

Come dipingeva il **Caravaggio**

ATTI DELLA GIORNATA DI STUDIO



Analisi non distruttive e riflettografie a infrarossi su alcuni dipinti del Caravaggio esposti in Palazzo Ruspoli

Sebastiano Sciuti, Giovanni E. Gigante, Simona Rinaldi,
Alessandro Culla, Claudio Falucci

Nei giorni 23, 24 e 25 maggio 1992 sono state effettuate analisi non distruttive (ND) di dipinti del Caravaggio da parte di una équipe dell'Università di Roma «La Sapienza» costituita da Alessandro Culla, Giovanni E. Gigante, Claudio Falucci e Sebastiano Sciuti.

Le analisi della fluorescenza dei raggi X (XRF) e le riflettografie sono state eseguite in loco mediante la stazione mobile IMAFLU descritta nel saggio precedente e in altri contributi¹.

Tra i numerosi quadri presenti in mostra sono stati scelti per gli esami, su suggerimento di Corrado Maltese, i seguenti:

San Girolamo penitente, Monastero di Montserrat, olio su tela, 110 x 81 cm;

Incredulità di San Tommaso, Potsdam, Neues Palais, olio su tela, 107 x 146 cm;

Sacrificio di Isacco, Princeton (N.J.), collezione Barbara Piasecka Johnson, olio su tela, 116 x 173 cm;

Ragazzo morso dal ramarro, Firenze, Fondazione Longhi, olio su tela, 75,8 x 52,3 cm;

San Francesco in meditazione, Cremona, Museo Civico, olio su tela, 130 x 90 cm;

Adorazione dei pastori, Messina, Museo Regionale, olio su tela, 314 x 211 cm.

Prima di effettuare le analisi si è chiesto il nulla osta alla organizzatrice scientifica, Mina Gregori, e alla Società Rebus e, una volta ottenuto il consenso, si è reso necessario richiedere le autorizzazioni specifiche per le analisi della fluorescenza dei raggi X e per le riflettografie a infrarossi (IR) ai rispettivi prestatori dei dipinti in Italia e all'estero. A causa del poco tempo a disposizione (le sole ore notturne e un limitato numero di giorni) è stato possibile completare le analisi della fluorescenza dei raggi X dei soli primi quattro dipinti.

Per ognuno di essi sono stati esaminati una trentina di punti cromaticamente rilevanti al fine di determinare la preparazione e i pigmenti di colore impiegati. La scelta dei punti è stata fatta da Simona Rinaldi che li ha catalogati in base alle tinte otticamente percepite.

Le riprese riflettografiche a infrarossi, caratterizzate da tempi di misura molto più brevi di quelli richiesti dalla fluorescenza dei raggi X, hanno riguardato un maggior numero di dipinti.

Il confronto tra le riflettografie eseguite con l'IMAFLU e quelle fatte eseguire da Mina Gregori in occasione della mostra è stato pienamente soddisfacente.

Nel paragrafo che segue sono riportati, quadro per quadro, i risultati ottenuti con la fluorescenza dei raggi X e nel successivo le riprese riflettografiche a infrarossi. Chiude un breve commento conclusivo.

Analisi di elementi chimici mediante la fluorescenza dei raggi X

L'IMAFLU monta uno spettrometro a fluorescenza di raggi X dispersivo in energia operante in aria e in grado di essere agevolmente puntato in qualsiasi zona della superficie pittorica.

In ogni misura si analizza un'areola di circa 3 mm di diametro (il punto).

I particolari dello spettrometro e del sistema automatico di puntamento vengono descritti nei contributi citati². Qui ci limitiamo a dire che la fluorescenza dei raggi X era indotta da un tubo Gilardoni Artgil operante alla tensione di 35 kV e che ogni misura (di un punto) aveva una durata di 100 secondi.

Inoltre con misure mirate al dosaggio del bario abbiamo avuto la conferma che i dipinti presi in considerazione sono caratterizzati da una preparazione che impiega un gesso contenente notevoli tracce di barite, vale a dire solfato di bario.

Questo ultimo elemento non viene riportato nelle tabelle che seguono.

San Girolamo penitente (vedi tavola 1). I punti bianchi, esemplificati dal panno e dalla barba di San Girolamo, risultano per la maggior parte dipinti con biacca, cui si aggiungono, in modulazioni più giallastre o più rossastre, piccole percentuali di giallo di piombo-stagno e cinabro. La modesta presenza di ossidi di ferro, indici dell'impiego di ocre e terre naturali, non sembra avere una funzione cromatica di superficie, ma appare più probabile a livello di strati preparatori, come si evidenzia soprattutto nei punti in ombra e nei neri del fondo, dove la percentuale del ferro risulta in quantità sempre maggiore rispetto ai punti in luce o chiari.

Gli incarnati risultano dipinti sostanzialmente con gli stessi pigmenti (biacca, giallo di piombo-stagno, cinabro) anche se in proporzioni tra loro diverse, salvo il punto dell'avambraccio in ombra (n. 9), particolarmente ricco di ossidi di ferro, presumibilmente attribuibili al fondo preparatorio lasciato in evidenza.

Tra i gialli, l'aureola del santo risulta chiaramente dipinta con giallo di piombo-stagno, cui si accompagna la costante presenza di una terra naturale, probabilmente di Siena, segnalata anche dalla presenza del manganese.

I sei punti rossi esaminati, relativi al manto del San Girolamo, mostrano le percentuali di piombo più basse di tutto il dipinto, alle quali vanno accostati i valori del mercurio che crescono e decrescono sensibilmente a seconda che i punti esaminati si trovino in luce o in ombra. Ciò indica la stesura del cinabro sostanzialmente puro nei punti in luce, insieme all'impiego del bianco di piombo.

Incredulità di San Tommaso (vedi tavola 2). I punti bianchi risultano sostanzialmente dipinti con biacca, cui va ad aggiungersi l'impiego di ossidi di ferro (ocra o terra naturale) nelle parti in ombra.

Va segnalato che i valori del ferro appaiono percentualmente piuttosto alti in tutto il dipinto, decrescendo soltanto nei punti chiari, e particolarmente negli incarnati che, accanto al bianco di piombo, mostrano talvolta l'impiego del cinabro (nn. 5, 7) e del giallo di piombo-stagno (nn. 8, 9).

I gialli analizzati sono in realtà dipinti con una miscela aranciata costituita da cinabro e giallo di piombo-stagno. Va tuttavia notato che il cinabro risulta presente solo nelle luci, per scomparire nella resa delle zone in ombra, insieme a un notevole decremento del giallo di piombo-stagno e alla comparsa di notevoli percentuali di rame.

Il rame, che generalmente è indice dell'impiego di pigmenti azzurri e/o verdi, si riscontra con particolare evidenza anche nelle ombre (nn. 14, 15) dei punti rossi (che risultano dipinti con cinabro), e costituisce una significativa corrispondenza con quanto riscontrato in altri dipinti del Caravaggio analizzati in passato, in particolare nella *Giuditta e Oloferne* (Roma, Galleria Nazionale d'Arte Antica di Palazzo Barberini)³.

I punti bruni del fondo (nn. 24-31) indicano infine le maggiori percentuali di ferro di tutto il dipinto accanto alla presenza di piccole aliquote di manganese, a segnalare l'impiego di una terra naturale, mentre il mantello sulla schiena di San Tommaso, benché otticamente bruno, mostra la presenza di cinabro nelle parti in luce (n. 17) e di un pigmento a base di rame nelle ombre (n. 18). Si deduce pertanto l'impiego di un pigmento rosso scurito mediante la stesura (forse velatura) di un azzurro o di un verde.

Sacrificio di Isacco (vedi tavola 3). I punti bianchi risultano dipinti con biacca e giallo di piombo-stagno, cui va ad aggiungersi nelle parti in ombra del panno attorno all'addome (oltre ad una maggiore percentuale di ossidi di ferro) l'impiego di cinabro e di una piccola aliquota di rame.

La presenza del rame (anche se in percentuali modeste) si segnala inoltre anche nella mano di Abramo che impugna il coltello (punto n. 8), insieme a una percentuale di mercurio piuttosto elevata in tutti gli incarnati, che oltre alla biacca vedono dunque la costante presenza di cinabro e di giallo di piombo-stagno. Il medesimo impasto appare impiegato nella resa dei rossi, anche se ovviamente con una maggiore presenza di cinabro, che, nelle parti in ombra (vedi punto n. 16), risulta scurito mediante un pigmento a base di rame.

Paradossalmente, nel cangiante delle maniche dell'angelo, che è stato interpretato otticamente come un verde-

azzurro (ma va sempre attentamente valutata la presenza di vernici di finitura), il rame, usualmente indice dell'impiego di pigmenti verdi e/o azzurri, è presente solo in percentuali minime. I punti esaminati (nn. 17-19) risultano per la maggior parte costituiti da piombo, ferro e manganese, indici del prevalente impiego di biacca e di terre naturali.

I punti bruni vedono la maggiore percentuale di ferro del dipinto, segnale del prevalente impiego di una terra naturale, anche se l'analisi di uno solo (n. 25) dei cinque punti del fondo selezionati non consente di diversificare la stesura del fondo da quella del manto di Abramo. Va tuttavia segnalata la resa dei capelli dell'angelo (n. 28) sostanzialmente analoga a quella dei capelli neri di Isacco (dipinti con cinabro, ossidi di ferro e un pigmento a base di rame), rispetto ai capelli altrettanto neri di Abramo, che risultano diversamente costituiti da percentuali equivalenti di ferro e rame, per i quali va probabilmente ipotizzato l'impiego di un pigmento nero non rilevabile mediante la fluorescenza dei raggi X.

Ragazzo morso dal ramarro (vedi tavola 4). Per i bianchi l'unico punto della camicia analizzato (n. 1), rispetto ai tre selezionati, indica l'impiego prevalente della biacca. Un'analoga situazione si riscontra sostanzialmente nelle due rose (nn. 9, 10) raffigurate nel dipinto.

Gli incarnati, smentendo l'intonazione giallastra di tutto il dipinto determinata dalla vernice di finitura, risultano costantemente dipinti con biacca e cinabro.

Il cinabro è presente anche nelle labbra (n. 11) e ovviamente in percentuale notevolissima nei rossi delle ciglie in primo piano (n. 8).

Gli azzurri individuati otticamente nelle trasparenze vitree del vasetto posto in primo piano, si rivelano esattamente come celestini, costituiti quindi da bianco di piombo e un pigmento a base di rame che si può supporre come azzurrite.

Gli scarsi valori di rame presenti nei verdi non consentono invece di attribuirne la resa a un pigmento come il verde-rame, mentre le notevoli percentuali di ferro fanno presumere l'impiego di una terra verde naturale, anche se va segnalata l'eventuale possibilità dell'impiego di un colorante vegetale, non rilevabile mediante la fluorescenza dei raggi X.

I bruni risultano caratterizzati dalla presenza di ossidi di ferro, anche se va notata in tutto il dipinto la quasi totale assenza del manganese.

L'analisi dei punti del fondo, che risultano otticamente grigi, conferma la valutazione visiva per la presenza prevalente del bianco di piombo rispetto a quella degli ossidi di ferro.

Tavola 1 San Girolamo penitente

Punti analizzati

Bianchi

1. panno sul grembo, in luce
2. panno sul grembo, in ombra
3. panno sotto il gomito destro
4. barba, in luce
5. barba, in ombra

Incarnati

6. cranio del santo
7. braccio destro
8. avambraccio sinistro, in luce
9. avambraccio sinistro, in ombra
10. torace
11. dorso della mano sinistra

Gialli

12. teschio, in luce
13. teschio, in ombra
14. aurcola 1
15. aureola 2

Rossi

16. manto sulla coscia sinistra, in luce
17. manto sulla coscia sinistra, in ombra
18. manto sulla gamba destra, in luce
19. manto sulla gamba destra, in ombra
20. manto sul tavolo, in luce
21. manto sotto il tavolo, in ombra

Neri

22. fondo in alto a sinistra
23. fondo in alto al centro
24. fondo in alto a destra
25. fondo mediano a sinistra
26. fondo mediano a destra
27. fondo in basso a sinistra

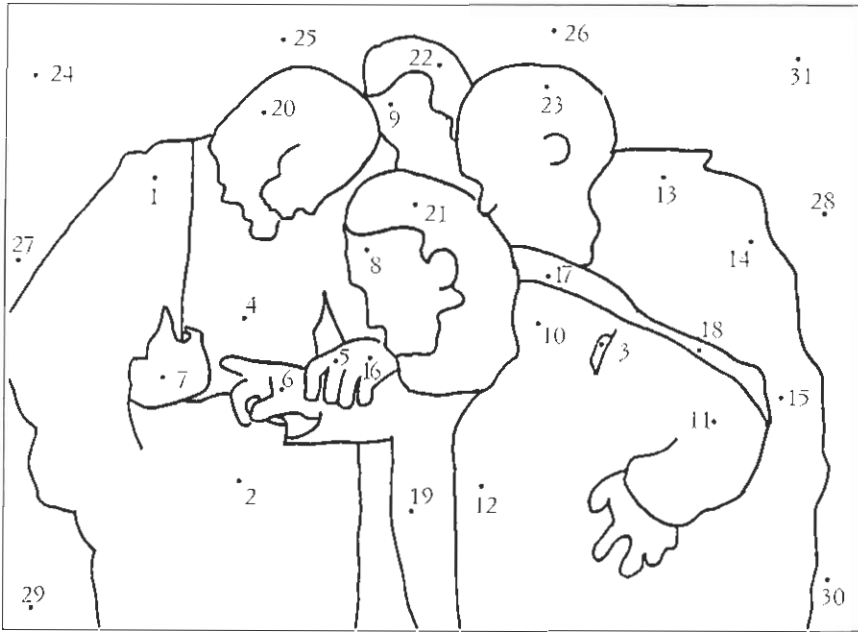


	punto	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	Au	Hg	Pb	Sr	Zr	Sn	Sb	Ag	Cd	Altro
<i>Bianchi</i>	1	0	0	0	0	0	0	96.9	0	0.6	2	0	0	0	0	0.48
	2	0.3	0.5	1.1	0	0	0	1.01	93.4	0.7	0.9	1.8	0	0	0	0.41
	3	0	0	0	0	0	0	0.58	96.9	0	0.5	1.8	0	0	0	0.3
	4	0.3	0	1.08	0.2	0	0	0.61	94.6	0.7	0	2	0	0	0	0.46
	5	0	0	6.38	0	0	0	0.98	86.1	1.3	1.1	3.6	0	0	0	0.52
<i>Incarnati</i>	6	0.3	0	1.24	0	0	0	0.57	95.1	0	0.5	2.1	0	0	0	0.3
	7	0	0	0.4	0	0	0	0.52	96.2	0	0	1.8	0	0	0.5	0.61
	8	0	0	0.53	0	0.2	0	0.68	94.7	0	0.7	2.1	0	0	0.6	0.49
	9	0.3	0.6	12.6	0.4	0	0	0.81	80.7	1.3	0.6	2	0	0	0	0.73
	10	0.3	0	1.08	0	0	0	0.59	94.5	0	0.5	2.2	0	0	0.5	0.33
	11	0	0	5.36	0	0	0	0	93.7	0	0.6	0	0	0	0	0.38
<i>Gialli</i>	12	0	0	0.51	0	0.2	0	0	96	0	0.5	2.4	0	0	0	0.36
	13	0	0.6	9.68	0	0	0	2.04	84.5	1.7	1.1	0	0	0	0	0.41
	14	0	0.6	8.99	0	0	0	0.89	85.6	0	0.6	3.4	0	0	0	0
<i>Rossi</i>	15	0.8	0.9	10.9	0	0	0	2.43	77	2.1	1.2	4.7	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	57.8	39.8	0	0	2	0	0	0	0.39
	17	0	0	1.43	0	0.8	0	16.1	78.5	0	0.5	2.3	0	0	0	0.35
	18	0	0	0.45	0	0	0	53.6	43.9	0	0	1.7	0	0	0	0.37
	19	0	0	5.19	0.6	0	0	4.93	83.5	2	0	3.4	0	0	0	0.37
<i>Neri</i>	20	0	0	0	0	2	0	48.4	47.7	0	0.3	1.5	0	0	0	0.13
	21	0	0	3.94	0	0.9	0	14.8	75.1	0	0	5.3	0	0	0	0
	22	1	0.9	12.1	0	0	0	0	78.1	2	0	5.1	0	0	0	0.93
	23	1.3	0.8	14.5	0.6	0	0	0	75.7	1.9	1.3	3.8	0	0	0	0
	24	1.1	0.8	13.5	0	0.4	0	2.1	75.4	2.2	0	3.9	0	0	0	0.6
	25	0.6	0.5	9.21	0	0	0	1.58	81.6	1.8	1.3	2.6	0	0	0	0.73
	26	0	0.9	14.8	0	0	0	0	79.1	3.2	0	0	0	0	0	2.03
	27	1	0.3	10.4	0	0.4	0	4.66	79.2	0	1	3.1	0	0	0	0

120. Immagine con localizzazione dei punti analizzati.

121. Tabella con le percentuali relative dei contenuti di ogni elemento trovato.

Tavola 2
Incredulità di San Tommaso



Punti analizzati

Bianchi

1. lenzuolo sulla spalla del Cristo, in luce
2. lenzuolo sul grembo di Cristo, in ombra
3. cucitura sulla spalla di San Tommaso

Incarnati

4. torace del Cristo
5. dorso della mano destra del Cristo
6. mano destra di San Tommaso
7. dorso della mano sinistra del Cristo
8. fronte di San Tommaso
9. cranio del vecchio in secondo piano

Gialli

10. casacca di San Tommaso sulla spalla, in luce
11. casacca di San Tommaso sul gomito, in luce
12. casacca di San Tommaso sul petto, in ombra

Rossi

13. casacca dell'uomo dietro San Tommaso, spalla in luce

14. casacca dell'uomo dietro San Tommaso, spalla in ombra
15. casacca dell'uomo dietro San Tommaso, gomito in ombra
16. stimate sul dorso della mano sinistra di Cristo

Bruni

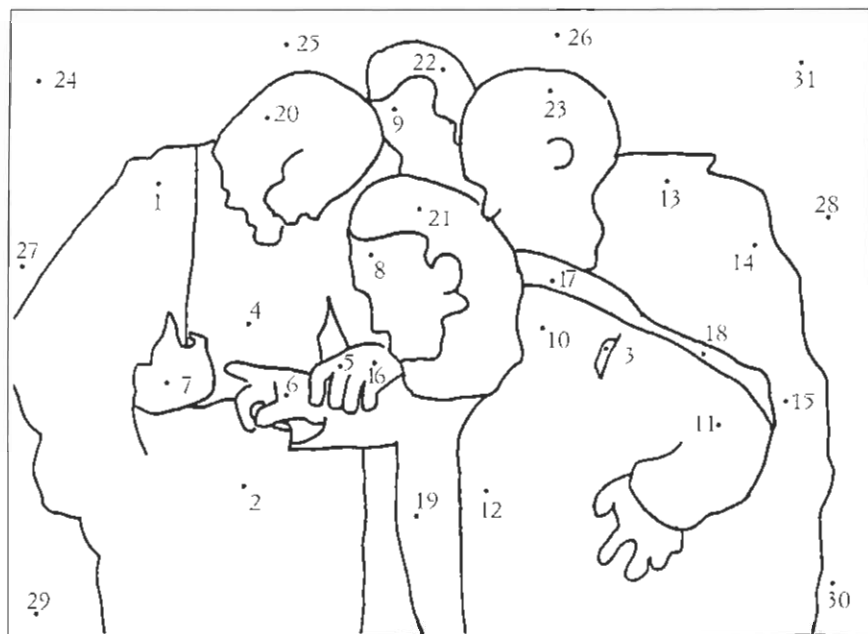
17. mantello sulla schiena di San Tommaso, in luce
18. mantello sulla schiena di San Tommaso, in ombra
19. mantello sul petto di San Tommaso, al centro
20. capelli del Cristo
21. capelli di San Tommaso
22. capelli del vecchio in secondo piano
23. capelli dell'uomo in secondo piano
24. fondo in alto a sinistra
25. fondo in alto al centro
26. fondo in alto a destra
27. fondo mediano a sinistra
28. fondo mediano a destra
29. fondo in basso a sinistra
30. fondo in basso a destra
31. fondo in alto più a destra del n. 26

122. Immagine con la localizzazione dei punti analizzati.

123. Tabella con le percentuali relative dei conteggi di ogni elemento trovato.

	punto	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	Au	Hg	Pb	Sr	Zr	Sn	Sb	Ag	Cd	Altro
Bianchi	1	0.3	0	0.32	0	0	0	98.3	0	0.6	0	0	0	0	0	0.52
	2	0	0.8	8.8	0.62	0	0	87.3	0.9	0.8	0	0	0	0	0	0.75
	3	0	0	12.3	0.46	0	0	77	0.5	0	9.25	0	0	0	0	0.51
Incarnati	4	0.4	0	0.96	0	0	0	98.2	0	0	0	0	0	0	0	0.48
	5	0	0	2.17	0	0	0	3.46	93.2	0	0.6	0	0	0	0	0.55
	6	0	0	4.49	0	0	0	0.79	93.7	0.6	0	0	0	0	0	0.43
	7	0	0.5	7.1	0	0.6	0	5.23	86.7	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0.96	0	0.2	0	0	96.5	0	0.5	1.26	0	0	0	0.54
	9	0	0	1.27	0	0	0	0	95.5	0	0.8	1.9	0	0	0	0.56
Gialli	10	0	0	0.87	0	0	0	8.26	76.4	0	0	14.1	0	0	0	0.44
	11	0.7	0	5.51	0.4	0.6	0	12.8	69.8	0	0	10.2	0	0	0	0
Rossi	12	1.6	0.8	10.5	12.9	0	0	0	68.8	1.9	0	3.69	0	0	0	0
	13	0	0	4.33	2.47	0	0	27.1	61	0	1	4.18	0	0	0	0
	14	0	0.4	4.39	9.21	0	0	31.3	54	0	0.8	0	0	0	0	0
	15	0	0	9.59	10.9	0	0	9.7	68.2	0	0.8	0	0	0	0	0.86
	16	0	0.4	1.81	0.5	0	0	1.8	95	0	0	0	0	0	0	0.47
Bruni	17	0	0	3.13	0	0.7	0	11.2	74.2	0	0.7	9.72	0	0	0	0.31
	18	1.1	0	7.52	21.6	0	0	0	63.1	1	0	5.66	0	0	0	0
	19	1.2	0.3	7.32	11.4	0	0	0.91	70.4	1.4	0	7.12	0	0	0	0
	20	0	0.8	17	0.95	0	0	1.32	77.5	1.3	1.1	0	0	0	0	0
	21	0	0.5	13.6	1.49	0.5	0	0	81.3	1.9	0	0	0	0	0	0.65
	22	0	0.6	11.2	0	0	0	0.81	84.7	1.4	0	0	0	0	0	1.31
	23	0.8	0.9	14.7	1.88	0	0	0.73	72.8	2.4	1.8	0	0	0	0	4
	24	0	1.5	22.9	5.16	0	0	0	68.8	1.6	0	0	0	0	0	0
	25	0	1.3	22.4	0	0	0	0.79	73.3	1.3	1	0	0	0	0	0
	26	0	1.5	26.6	0	0.8	0	0	69.7	1.4	0	0	0	0	0	0
	27	0	1.4	20.1	0	0	0	0	75.2	1.9	1.4	0	0	0	0	0
	28	0	0.7	25.6	0	0.5	0	0	69.5	1.7	1.3	0	0	0	0	0.69
	29	0	1.3	28.3	0	0	0	0	70.4	0	0	0	0	0	0	0
	30	0	1.4	28.9	0	0	0	3.57	64.5	1.6	0	0	0	0	0	0
	31	0	1.2	28.3	0.62	0	0	0	67.8	2	0	0	0	0	0	0

Tavola 2
Incredulità di San Tommaso



Punti analizzati

Bianchi

1. lenzuolo sulla spalla del Cristo, in luce
2. lenzuolo sul grembo di Cristo, in ombra
3. cucitura sulla spalla di San Tommaso

Incarnati

4. torace del Cristo
5. dorso della mano destra del Cristo
6. mano destra di San Tommaso
7. dorso della mano sinistra del Cristo
8. fronte di San Tommaso
9. cranio del vecchio in secondo piano

Gialli

10. casacca di San Tommaso sulla spalla, in luce
11. casacca di San Tommaso sul gomito, in luce
12. casacca di San Tommaso sul petto, in ombra

Rossi

13. casacca dell'uomo dietro San Tommaso, spalla in luce
14. casacca dell'uomo dietro San Tommaso, spalla in ombra
15. casacca dell'uomo dietro San Tommaso, gomito in ombra
16. stimate sul dorso della mano sinistra di Cristo

Bruni

17. mantello sulla schiena di San Tommaso, in luce
18. mantello sulla schiena di San Tommaso, in ombra
19. mantello sul petto di San Tommaso, al centro
20. capelli del Cristo
21. capelli di San Tommaso
22. capelli del vecchio in secondo piano
23. capelli dell'uomo in secondo piano
24. fondo in alto a sinistra
25. fondo in alto al centro
26. fondo in alto a destra
27. fondo mediano a sinistra
28. fondo mediano a destra
29. fondo in basso a sinistra
30. fondo in basso a destra
31. fondo in alto più a destra del n. 26

	punto	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	Au	Hg	Pb	Sr	Zr	Sn	Sb	Ag	Cd	Altro
Bianchi	1	0.3	0	0.32	0	0	0	0	98.3	0	0.6	0	0	0	0	0.52
	2	0	0.8	8.8	0.62	0	0	0	87.3	0.9	0.8	0	0	0	0	0.75
	3	0	0	12.3	0.46	0	0	0	77	0.5	0	9.25	0	0	0	0.51
Incarnati	4	0.4	0	0.96	0	0	0	0	98.2	0	0	0	0	0	0	0.48
	5	0	0	2.17	0	0	0	3.46	93.2	0	0.6	0	0	0	0	0.55
	6	0	0	4.49	0	0	0	0.79	93.7	0.6	0	0	0	0	0	0.43
	7	0	0.5	7.1	0	0.6	0	5.23	86.7	0	0	0	0	0	0	0
	8	0	0	0.96	0	0.2	0	0	96.5	0	0.5	1.26	0	0	0	0.54
	9	0	0	1.27	0	0	0	0	95.5	0	0.8	1.9	0	0	0	0.56
Gialli	10	0	0	0.87	0	0	0	8.26	76.4	0	0	14.1	0	0	0	0.44
	11	0.7	0	5.51	0.4	0.6	0	12.8	69.8	0	0	10.2	0	0	0	0
Rossi	12	1.6	0.8	10.5	12.9	0	0	0	68.8	1.9	0	3.69	0	0	0	0
	13	0	0	4.33	2.47	0	0	27.1	61	0	1	4.18	0	0	0	0
	14	0	0.4	4.39	9.21	0	0	31.3	54	0	0.8	0	0	0	0	0
	15	0	0	9.59	10.9	0	0	9.7	68.2	0	0.8	0	0	0	0	0.86
	16	0	0.4	1.81	0.5	0	0	1.8	95	0	0	0	0	0	0	0.47
Bruni	17	0	0	3.13	0	0.7	0	11.2	74.2	0	0.7	9.72	0	0	0	0.31
	18	1.1	0	7.52	21.6	0	0	0	63.1	1	0	5.66	0	0	0	0
	19	1.2	0.3	7.32	11.4	0	0	0.91	70.4	1.4	0	7.12	0	0	0	0
	20	0	0.8	17	0.95	0	0	1.32	77.5	1.3	1.1	0	0	0	0	0
	21	0	0.5	13.6	1.49	0.5	0	0	81.3	1.9	0	0	0	0	0	0.65
	22	0	0.6	11.2	0	0	0	0.81	84.7	1.4	0	0	0	0	0	1.31
	23	0.8	0.9	14.7	1.88	0	0	0.73	72.8	2.4	1.8	0	0	0	0	4
	24	0	1.5	22.9	5.16	0	0	0	68.8	1.6	0	0	0	0	0	0
	25	0	1.3	22.4	0	0	0	0.79	73.3	1.3	1	0	0	0	0	0
	26	0	1.5	26.6	0	0.8	0	0	69.7	1.4	0	0	0	0	0	0
	27	0	1.4	20.1	0	0	0	0	75.2	1.9	1.4	0	0	0	0	0
	28	0	0.7	25.6	0	0.5	0	0	69.5	1.7	1.3	0	0	0	0	0.69
	29	0	1.3	28.3	0	0	0	0	70.4	0	0	0	0	0	0	0
	30	0	1.4	28.9	0	0	0	3.57	64.5	1.6	0	0	0	0	0	0
	31	0	1.2	28.3	0.62	0	0	0	67.8	2	0	0	0	0	0	0

122. Immagine con la localizzazione dei punti analizzati.

123. Tabella con le percentuali relative dei conteggi di ogni elemento trovato.

Tavola 3
Sacrificio di Isacco

Punti analizzati

Bianchi

1. panno attorno a Isacco, in luce
2. panno attorno a Isacco, in ombra
3. muso del caprone

Incarnati

4. spalla destra di Isacco, in luce
5. torace di Isacco, in ombra
6. mano destra di Isacco
7. ginocchio sinistro di Isacco, in luce
8. mano destra di Abramo che tiene il coltello
9. collo di Abramo
- *10. cranio di Abramo
11. guancia destra dell'angelo
12. bocca dell'angelo
13. dorso della mano destra dell'angelo

Rossi

14. veste di Abramo sul braccio sinistro
15. veste di Abramo sul braccio destro, in luce
16. veste di Abramo sul torace, in ombra

Azzurri-verdi

17. cangiante della manica dell'angelo, gomito
18. cangiante della manica dell'angelo, spalla sinistra
19. cangiante della manica dell'angelo, polso

Bruni

20. tronco di legno in basso a destra
21. manto di Abramo sulla spalla, in luce
22. manto di Abramo al centro, in ombra
- *23. fondo in alto a sinistra
- *24. fondo in alto al centro
25. fondo in alto a destra
- *26. fondo laterale a sinistra
- *27. fondo laterale a destra
28. capelli dell'angelo

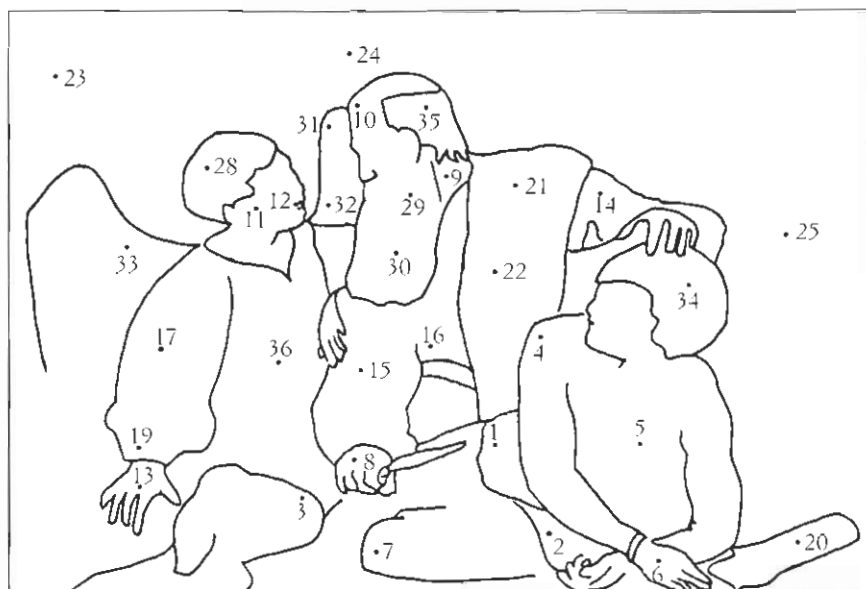
Grigi

29. barba di Abramo, in luce
30. barba di Abramo, in ombra
31. ala sinistra dell'angelo, in alto
32. ala sinistra dell'angelo, in basso
33. ala destra dell'angelo

Neri

34. capelli di Isacco
35. capelli di Abramo

* non analizzati



	punto	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	Au	Hg	Pb	Sr	Zr	Sn	Sb	Ag	Cd	Altro
Bianchi	1	0.3	0	0	0	0	0	0	94.6	0	0.6	2.9	0	0	1	0.99
	2	0	0	6.99	0.79	0.5	0	4.25	83.2	0	0.7	3.6	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0.93	94.7	0	0.7	3.3	0	0	0	0.35
Incarnati	4	0	0	0.84	0	0	0	2.1	96.4	0	0.7	0	0	0	0	0
	5	0	0	16.2	0	0.8	0	7.04	71.2	0	0	4.8	0	0	0	0
	6	0	0	0.66	0	0	0	6.14	89.8	0	0.4	2.6	0	0	0	0.46
	7	0	0	1.26	0	0.4	0	4.47	90.6	0	0.3	2.4	0	0	0	0.51
	8	0	0.4	8.02	0.71	0	0	9.36	76.4	0	0	5.2	0	0	0	0
	9	0	0	1.71	0	0	0	10	87.2	0	0.5	0	0	0	0	0.57
Rossi	11	0	0	0.38	0	0.4	0	8.17	87	0	0.4	3.4	0	0	0	0.24
	12	0	0	2.15	0	0	0	32.8	61.5	0	0	3.2	0	0	0	0.4
	13	0	0.5	1.64	0	0	0	7.45	86.2	0	0.5	2.7	0	0	0	1.03
	14	0	0	1.83	1.03	2.8	0	76.7	17.6	0	0	0	0	0	0	0
	15	0	0.5	2.95	1.07	3.1	0	68.2	24.2	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	12.6	4.85	0	0	13.2	61.2	0	0	7.4	0	0	0	0.87
Azz./Verdi	17	0	1	13.5	0	0	0	84.2	1.2	0	0	0	0	0	0	0
	18	0	0.5	13.6	0.88	0	0	1.65	83.4	0	0	0	0	0	0	0
	19	1	0.5	19.4	0	0.4	0	0.77	70.7	1.4	0	5.3	0	0	0	0.49
Bruni	20	0	0	10.3	0	0.5	0	2.1	84.8	1.6	0	0	0	0	0	0.75
	21	0	0	27.5	0	0.6	0	2.27	68.3	1.4	0	0	0	0	0	0
	22	0	1.4	20.4	4.1	0	0	6.38	60.9	2	0	4.8	0	0	0	0
	25	0	0.8	18	0	0	0	10.5	68.9	1.9	0	0	0	0	0	0
Grigi	28	0	0	12.4	5.55	0	0	4.76	70.8	0	1	3.9	0	0	0	1.62
	29	0	0	0	0	0	0	0	97.1	0	0	2.6	0	0	0	0.3
	30	0	0	16	1.8	0	0	2.71	77.7	0	1.8	0	0	0	0	0
	32	0	0	0	0	0	0	98.9	0	0.7	0	0	0	0	0	0.39
	33	0	0	4.67	0	0.3	0	0	90.5	0	0	4.2	0	0	0	0.36
Neri	34	0	0	10.1	3.54	0	0	2.63	81.7	0	2	0	0	0	0	0
	36	0	0	16.4	16	0	0	0	66.9	0	0	0	0	0	0	0.76

124. Immagine con la localizzazione dei punti analizzati.

125. Tabella con le percentuali relative dei conteggi di ogni elemento trovato.

Tavola 4

Ragazzo morso dal ramarro

Punti analizzati

Bianchi

- 1. camicia del ragazzo sotto la spalla
- *2. camicia vicino al gomito
- *3. camicia sul braccio
- 9. rosa nel vasetto
- 10. rosa tra i capelli del ragazzo

Incarnati

- 4. guancia, in luce
- 5. spalla
- 6. mano destra
- 7. indice della mano sinistra

Rossi

- 8. ciliegie in primo piano
- 11. bocca del ragazzo

Azzurri

- 12. vasetto in luce
- 13. vasetto in ombra
- 14. vasetto in luce, più in basso

Verdi

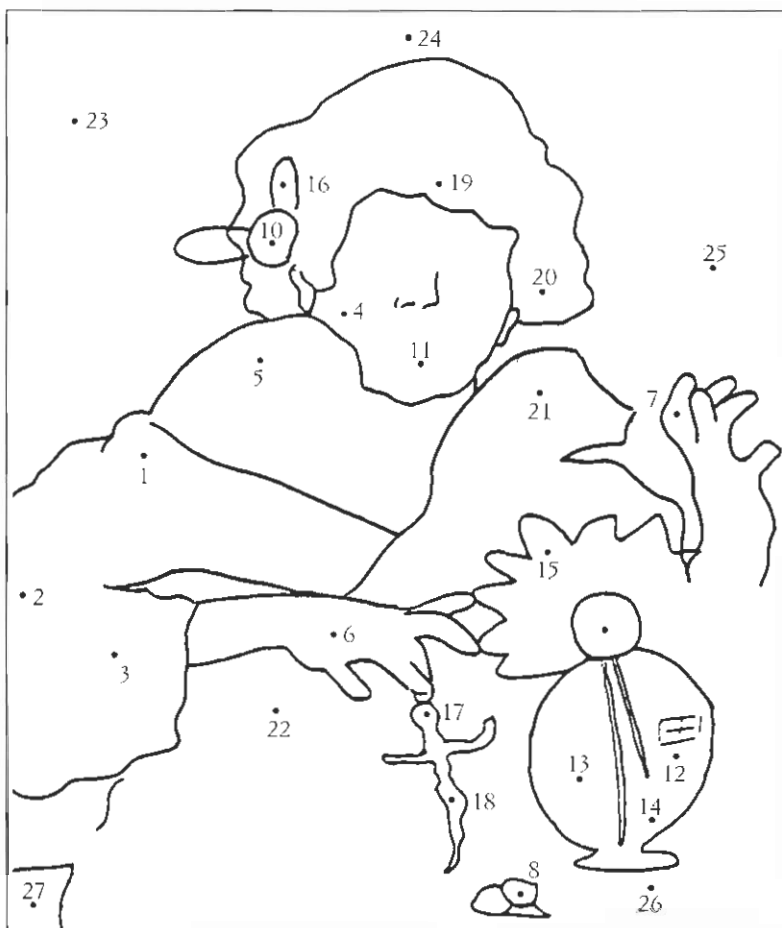
- 15. foglia nel vasetto
- 16. foglia tra i capelli
- 17. ramarro, testa
- 18. ramarro, corpo

Bruni

- 19. capelli sulla fronte
- 20. capelli sull'orecchio sinistro
- 21. manto sulla spalla sinistra
- 22. manto in primo piano a sinistra

Grigi

- 23. fondo in alto a sinistra
- 24. fondo in alto al centro
- 25. fondo in alto a destra
- 26. tavolo in primo piano sotto il vasetto
- 27. angolo del tavolo a sinistra
- * non analizzati



	punto	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	Au	Hg	Pb	Sr	Zr	Sn	Sb	Ag	Cd	Altro
<i>Bianchi</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	99	0	0.5	0	0	0	0	0.47
	9	0	0	0	0	0	0	0.71	97.8	0.4	0.9	0	0	0	0	0.26
	10	0	0	0	0	0	0	0	99.4	0	0.7	0	0	0	0	0
<i>Incarn.</i>	4	0	0	0.53	0	0.3	0	9.68	87.9	0	0.5	1	0	0	0	0
	5	0	0	0.28	0	0.4	0	1.51	97.4	0	0.4	0	0	0	0	0
	6	0	0	0.49	0	0.3	0	5.52	91	0.5	0.6	1.1	0	0	0	0.61
	7	0	0	0	0	0.4	0	7.01	91.4	0	0.8	0	0	0	0	0.43
<i>Rossi</i>	8	0	0	0.29	0.42	0	0	27.6	71	0	0.7	0	0	0	0	0
	11	0	0	7.7	0	0	0	2.43	82.2	1.7	1.1	4.1	0	0	0	0.73
<i>Azzurri</i>	12	0	0	0.34	2.93	0	0	0.64	93.2	0.5	0.6	0	0	0	0	1.74
	13	0	0	1.53	24.9	0	0	0.73	72.4	0	0	0	0	0	0	0.42
	14	0	0	0.25	5.47	0	0	0	93.7	0	0.6	0	0	0	0	0
<i>Verdi</i>	15	0	0	19.5	0	0	0	0	74	2.1	0	3.7	0	0	0	0.66
	16	0	0	30.6	0	0	0	1.14	66	1.2	1.1	0	0	0	0	0
	17	0.9	0	9.99	1	0	0	1.61	83.1	2.4	0	0	0	0	0	1.08
	18	1	0.5	9.26	0.64	0	0	1.42	84.1	3	0	0	0	0	0	0
<i>Bruni</i>	19	1	0	10.6	0	0	0	2.48	82.8	3.1	0	0	0	0	0	0
	20	0	0	11.5	0	0	0	1.61	79.4	2.3	0	3.8	0	0	0	1.42
	21	0	0	19.2	0	0	0	2.5	75.7	1.7	1	0	0	0	0	0
<i>Grigi</i>	22	0.6	0	34.3	0.73	0	0	0	61.8	1.4	1.2	0	0	0	0	0
	23	0	0	3.66	0	0	0	0.89	92.8	1.2	1	0	0	0	0	0.44
	25	0	0	2.94	0	0	0	0.89	90.8	0.6	0.8	3.3	0	0	0	0.72
	26	0	0	1.19	3.83	0	0	0	92.6	0	1.2	0	0	0	0	1.2
	27	0.3	0	1.36	0	0	0	0.89	91.8	0.5	0.8	3	0	0	0	1.29

126. Immagine con la localizzazione dei punti analizzati.

127. Tabella con le percentuali relative dei conteggi di ogni elemento trovato.

Riflettografie nell'infrarosso vicino (0.8-2.1 micron)

Alla mostra di Palazzo Ruspoli, come in quella di Firenze, erano esposte numerose riflettografie, pubblicate nel catalogo⁴. Pertanto ci siamo limitati a eseguire le nostre riprese soltanto per quei quadri che ne erano privi. Come abbiamo descritto in precedenza⁵, ci siamo avvalsi di un sistema di riflettografia in tempo reale realizzato con telecamera Hamamatsu. Avendo a disposizione più tempo e spazio, l'immagine della telecamera (TC) poteva essere registrata con sistemi più sofisticati implicanti la digitalizzazione⁶. Ci siamo limitati invece a fotografare il monitor in bianco e nero collegato alla telecamera. Complessivamente abbiamo effettuato una trentina di riprese a infrarossi su diversi dipinti tra i quali il *San Girolamo penitente* del Monastero di Montserrat, l'*Incredulità di San Tommaso* del Neues Palais di Potsdam e il *San Francesco in meditazione* del Museo Civico di Cremona (escludendo quelli che già disponevano di ottime riprese a infrarossi). Inoltre, constatato che altri quadri esposti alla mostra non avevano indicazioni riflettografiche, abbiamo esaminato anche la *Conversione della Maddalena* di Detroit e il *San Girolamo scrivente* della Galleria Borghese. Nelle tavole da 5 a 9 sono riportate diverse riflettografie su alcuni particolari dei dipinti ora citati.

Conversione della Maddalena (vedi tavola 5)

Figura 128. Orecchio sinistro ben dettagliato in assenza di ombra; lo sfondo risulta poco uniforme, l'anello nella mano sinistra non è visibile.

Figura 129. Qui il volto della Maddalena appare con i tratti più addolciti e in piena luce.

Figura 130. Vistosa macchia di stuccatura sulla fronte di Marta, riscontrata anche nella radiografia pubblicata nel catalogo della mostra (p. 176).

Figura 131. Il panneggio sul petto di Marta risulta (originariamente) con scollatura a «V» mentre in luce visibile appare disegnato a «U».

Figura 132. La veste purpurea di Maria risulta dipinta prima del bordo del tavolo. Quest'ultimo infatti è stato disegnato sopra la veste, come si può rilevare anche da una foto a infrarossi del 1974 citata da Roberta Lapucci nel catalogo della mostra⁷. L'interno delle maniche risulta più ricco di dettagli.

San Girolamo scrivente (vedi tavola 6)

Figura 133. Il braccio e l'avambraccio destro, che in luce visibile appaiono scarni, risultano molto più grossi. Inoltre dal gomito all'attaccatura con la spalla si riscontrano diverse tracce di pentimenti che coinvolgono il contorno inferiore del braccio: si può ipotizzare che siano state aggiunte alcune pagine al libro per ridurre il suddetto con-

torno. Infine il piano del tavolo appare più spesso.

Figura 134. Il drappo bianco visibile sulla sinistra del dipinto risulta trasparente mostrando il piano e una gamba del tavolo.

Figura 135. La piega del manto rosso sul braccio sinistro aveva inizialmente una diversa ricaduta; il gomito sinistro traspare sotto il manto.

Figura 136. Il volto del santo è senza ombre, un po' evanescente, ma ben preciso nei dettagli, al contrario del volto di San Girolamo penitente (fig. 137) che appare sfuocato all'infrarosso.

San Girolamo penitente (vedi tavola 7)

Figura 137. Si notano poca nitidezza dei contorni e chiari segni di correzioni, specialmente attorno al lato destro del volto. Questo volto quindi è stato completato con uno strato molto sottile di pigmenti, trasparente all'infrarosso, che lo ha reso perfettamente modellato in luce visibile. Anche la mano destra, e specialmente il polso mostrano segni di pentimenti, analogamente alla spalla e al lato corrispondente della schiena.

Figura 138. Si intravedono i contorni del ginocchio e della coscia della gamba destra visibili sotto la tunica.

Figura 139. La gamba sinistra sembra aver avuto in origine una diversa postura. Diverse sono anche le soprastanti pieghe della tunica.

Figura 140. Il profilo della schiena a sinistra è stato lievemente ridisegnato.

Figura 141. Caravaggio ha dipinto teschi in diverse occasioni, sempre accuratamente. In questo caso il teschio risulta grossolanamente rimaneggiato. Inizialmente doveva essere stato dipinto in posizione semifrontale, successivamente è stato posto di profilo senza rifinirlo e nascondendo il non fatto con ombre.

San Francesco in meditazione (vedi tavola 8)

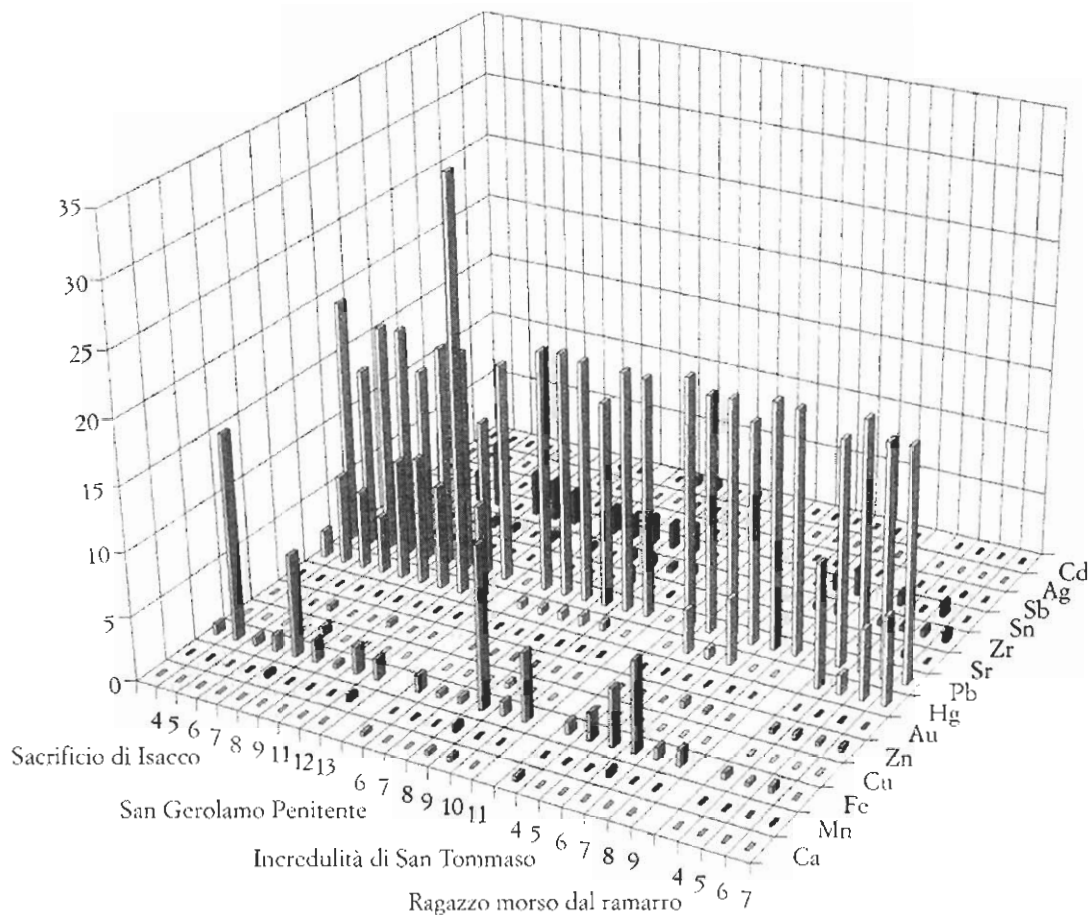
Figura 142. Il volto del santo risulta molto ben dettagliato mentre ombre e rughe qui non appaiono. Sulla spalla sinistra vi è una macchia nera come quella riscontrata sulla fronte di Marta (fig. 130).

Figura 143. È ben evidente la folta stesura di fogliame che in luce visibile si percepisce appena (nonostante il recente restauro). Trova conferma la macchia osservata alla figura 142.

Figura 144. Appaiono ben visibili nel grembo i drappaggi e il nodo del cordone del saio.

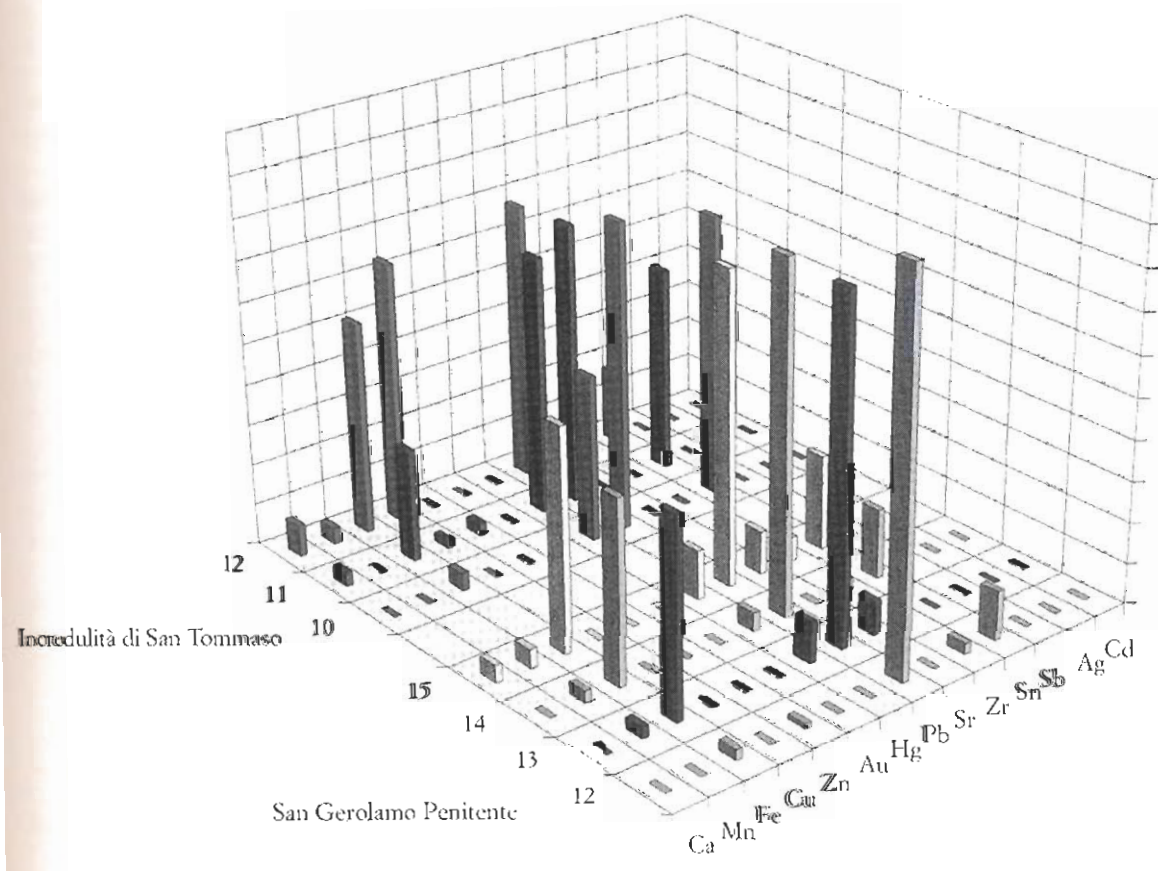
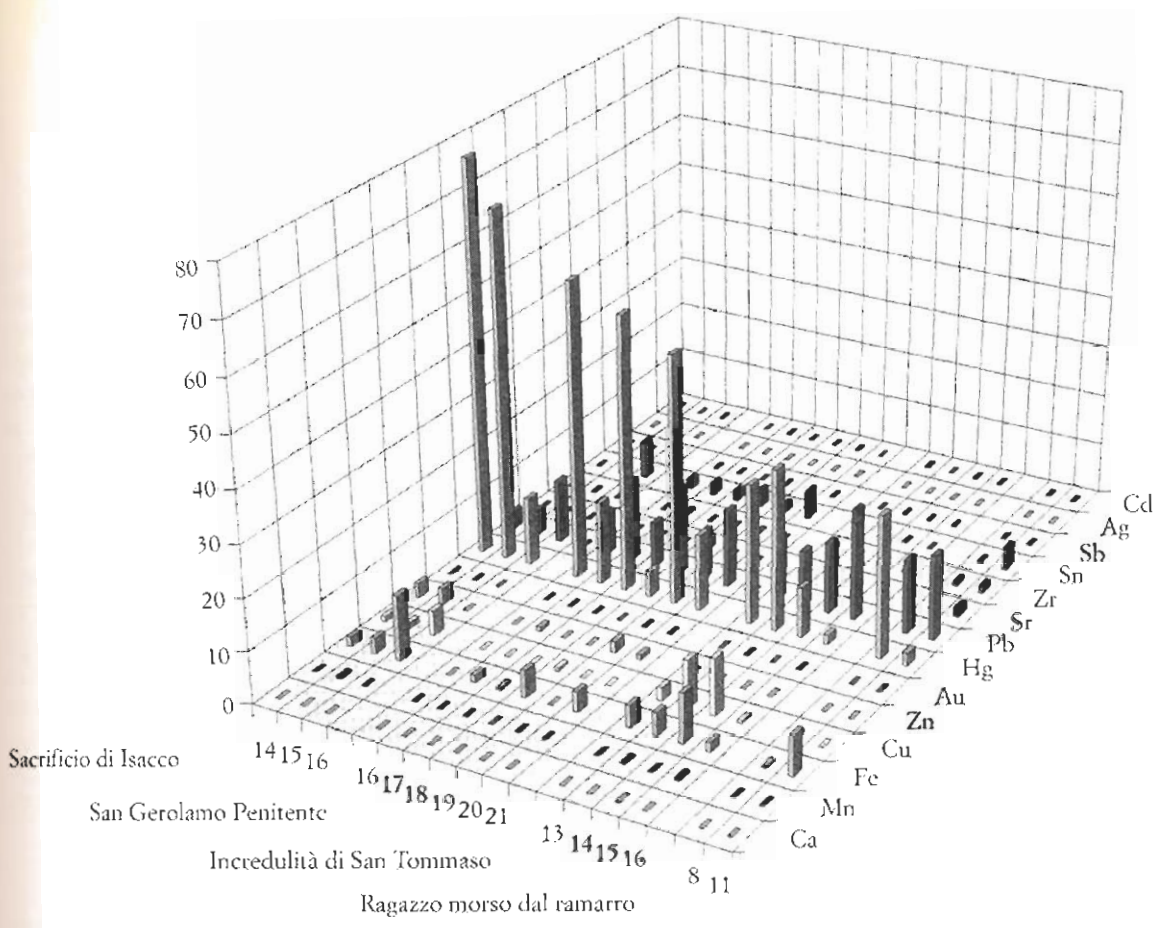
Ragazzo morso dal ramarro (vedi tavola 8)

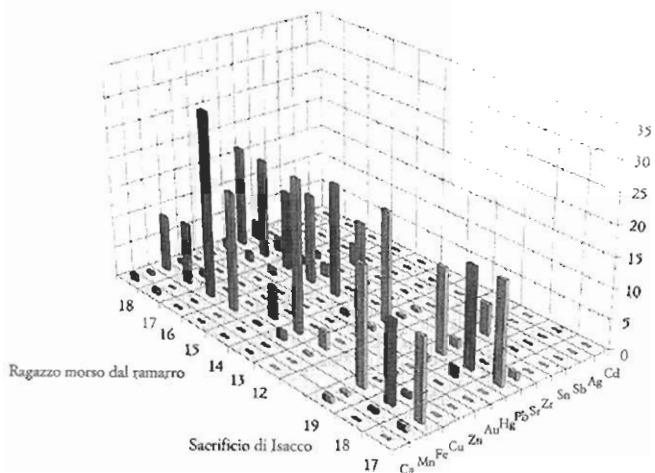
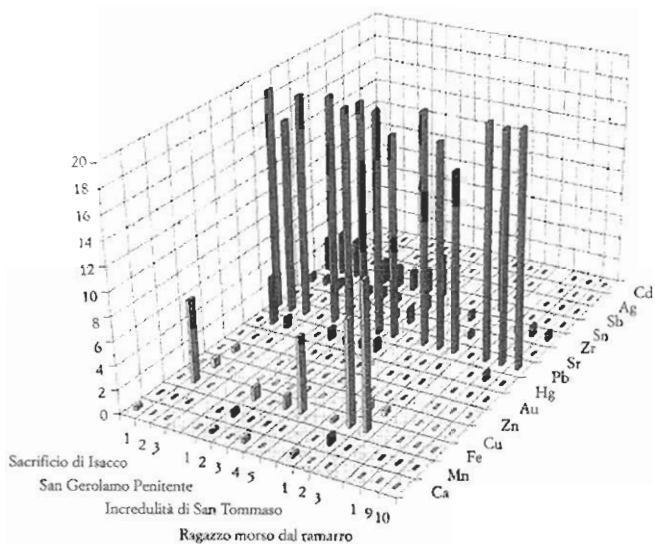
Figura 145. Per verifica si è eseguita una riflettografia che ben si accorda con quella pubblicata nel catalogo della mostra (p. 136).



154. Istogramma 3D degli «incarnati» nei quattro quadri del Caravaggio sottoposti alla fluorescenza dei raggi X. Per ogni punto analizzato si indicano gli elementi trovati e le loro percentuali (la percentuale del piombo è rappresentata in scala 1:5).

155, 156. Istogrammi 3D dei «rossi» e dei «gialli» nei quattro quadri del Caravaggio sottoposti alla fluorescenza dei raggi X. Per ogni punto analizzato si indicano gli elementi trovati e le loro percentuali (la percentuale del piombo è rappresentata in scala 1:5).





157, 158. Istogrammi 3D dei «bianchi» e dei «verdi-azzurri» nei quattro quadri del Caravaggio sottoposti alla fluorescenza dei raggi X. Per ogni punto analizzato si indicano gli elementi trovati e le loro percentuali (la percentuale del piombo è rappresentata in scala 1:5).

Incredulità di San Tommaso (vedi tavola 9)

Figure 146 e 147. La testa del Cristo appare interamente modellata al di sotto dei capelli e in particolare all'attaccatura del collo. L'orecchio destro, totalmente visibile a infrarossi, presenta una giacitura che fa pensare che inizialmente il volto fosse posizionato in maniera diversa. Si nota inoltre una maggior vicinanza tra la fronte di Cristo e la tempia di Pietro in secondo piano.

Figura 148. La mano sinistra di San Tommaso risulta a infrarossi solo abbozzata.

Figura 149. Ripresa d'insieme.

Figura 150. La mano destra di San Tommaso è ben delineata; si notano, oltre ad alcuni panneggi trasparenti sottostanti, anche tre linee diagonali, chiaramente visibili sul lenzuolo di Cristo nella figura successiva.

Figura 151. I particolari notati nella figura precedente vengono rafforzati in questa inquadratura più ampia.

Figura 152. I capelli bianchi appaiono di maggior volume.

Figura 153. La spalla sinistra della figura dietro San Tommaso appare, come ricorrente, ridelincata.

Conclusioni

I risultati ottenuti mediante le analisi della fluorescenza dei raggi X e le riflettografie a infrarossi possono considerarsi più che soddisfacenti se si tien conto che, come già detto, il tempo messo a disposizione a Palazzo Ruspoli per le misure è stato troppo breve per consentire una programmazione più completa e con possibilità di ripetere o estendere le misure.

Facendo un esame comparativo con le analisi della fluorescenza dei raggi X condotte sugli undici dipinti caravaggeschi studiati negli anni passati¹⁸, troviamo una consistente coerenza sul tipo di pigmenti impiegati e anche sui particolari riguardanti la preparazione: uno spesso strato di bianco di piombo presente in tutti i dipinti e un tipo di gesso di particolare provenienza. Precisamente si osserva la presenza costante di bario, probabilmente come barite, nel gesso. Ciò ovviamente non costituisce un marchio di fabbrica, però è noto che in dipinti di altri celebri pittori dell'epoca si trova costantemente stronzio al posto del bario e ciò perché nel gesso da loro usato c'è celestina. La presenza di uno di questi traccianti è, come noto, dovuta al fatto che una cava di gesso può essere caratterizzata dall'uno o dall'altro (o da entrambi) in relazione alle caratteristiche geologiche del sito.

Per chiudere la parte concernente la fluorescenza dei raggi X ricordiamo l'importanza degli istogrammi 3D (si veda in proposito il saggio di Sebastiano Sciuti in questo volume). Per esempio si può comporre un istogramma 3D per ogni tonalità cromatica osservata nello studio di un gruppo di dipinti: in ogni istogramma sono riportate le

percentuali relative degli elementi chimici trovati nell'analisi di un dato colore. Nel caso dei quattro dipinti del Caravaggio, in base alle analisi XRF su riportate, abbiamo costruito sette istogrammi, uno per ogni colore, segnatamente: il bianco, l'incarnato, il rosso, il verde-azzurro, il bruno, il grigio-nero e il giallo. A titolo di esempio si riportano nelle figure 154-158 gli istogrammi di cinque diversi colori. L'utilità di questi istogrammi è veramente notevole, basti pensare ai rapidi confronti che con essi si possono effettuare. Per esempio, esaminando l'istogramma 3D degli incarnati si nota immediatamente l'impiego di una notevole quantità di cinabro (Hg) nel *Sacrificio di Isacco* e, in minor parte, nel *Ragazzo morso dal ramarro*, mentre negli altri due dipinti la tonalità è realizzata con terre ed eventualmente con lacche.

Infine, questi istogrammi sono in grado di fornire chiare indicazioni sull'impiego dei pigmenti e consentono una visione panoramica dei colori più frequentemente usati nei quattro quadri esaminati. In particolare, si hanno dettagliate informazioni sulle mescolanze di tavolozza impiegate dal pittore per ottenere le volute sfumature cromatiche. Crediamo quindi che le analisi elementali con spettrometro a fluorescenza di raggi X trasportabile e operante in aria libera siano in grado di fornire agli storici dell'arte la chiave di una nuova strada interpretativa riguardante le tecniche di tavolozza e il legame tra messaggio segnico e cromaticità.

Per quanto riguarda la riflettografia a infrarossi in tempo reale, possiamo ritenerci soddisfatti nel constatare che i nostri risultati pongono in luce, in pieno accordo con quanto si legge nel catalogo della mostra, piccoli pentimenti caratteristici di un pittore dalla mano sicura che però non rinuncia mai alle sue personalissime esigenze di stile e di interpretazione. Fa eccezione forse il quadro di Montserrat che rivela qualche maggiore incertezza che

tuttavia deve essere interpretata con molta cautela. Senza dubbio, infatti, restiamo ammirati di fronte all'accuratezza della tecnica del Caravaggio, quando constatiamo la completezza di tutte le fattezze dei personaggi, anche nelle parti che il pittore poi copre con manti e drappi.

Un particolare ringraziamento a Mina Gregori che, oltre ad averci consentito di effettuare le indagini durante la mostra, ci ha dato consigli e suggerimenti utili per l'impostazione delle nostre misure.

Desideriamo inoltre ringraziare gli organizzatori e i prestatori, italiani e stranieri, per gli aiuti e le autorizzazioni forniteci.

Infine un ringraziamento a Corrado Maltese per i suggerimenti relativi alla scelta dei dipinti da esaminare.

¹ S. Sciuti-G. Sangiovanni-G. E. Gigante-S. Rinaldi, *Sistema mobile multifunzionale per analisi ND e per imaging digitale di opere d'Arte*, in *Atti della conferenza internazionale sulle prove ND applicate alle opere d'Arte*, Viterbo 1992; S. Sciuti-C. Falcucci, *On Site Archaeometric Research and Diagnostic Carried out by a Transportable Multipurpose Workstation*, submitted for publication to *Science and Technology for Cultural Heritage*, novembre 1993.

² Oltre al contributo in questo volume, si veda S. Sciuti-G. Sangiovanni-G.E. Gigante-S. Rinaldi, *Sistema mobile...* cit.

³ G.E. Gigante-C. Maltese-S. Rinaldi-S. Sciuti, *In Situ ND Analyses of XVI and XVII Centuries Italian Paintings*, in *Proceedings of 27th Int. Symp. on Archaeometry*, Basel 1991.

⁴ *Michelangelo Merisi da Caravaggio. Come nascono i capolavori*, catalogo della mostra a cura di M. Gregori (Firenze-Roma), Milano 1991.

⁵ Si veda alla nota 1.

⁶ S. Sciuti-C. Falcucci, *On Site Archaeometric Research...* cit.

⁷ R. Lapucci, in *Michelangelo Merisi...* cit., p. 176.

⁸ C. Maltese-S. Sciuti-G.E. Gigante-S. Marconi-S. Rinaldi, *Spirito, autentico, copia: un'indagine integrata su undici opere caravaggesche*, Roma 1992. Attualmente l'efficienza della stazione IMAFLU è stata notevolmente incrementata per quanto attiene alla tecnica delle immagini (IR, RX e Visibile) con particolare riguardo alla risposta in linea e alla elaborazione in digitale il cui impiego consente di effettuare interessanti esami di carattere iconografico. Inoltre l'attuale protocollo delle misure e osservazioni coordina in maniera organica e sistematica le analisi della fluorescenza dei raggi X con le riflettografie a infrarossi e le radiografie, coordinamento che in occasione delle misure di Palazzo Ruspoli non è stato possibile attuare in modo soddisfacente per mancanza di tempo.