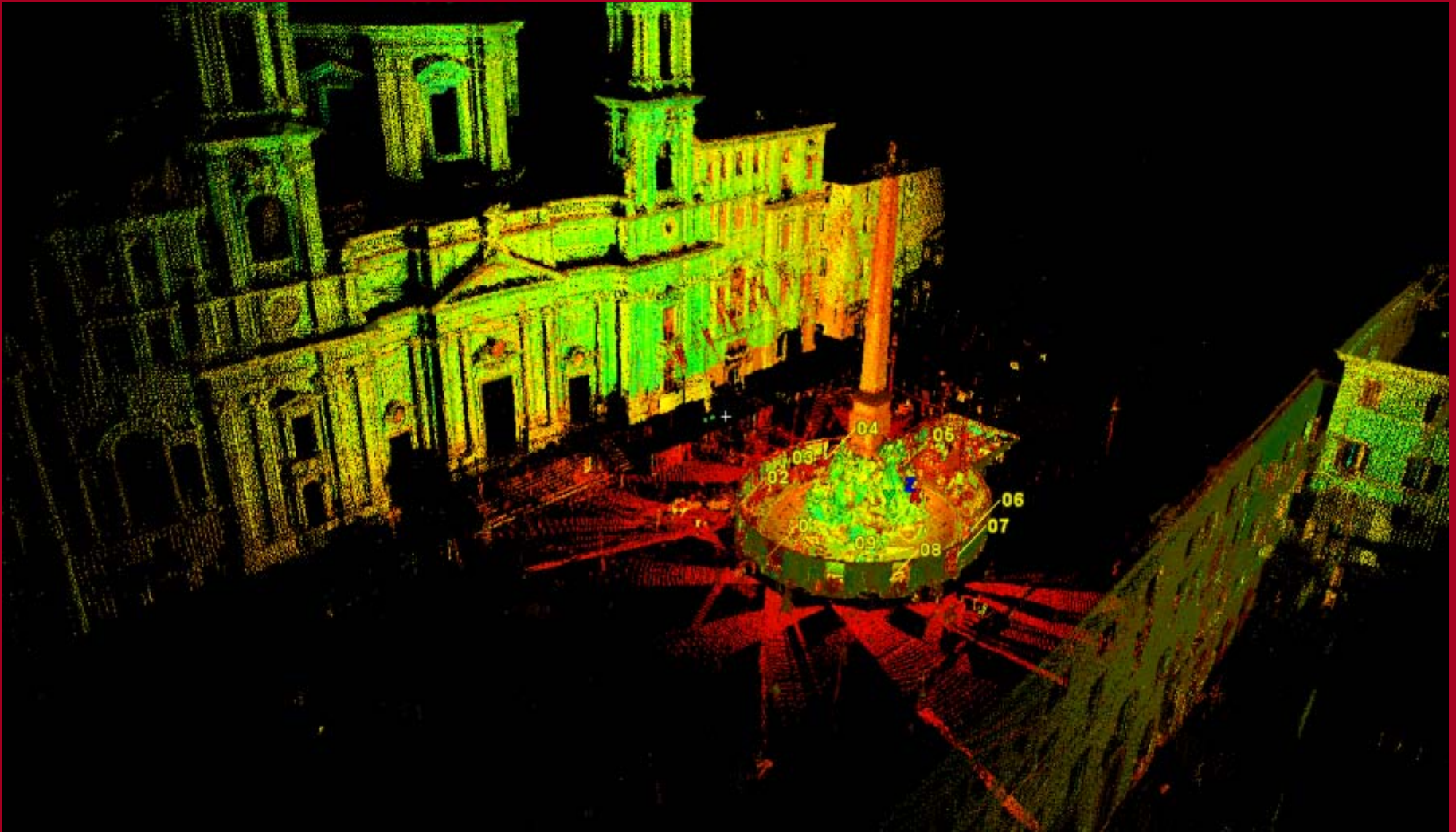
Metodologia adottata: scansione laser 3D

(Scanner Leica HDS 4500 / software Leica HDS Cyclone)

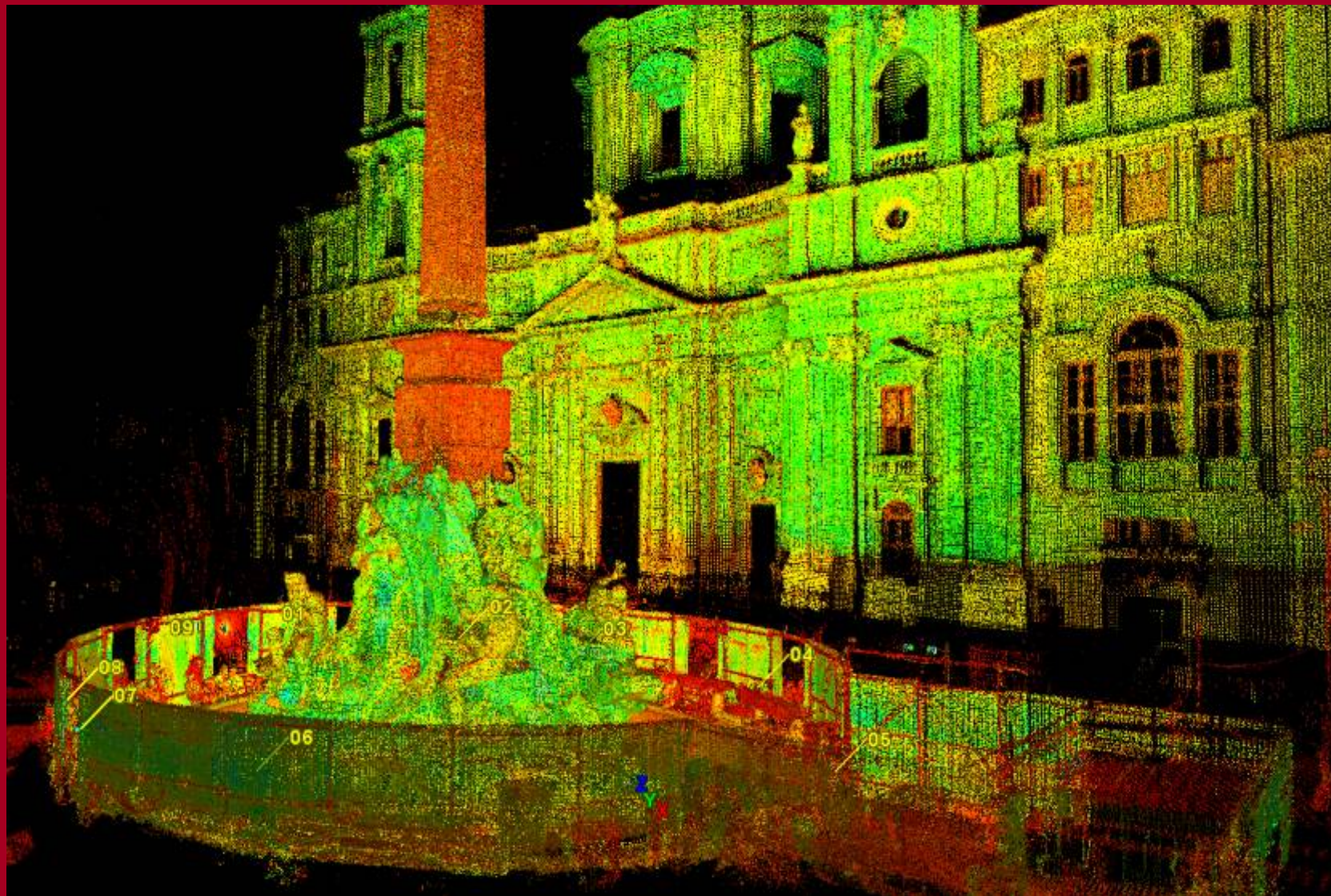
Finalità del rilievo: realizzazione di una banca dati di rilievo per la manutenzione programmata della fontana; supporto per l'attività del cantiere ISCR.



Roma – Fontana dei Quattro Fiumi in piazza Navona



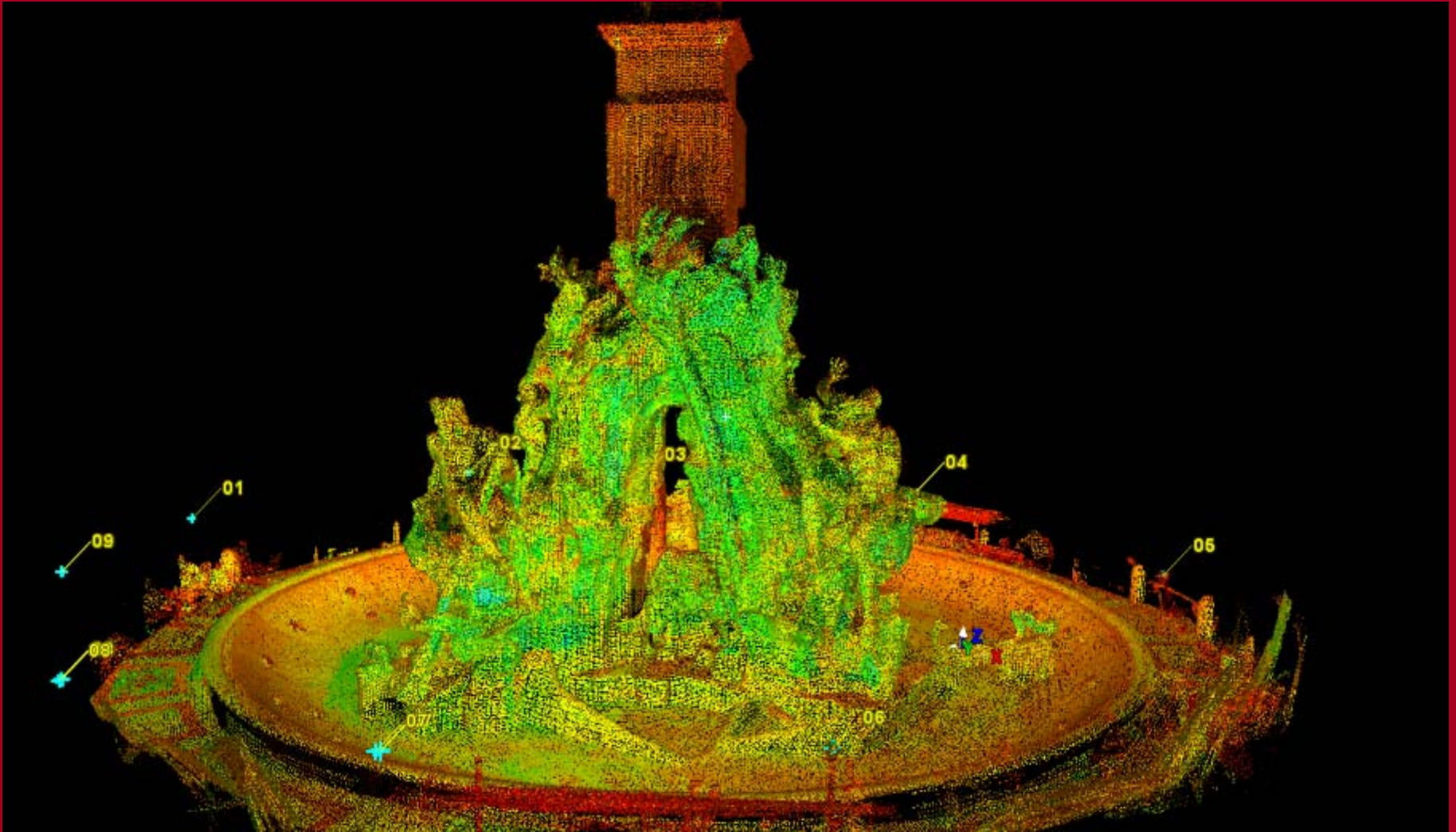
vista a volo d'uccello della fontana nel contesto generale della piazza



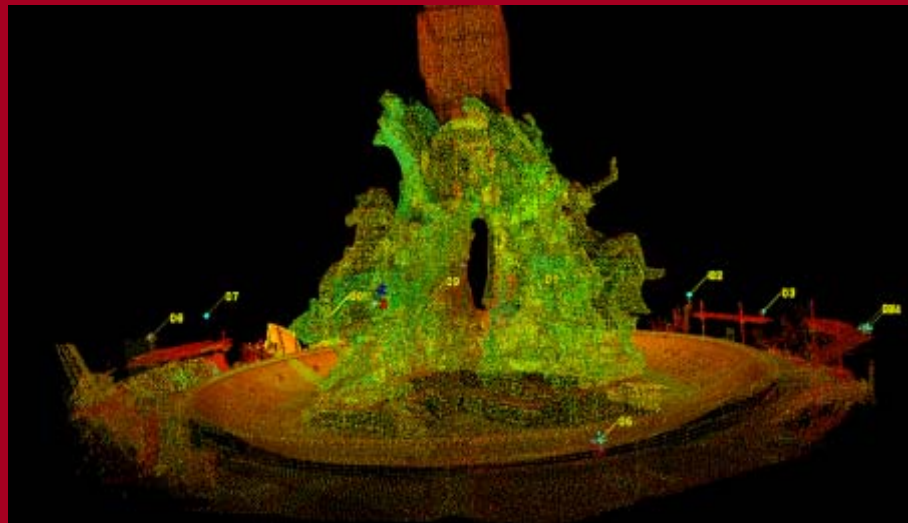
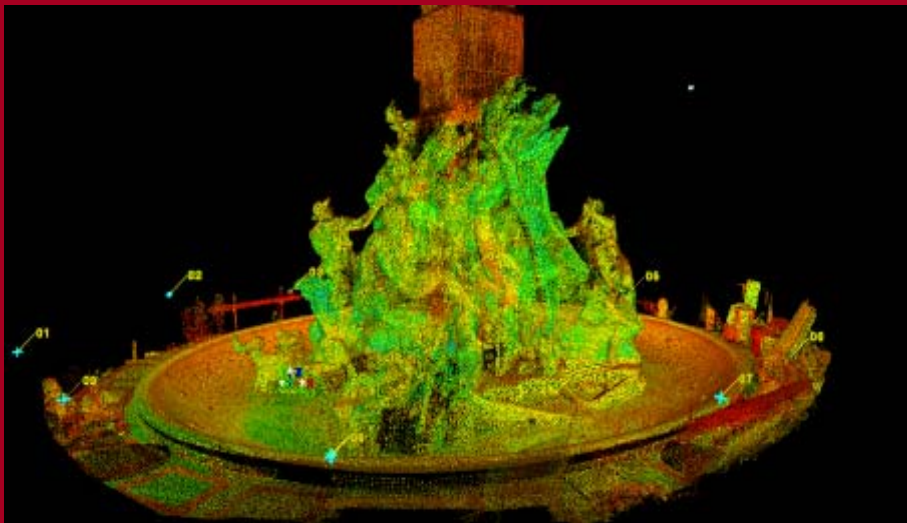
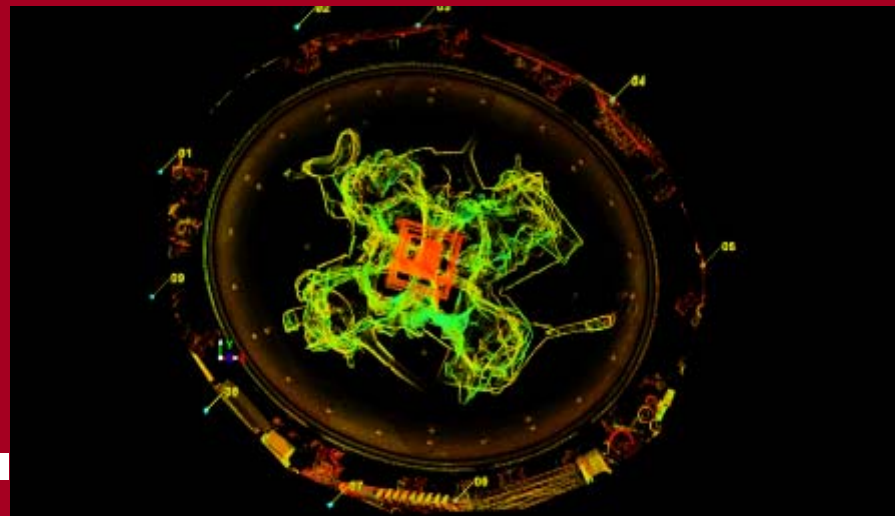
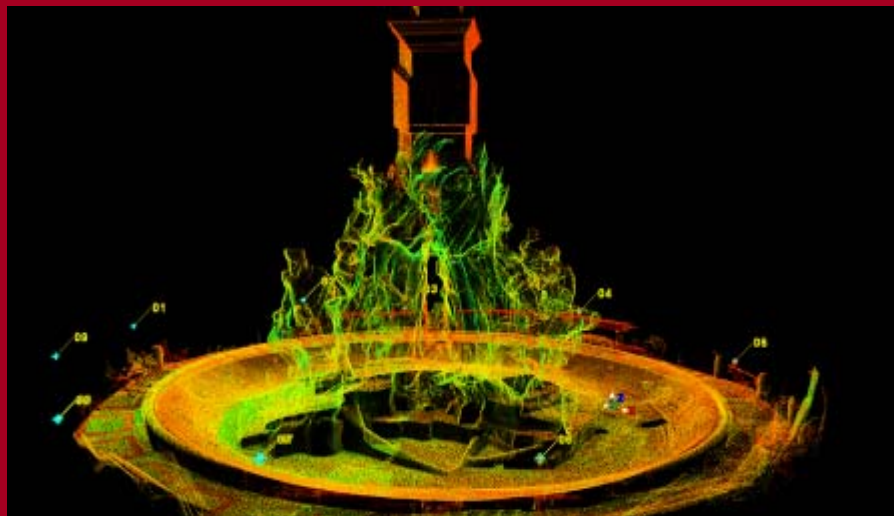
vista della fontana nel cantiere con la facciata di Santa Agnese in Agone



Roma – Fontana dei Quattro Fiumi in piazza Navona



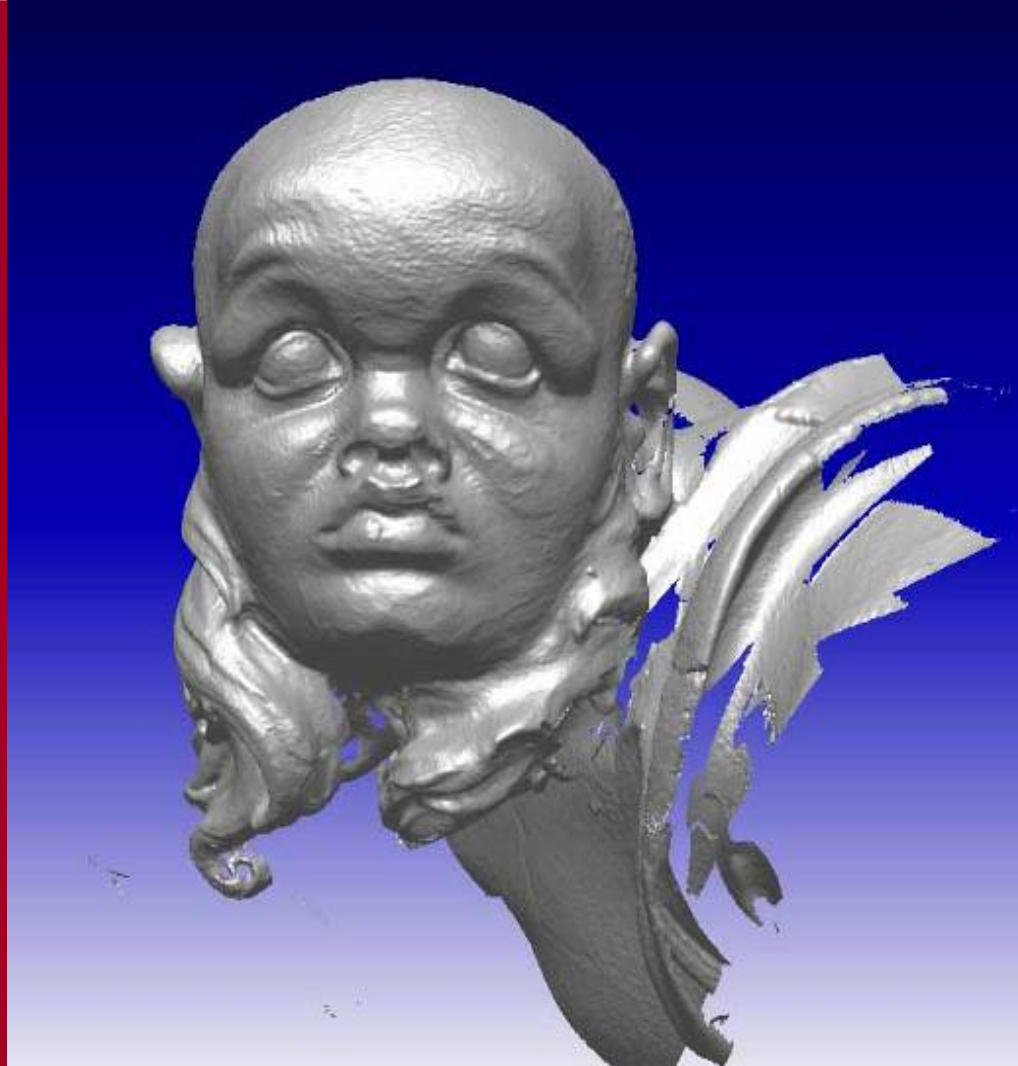
vista della fontana dopo la rimozione della nuvola di punti del cantiere e della piazza



Viste varie della nuvola di punti con diverse modalità di visualizzazione



Roma – Fontana dei Quattro Fiumi in piazza Navona



Volto del Rio della Plata effettuato con Scanner laser Konica Minolta Vi 9i
con realizzazione della mesh mediante software Rapidform
(elaborazione: Angelo Rubino)



Assisi - Basilica superiore di San Francesco



Direttore dei Lavori: Dott. Giuseppe Basile

Anno di esecuzione: 2007

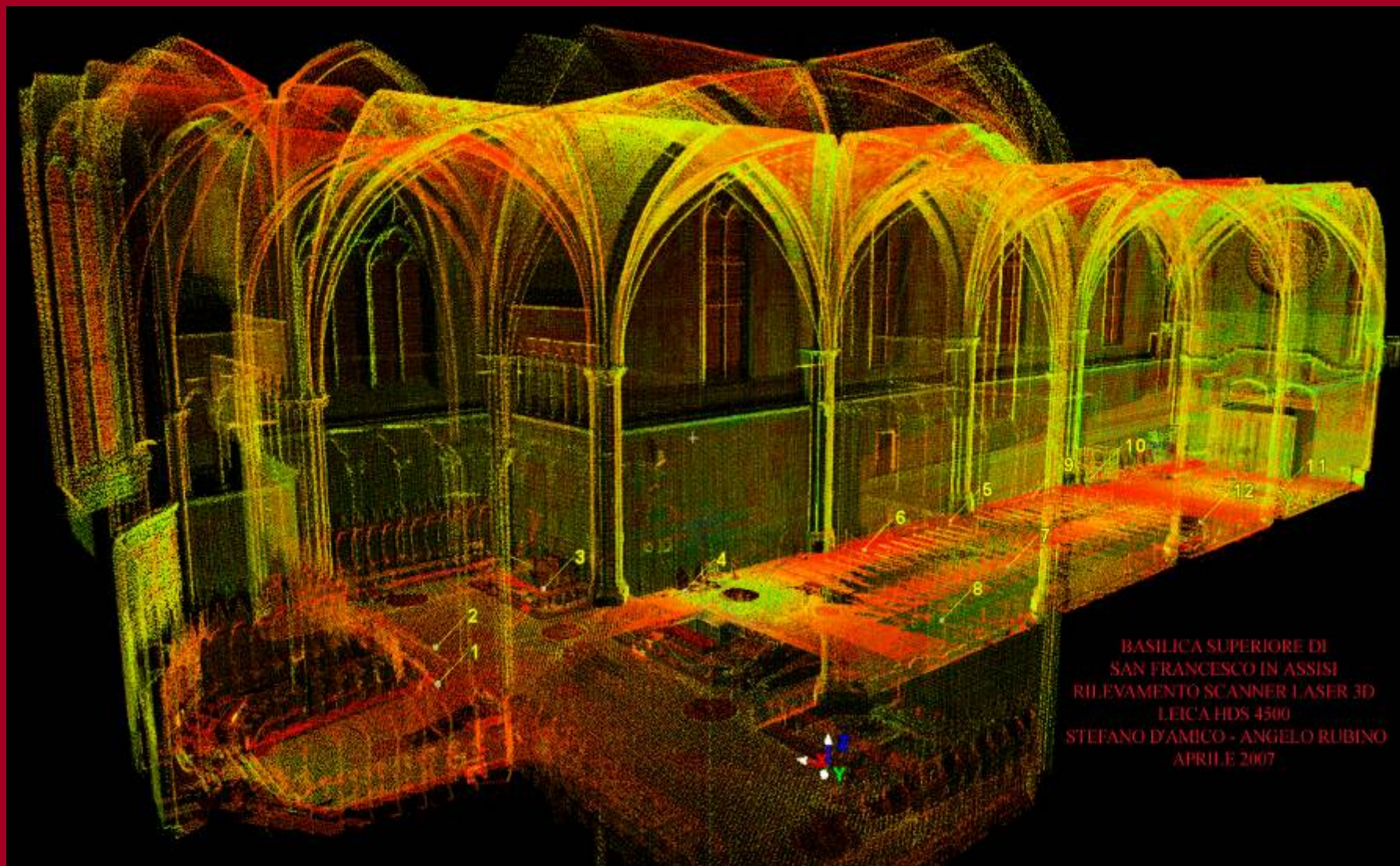
Metodologia adottata: scansione laser 3D
(Scanner Leica HDS 4500 / software Leica HDS Cyclone)

Collaboratori: Angelo Rubino

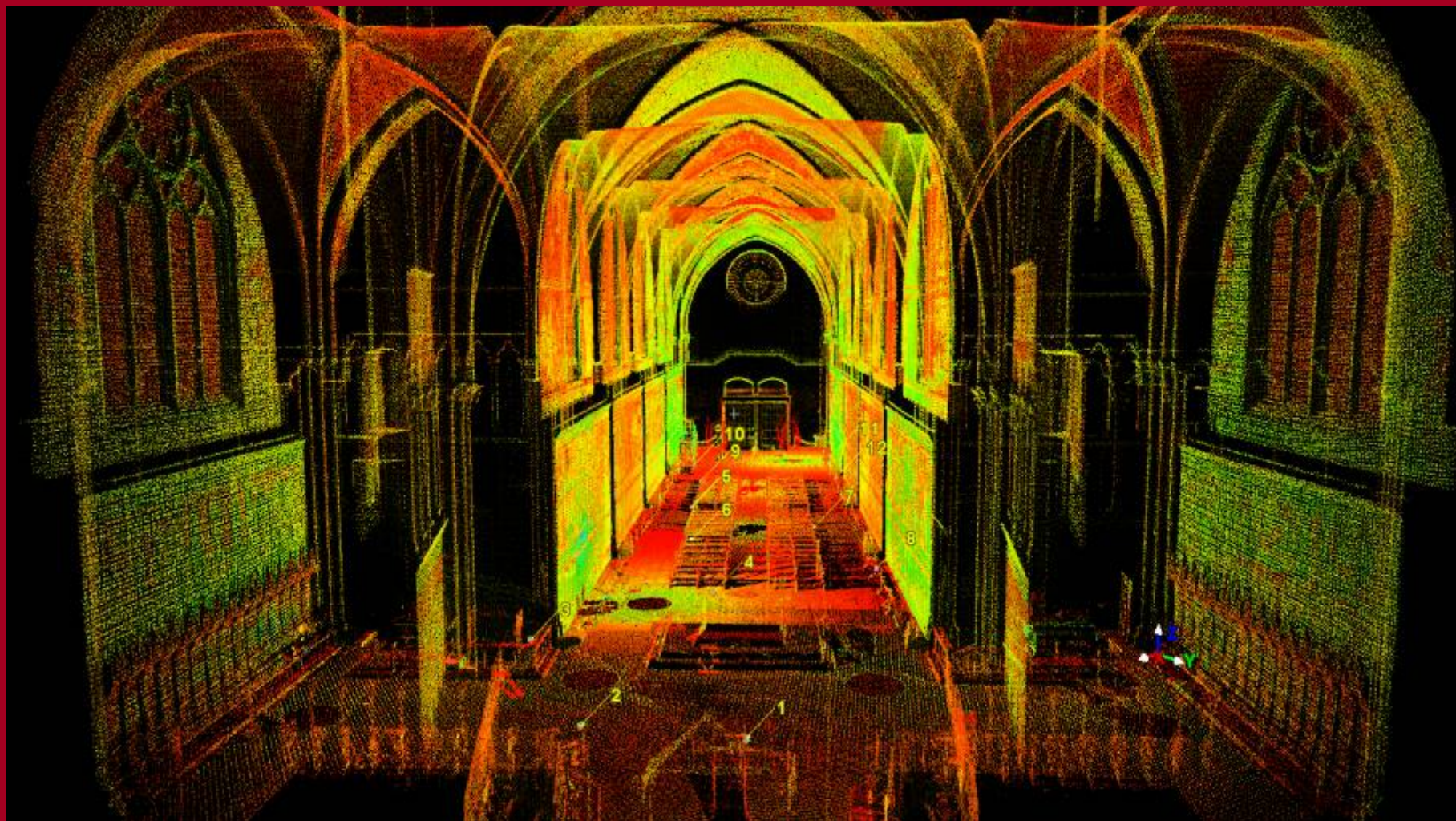
Finalità del rilievo: realizzazione di una banca dati di rilievo per la manutenzione programmata dell'edificio e delle superfici decorate.



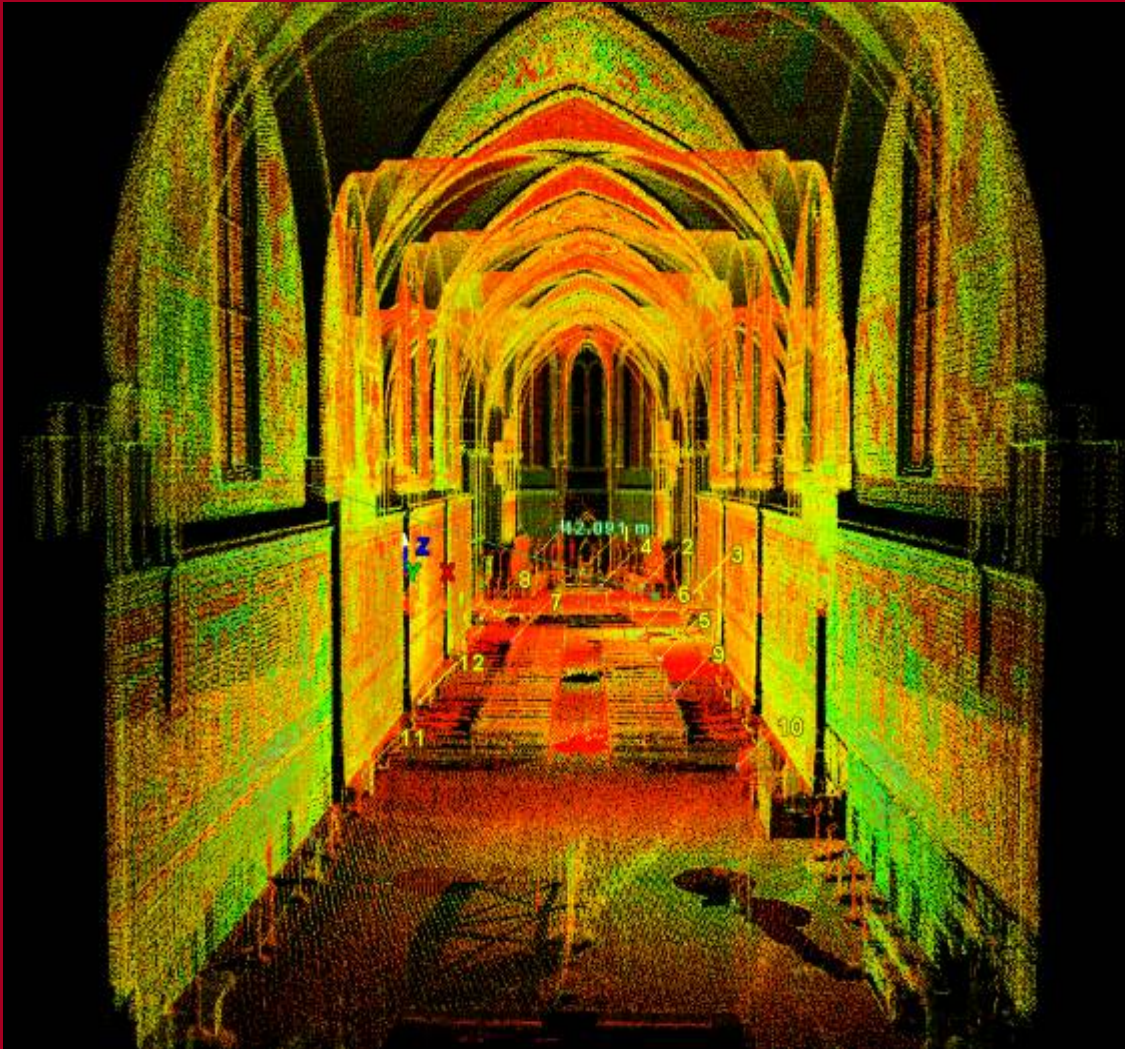
La facciata e dettaglio sul rosone



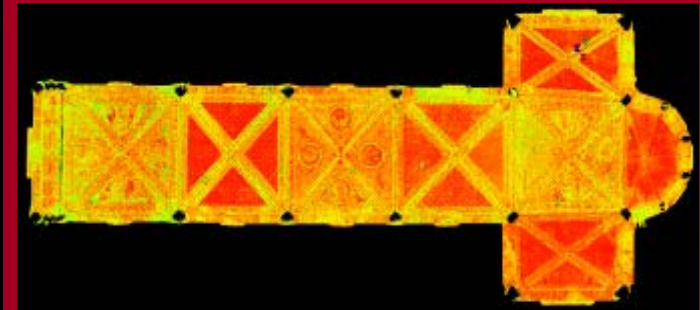
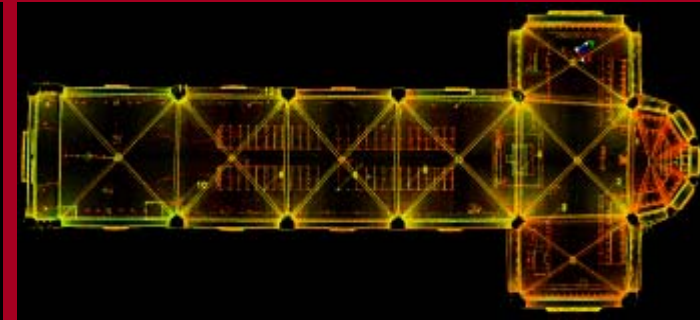
Vista prospettica generale della navata



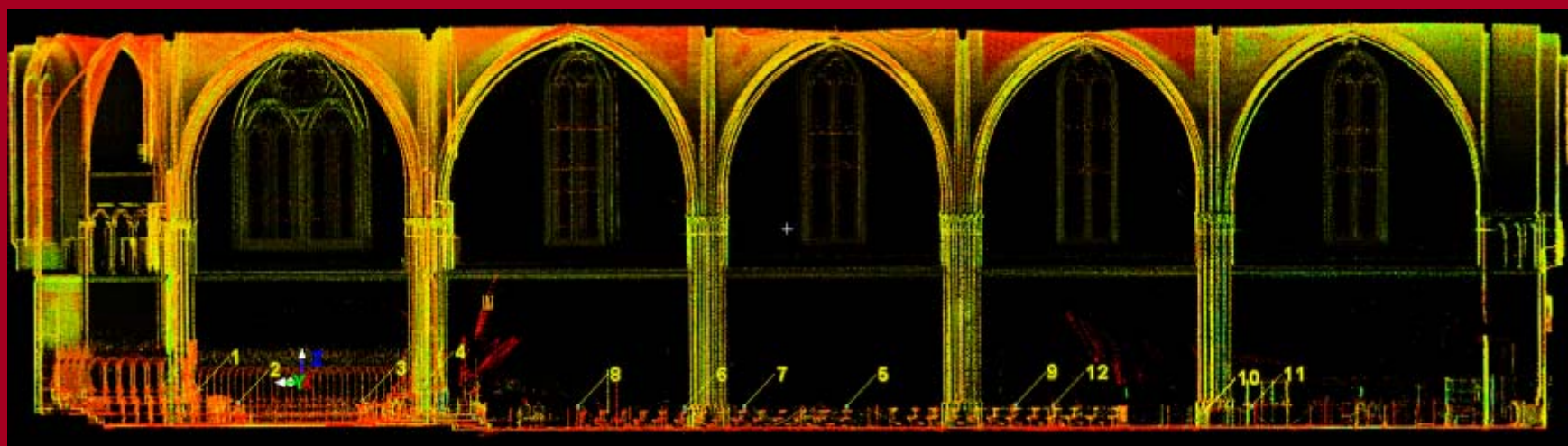
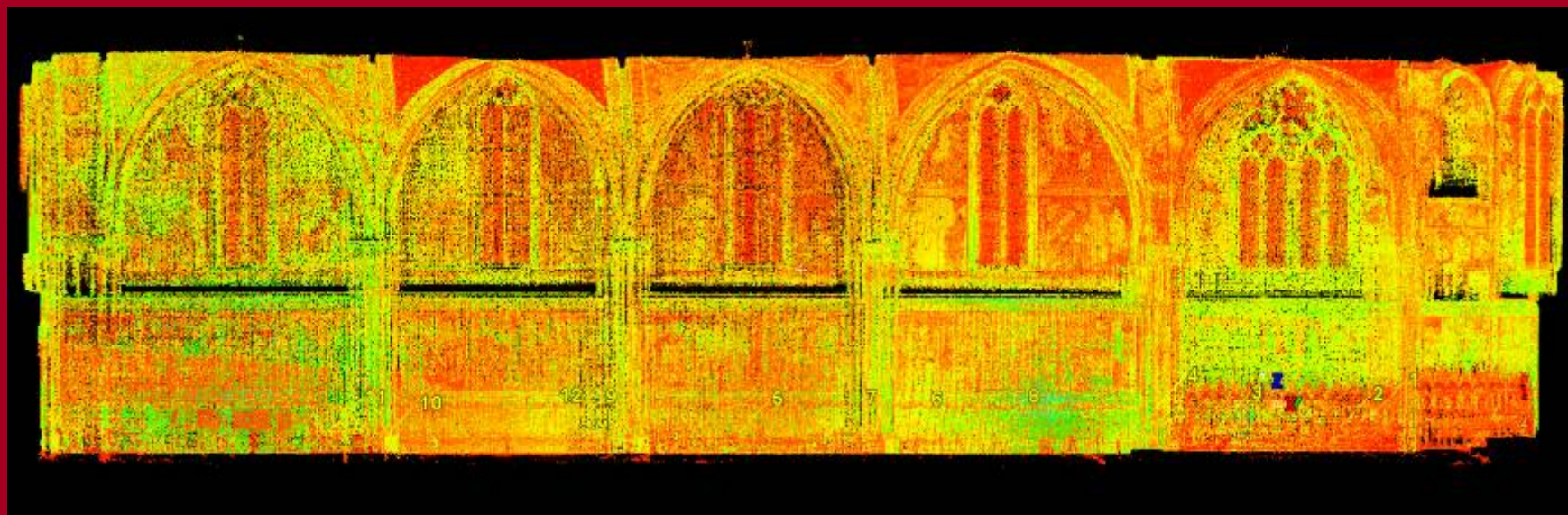
Vista prospettica generale dall'abside



Vista prospettica generale dall'ingresso



Pianta e vista delle volte dall'alto



Sezioni longitudinali – si notino i diversi andamenti delle volte a crociera



Langhirano (PR) – Castello di Torrechiara



Committente: Mibac - Direzione Regionale per i Beni culturali e Paesaggistici dell'Emilia Romagna – Direttore Regionale: Ing. Luciano Marchetti
RUP: Arch. Corrado Azzollini

Anni di esecuzione: 2008

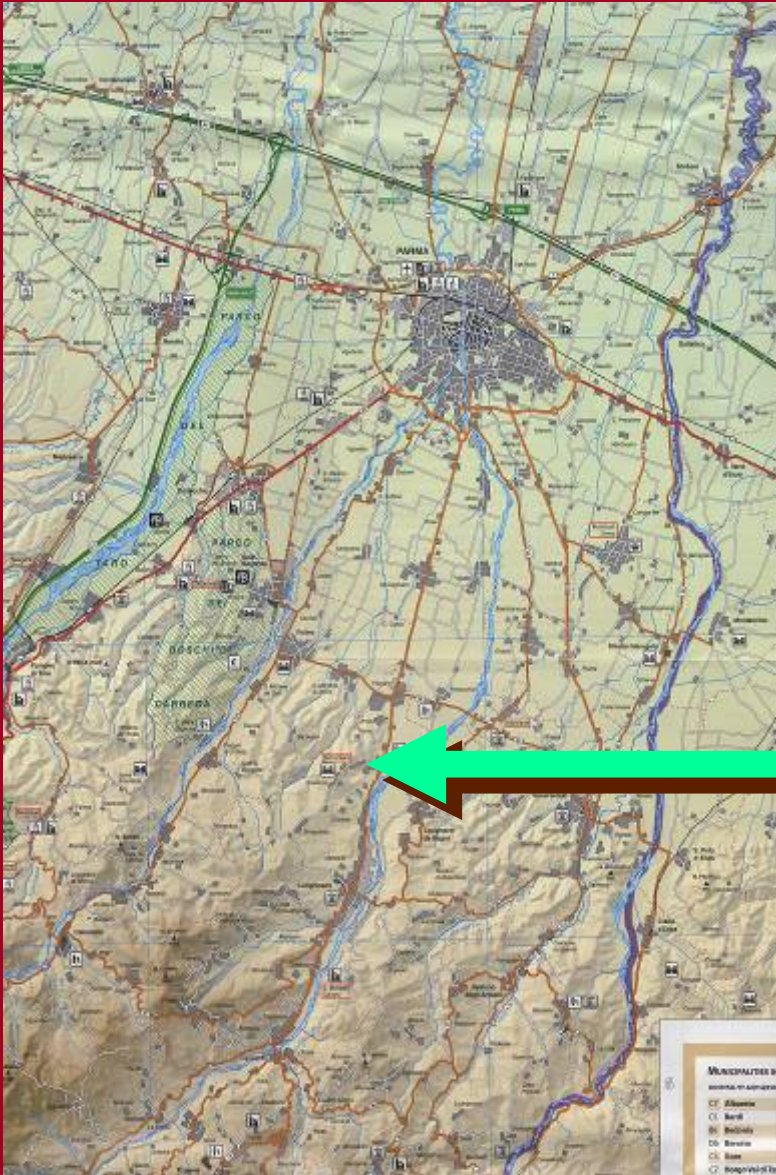
Metodologia adottata: scansione laser 3D
(Scanner Leica HDS 4500 / software Leica HDS Cyclone)

Collaboratori: Angelo Rubino

Finalità del rilievo: fornire un rilevamento metricamente attendibile delle varie cinte murarie del Castello, in previsione del progetto di restauro a cura della Soprintendenza per i Beni culturali e Paesaggistici di Parma e Piacenza (Arch. Luciano Serchia)



Langhirano (PR) – Castello di Torrechiara



Ubicazione del sito



Langhirano (PR) – Castello di Torrechiara



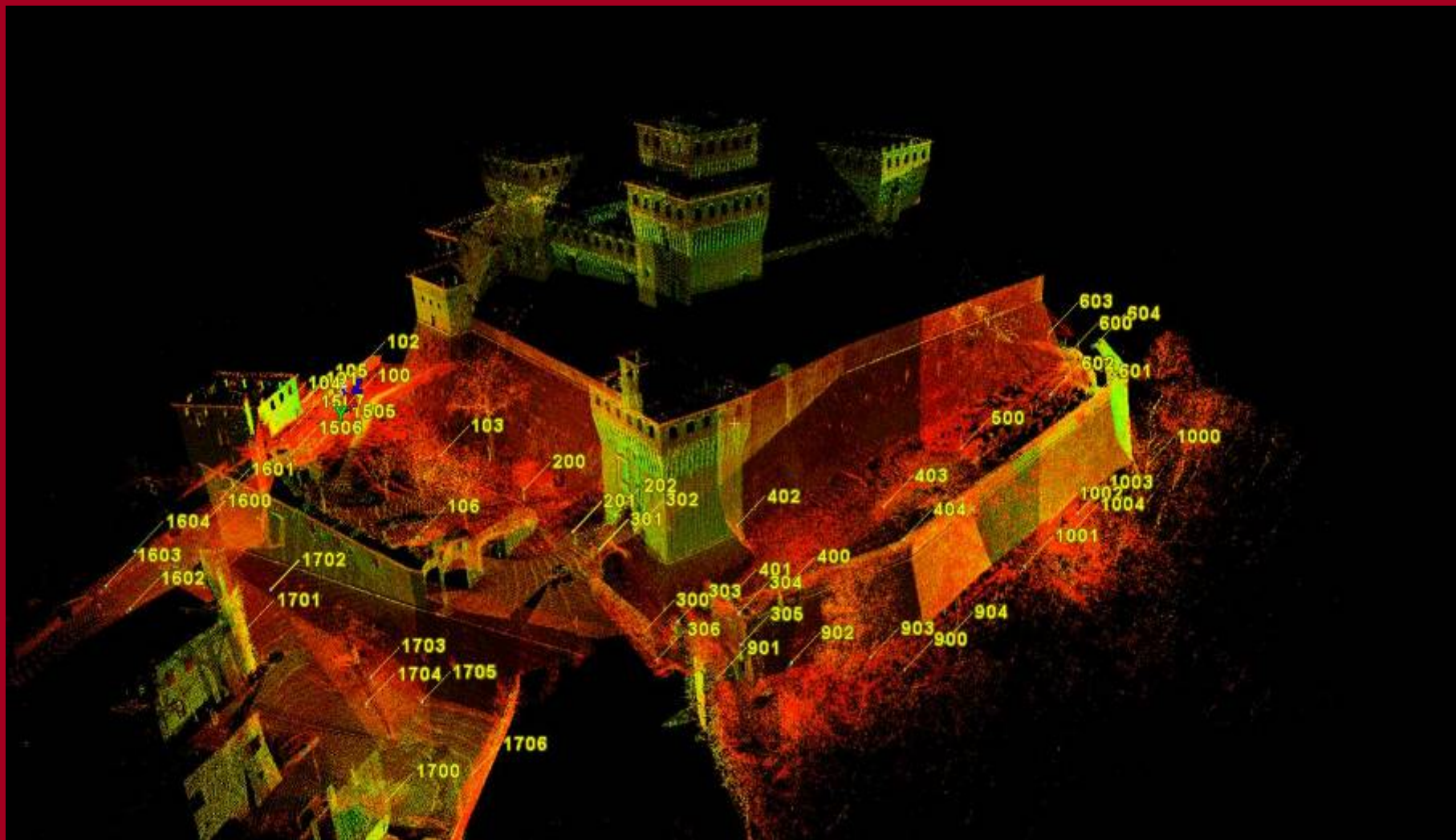
Alcune immagini



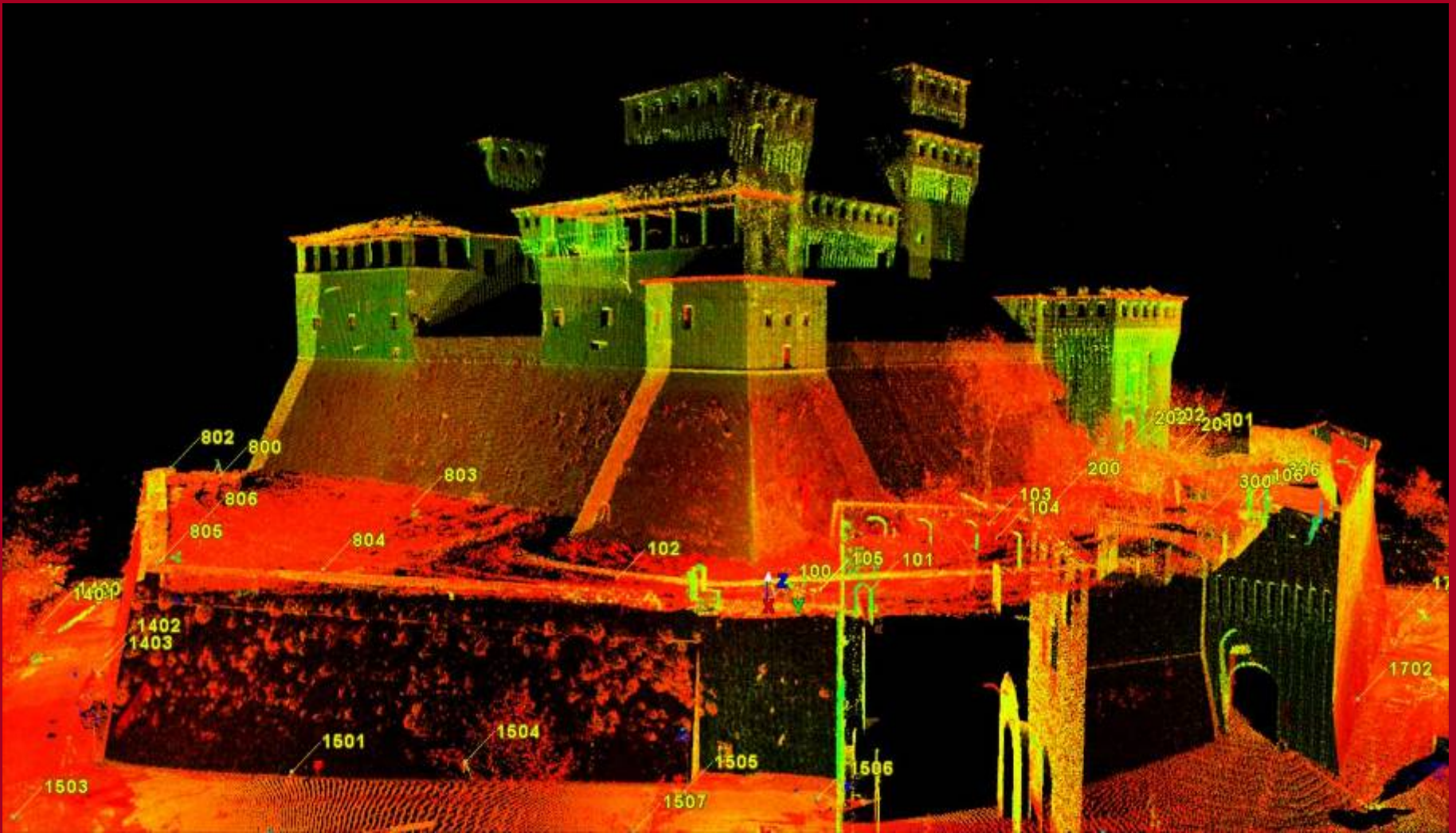




Immagini del rilevamento: vista dall'alto



Immagini del rilevamento: lato nord-ovest



Immagini del rilevamento: lato nord-est



Direttore dei Lavori: Dott. Giuseppe Basile

Anno di esecuzione: 2007

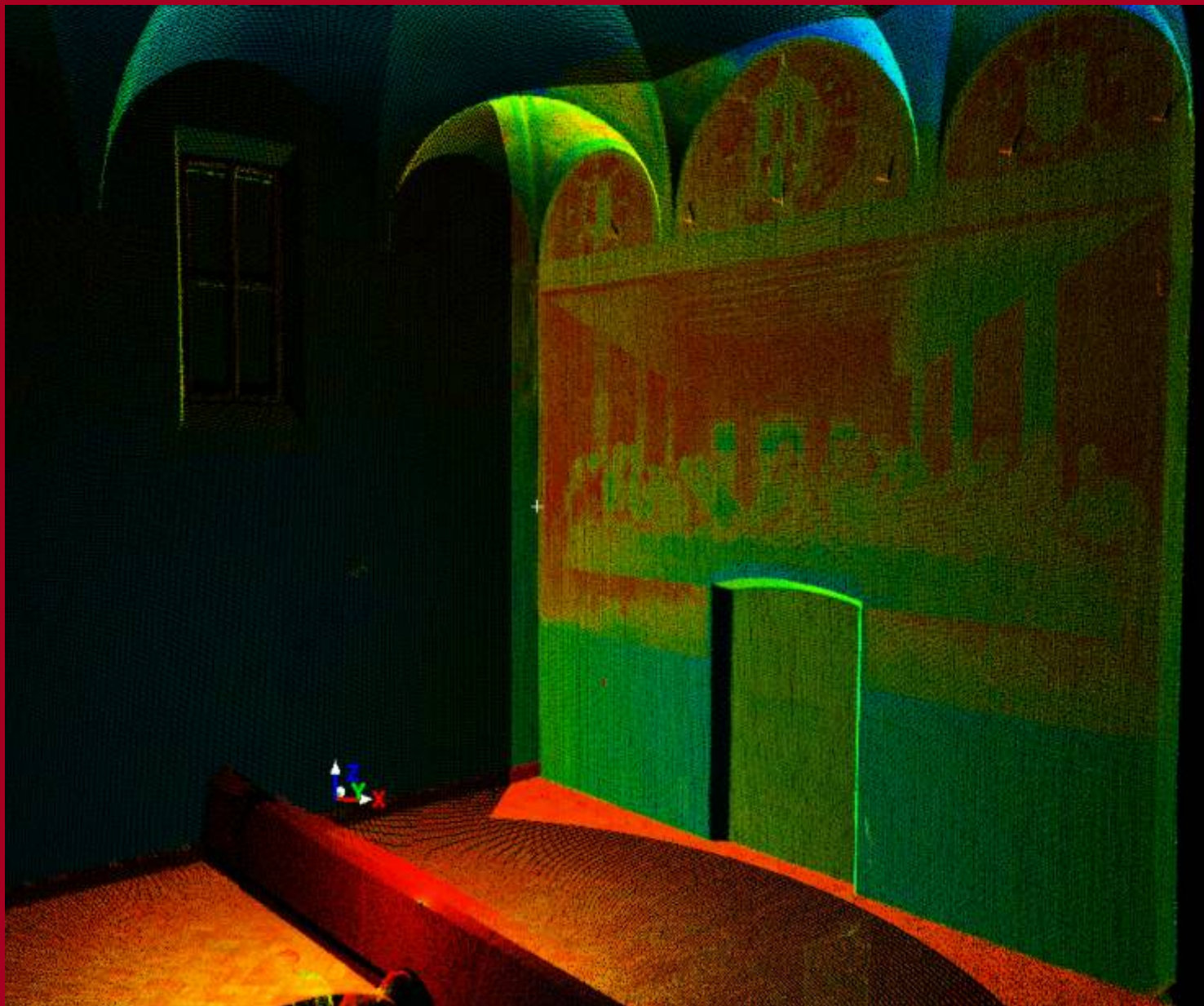
Collaboratori: Angelo Rubino

Metodologia adottata: scansione laser 3D
(Scanner Leica HDS 4500 / software Leica HDS Cyclone)

Finalità del rilievo: realizzazione di una banca dati di rilievo per la manutenzione programmata della parete; completamento della campagna di rilevamento iniziata sulla parete posteriore nel 2000.

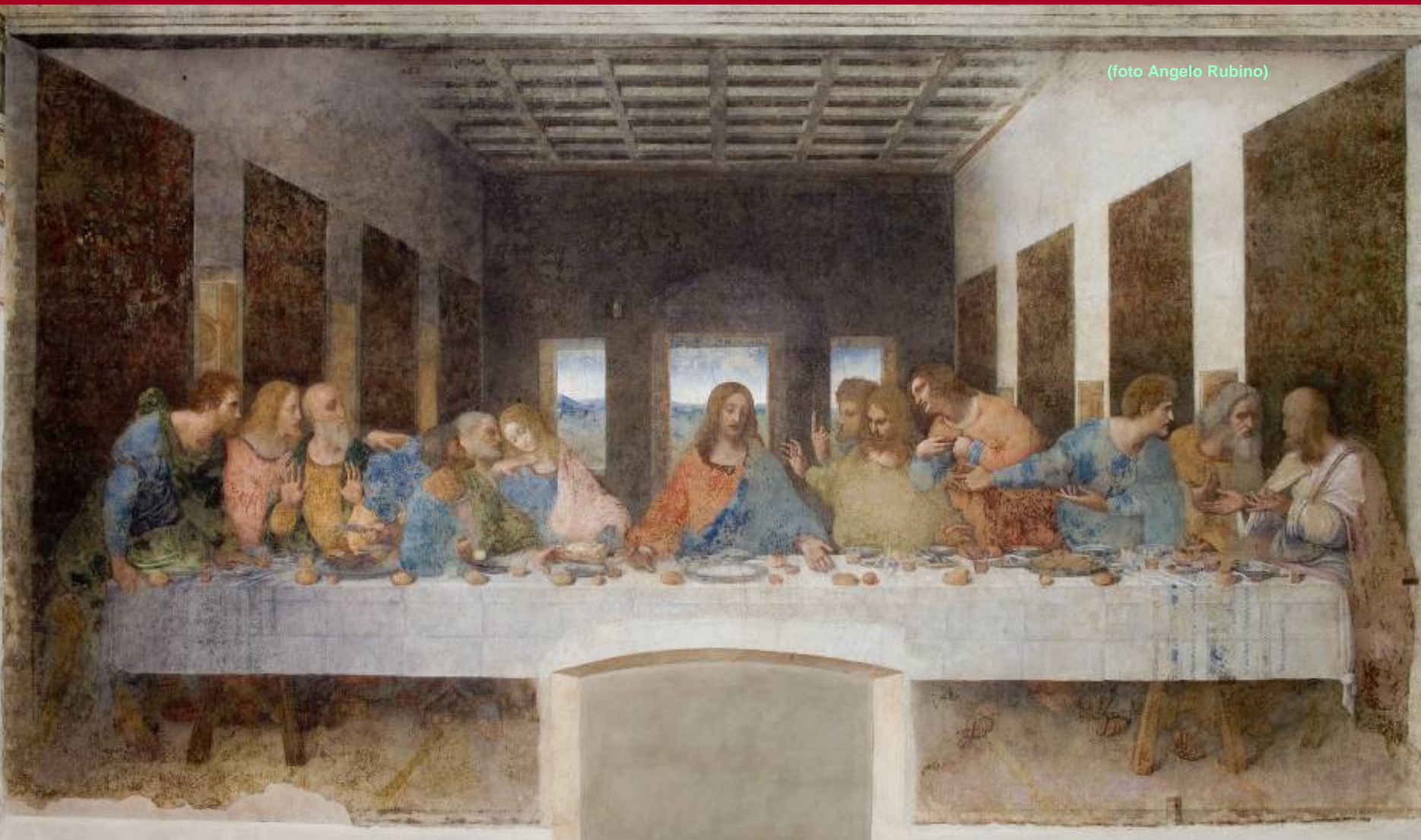


La parete
del Cenacolo
nel contesto
del
Refettorio



La parete del
Cenacolo nel
contesto del
Refettorio:
vista in
modalità
silhouette

(foto Angelo Rubino)



La parete del Cenacolo acquisita ad alta risoluzione
(1 punto ogni 6 mm. sull'orizzontale e sulla verticale)



Otranto (LE) - Cattedrale



Committente: Mibac - Direzione Regionale per i Beni culturali e Paesaggistici della Puglia – Direttore Regionale: Arch. Ruggero Martines
RUP: Dott.ssa Marisa Milella

Anni di esecuzione: 2008

Metodologia adottata: scansione laser 3D
(Scanner Leica HDS 4500 / software Leica HDS Cyclone)

Collaboratori: Edoardo Loliva

Finalità del rilievo: documentare lo stato di conservazione in particolare del mosaico pavimentale dell'intera chiesa, in previsione di eventuali futuri interventi di manutenzione o restauro



Facciata – dettaglio del rosone



Mosaico pavimentale: dettaglio della navata centrale



Mosaico pavimentale: dettaglio del presbiterio



Dettaglio della tomba del Cardinale De Aste acquisita alla più alta definizione possibile con lo strumento: un punto ogni 3 mm, a 10 metri di distanza dallo strumento



CONCLUSIONI sul rilevamento scansione laser 3D



PRINCIPALI VANTAGGI:

- tempi sul campo assai ridotti
- possibilità di raggiungere precisioni non conseguibili con un rilevamento manuale diretto
- possibilità di utilizzare le nuvole di punti secondo diverse finalità (strutturale, conservativa, geologica, etc.) e secondo diverse tempistiche
- facile memorizzazione e archiviazione dei dati

PRINCIPALI INCONVENIENTI:

- costi ancora assai elevati delle attrezzature e dei programmi
- peso non indifferente dell'intera attrezzatura con, talvolta, problemi di movimentazione
- estrema delicatezza delle attrezzature
- non ampia interfaccia con altri sistemi, tanto da configurarsi talvolta come un "sistema chiuso"
- Necessità spesso di affiancare alla scansione una dettagliata campagna fotografica



Bibliografia essenziale



Sul rilevamento in generale:

Adam J.P., *L'arte del costruire presso i romani- materiali e tecniche*, Milano, Longanesi, 1988, in particolare: Cap.1 La topografia, pp.9-22

Docci M. Maestri D., *Il rilevamento architettonico - Storia metodi e disegno*, Bari, Laterza 1984

Docci M. Maestri D., *Storia del rilevamento architettonico e urbano*, Bari, Laterza 1993

Docci M. Maestri D., *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*, Bari, Laterza 5^a ed. 2002

Giuliani C.F., *Archeologia – documentazione grafica*, Roma, De Luca, 1976

Ippoliti E. *Rilevare*, Roma, Kappa, 2000, pp. 71-92

Lodovisi A. Torresani S., *Storia della cartografia*, Bologna, Patron, 1996

Marino L., *Il rilievo per il restauro. Ricognizioni – Misurazioni – Accertamenti – Restituzioni - Elaborazioni*, Hoepli, Milano, 1990

Ministero per i Beni Culturali e Ambientali - Soprintendenza Generale agli Interventi post-sismici in Campania e Basilicata – Università degli Studi “La Sapienza” di Roma – Dipartimento di rappresentazione e rilievo, *Capitolato speciale di appalto per il rilevamento architettonico a fini di restauro*, Roma, Kappa, 1994

Medri M., *Manuale di rilievo archeologico*, Bari, Laterza, 2003



Bibliografia essenziale



Sul rilevamento topografico:

- Birardi G., *Corso di Topografia*, Bologna, Pitagora Editrice, 1978
Bonfigli C. Solaini L., *Topografia e strade*, Firenze, Le Monnier, 1952
Carlucci R., *Topografia e restituzione territoriale*, Roma, DEI, 1987
Fondelli M., *Manuale di topografia*, 3 voll., Roma-Bari, Laterza, 1991
Ippoliti E. *Rilevare*, Roma, Kappa, 2000, pp. 93-116

Sul rilevamento fotogrammetrico:

- Carpiceci M, *Il rilievo dello spazio architettonico. Principi geometrici e grafici*, Roma, Kappa, 2000
Docci M. *Principi di fotogrammetria e restituzione prospettica di architetture*, Roma, 1964
Fondelli Mario, *Trattato di fotogrammetria urbana e architettonica*, Bari, Laterza, 1992
Ippoliti E. *Rilevare*, Roma, Kappa, 2000, pp. 117-182
Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, Quaderni del Dipartimento di Rappresentazione e Rilievo, *Piazza Navona - Immagine tra ricerca e didattica*, 181 N.°3/1991



Bibliografia essenziale



Sul rilevamento stereo-fotogrammetrico:

Cundari C., *Fotogrammetria architettonica*, Kappa, Roma, 1983

D'Amico S., Rubino A., *Un'applicazione di fotogrammetria digitale all'Oratorio dei Filippini in Roma: il miracolo di Santa Agnese dell'Algardi*, in: "Bollettino ICR" nuova serie, n.6-7, Gennaio-Dicembre 2003, pp.26-32

D'Amico S., Rubino A., *Rilevamento stereo-fotogrammetrico degli ortostati in gesso alabastrino del Palazzo di Sennacherib a Ninive*, in: *Ninive. Il Palazzo senza eguali di Sennacherib*, Silvana Editoriale, Milano, 2007 pp. 95-101, Catalogo della mostra, Torino, Archivio di Stato, 14 luglio – 23 settembre 2007

D'Amico S., *Il rilevamento stereo-fotogrammetrico*, in: *Iraq prima e dopo la guerra. I siti archeologici*, a cura di P. Bianco, L'erma di Bretschneider, 2004, pp.131-140

Fondelli Mario, *Trattato di fotogrammetria urbana e architettonica*, Bari, Laterza, 1992

Ippoliti Elena, *Rilevare*, Edizioni Kappa, Roma, 2000

Saint Aubin J.P., *Il rilievo e la rappresentazione dell'architettura*, Bergamo

Moretti&Vitali, 1999



Bibliografia essenziale



Sul rilevamento mediante scansione laser 3D:

D'Amico S. Rubino A., *Rilevamento della parete posteriore del dipinto tramite metodi tradizionali e mediante scansione laser tridimensionale*, in: *Leonardo. L'ultima cena. Indagini, ricerche, restauro*, a cura di G. Basile e M. Marabelli, Nardini editore, 2007,

pp. 195-198, tavole: XIII-XVI

D'Amico S. Rubino A. *Note sul rilevamento mediante scansione laser tridimensionale dell'interno e della facciata della Basilica Superiore*, in: *Restauro in San Francesco ad Assisi. Il cantiere dell'utopia*, a cura di G. Basile, 2007, pp. 195 e 291-293

Sistemi a scansione per l'architettura e il territorio, a cura di F. Sacerdote e G. Tucci, Firenze, Alinea editrice, 2007

Sui sistemi di rappresentazione:

Carbonara G. *Restauro dei monumenti. Guida agli elaborati grafici*, Napoli, Liguori Editore, 1990

D'Amico S., *Tavole tematiche*, in: *Il Satiro Danzante*, Leonardo international, 2003, pp.82-83

La rappresentazione dell'architettura, a cura di C. Mezzetti, Roma, Kappa, 2000

Ministero per i Beni e le Attività Culturali

ISTITUTO SUPERIORE PER LA CONSERVAZIONE ED IL RESTAURO

